

**IIAM – CENTROS ZONAIS NOROESTE (CZNW) E NORDESTE (CZND) /  
FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Sector de Florestas**

**Relatório Preliminar da Instalação e 1ª Medição da Parcela de Amostragem  
Permanente NM01 na Reserva Especial de Niassa (REN)**



**Outubro 2023**

## **Relatório Preliminar da Instalação e 1ª Medição da Parcela de Amostragem Permanente NM01 na Reserva Especial de Niassa (REN)**

### **Autores:**

Cremildo Riba Gouveia Dias, Papin Aurélio Mucaleque, Alberto Fernando Mussana, Jacinto Mirione Mafalacusser, Aristides Cassiano Mamba, Cassamo Mahomed Ismail, Tome Rachide, e Munir Jussub

**Redacção:** Cremildo Riba Gouveia Dias, Papin Aurélio Mucaleque e Alberto Fernando Mussana

**Revisão:** Sérgio Simão João, Muri Soares, Edna Munjovo Tembe e Aristides Muhate.

**Fotos e ilustrações:** Aristides Cassiano Mamba, Papin Aurélio Mucaleque e Jacinto Mirione Mafalacusser

### **Equipa técnica e funções**

*Tabela 1: Composição da equipa de trabalho*

<b>Nome do técnico</b>	<b>Funções</b>
Alberto Fernando Mussana	Chefe da Equipa
Cassamo Mahomed Ismail	Medidor de Alturas
Aristides Cassiano Mamba	Digitador de Dados
Papin Aurélio Mucaleque	Colector botânico
Tome Rachide	Medidor de Distâncias
Cremildo Riba Gouveia Dias	Medidor de DAP
Jacinto Mirione Mafalacusser	Pedólogo
Munir Jussub	Pedólogo
Fernando Sualei	Pedólogo

### **Agradecimentos:**

À administração do parque na pessoa do seu administrador, Terêncio Tamele e sua equipa (fiscais), a WCS (Nilton Cuna), e a MARIRI (Agostinho Jorge), pela excelente colaboração. Ao regulado de Macalange e de Mecula-sede pela disponibilização dos ajudantes de campo e sensibilização da comunidade e ao governo e comando distrital. A todas as entidades que directa ou indirectamente apoiaram na actividade, o nosso muito obrigado.

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	v
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABELAS .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. METODOLOGIA .....	9
2.1. Descrição da área de estudo.....	9
2.1.1. Localização da parcela.....	9
2.1.2. Geomorfologia .....	10
2.1.3. Clima.....	11
2.1.4. Precipitação na região .....	12
2.1.5. Temperatura do ar .....	13
2.1.6. Humidade Relativa .....	14
2.1.7. Vegetação e fauna .....	14
2.2. Alocação da PAP .....	15
2.2.1. Aspectos gerais da PAP .....	16
2.2.2. Determinação do ponto de referência .....	16
2.2.3. Demarcação da parcela e medição de indivíduos .....	16
2.3. Colecta de dados.....	18
2.3.1. Colecta de amostras de solo.....	18
2.3.2. Colecta de dados dos indivíduos arbóreos e/ou arbustivos na parcela .....	20
2.4. Processamento e análise de dados .....	20
2.4.1. Composição florística .....	21
2.4.2. Estrutura horizontal.....	22
2.4.3. Determinação da distribuição diamétrica .....	22
2.4.4. Estrutura Vertical .....	23
2.4.5. Posição sociológica.....	23
2.4.6. Estrutura interna.....	24
2.4.7. Relações hipsométricas.....	24
2.4.8. Distribuição espacial das espécies de interesse .....	25
2.4.9. Identificação botânica .....	27
2.4.10. Análise qualitativa das árvores.....	28
3. RESULTADOS .....	28
3.1. Caracterização da PAP .....	28
3.2. Análise de solos .....	29
3.2.1. Descrição do perfil.....	30
3.2.2. Caracterização dos horizontes.....	31
3.3. Composição Florística .....	32
3.3.1. Riqueza de espécies .....	32
3.4. Diversidade florística.....	35
3.4.1. Estrutura horizontal.....	36
3.4.2. Estrutura Vertical .....	37
3.4.3. Estrutura hipsométrica .....	41
3.4.3.1. Relação hipsométrica em Multi-espécies.....	42
3.5. Distribuição diamétrica e Área Basal .....	45
3.6. Padrão de distribuição espacial das espécies .....	50
3.7. Avaliação qualitativa .....	51
4. CONCLUSÕES E/OU CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
5. BIBLIOGRAFIA.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Localização das PAPs da Reserva Especial do Niassa .....	10
Figura 2: distribuição da precipitação ao longo do ano e balanço hídrico na Região ....	12
Figura 3: Balanço Térmico da Região .....	13
Figura 4: Ponto de referência (PR) e Placa de Identificação da PAP NM01 .....	16
Figura 5: Modelo da parcela de amostragem permanente de 100 x 100 m .....	17
Figura 6: Zona Tampão (ZT) ao redor da PAP. ....	18
Figura 7: Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos .....	19
Figura 8: Vista parcial da vegetação na PAP-NM01 .....	30
Figura 9: Ilustração das amostras de solo resultantes da sondagem de referência no centro da PAP-NM01. ....	30
Figura 10: Estrutura fitossociológica vertical da parcela NM01 .....	38
Figura 11: Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) das treze principais espécies amostradas na parcela NM01 .....	41
Figura 12: Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela NM01 .....	42
Figura 13: Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela NM01 .....	42
Figura 14: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM01	43
Figura 15: Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm na Parcela NM01 .....	46
Figura 16: distribuição da área basal das classes diamétricas .....	49
Figura 17: Distribuição da área basal dos indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm na Parcela NM01 .....	50
Figura 18: Distribuição da proporção de vigor da copa, sanidade, qualidade de fuste e posição da copa dos indivíduos com $DAP \geq 10$ cm na NM01 .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da equipa de trabalho.....	iv
Tabela 2: Aspectos gerais da parcela.....	16
Tabela 3: Amostras de solo colectadas.....	20
Tabela 4: Equações utilizadas nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade	21
Tabela 5: Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal.....	22
Tabela 6: Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela NM01.....	25
Tabela 7: Descrição do perfil do solo.....	30
Tabela 8: Caracterização dos horizontes do perfil do solo.....	31
Tabela 9: Lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela NM01 .....	33
Tabela 10: Famílias e gêneros encontrados na parcela NM01 .....	34
Tabela 11: Algumas das espécies do substrato inferior encontradas na parcela NM01 .	34
Tabela 12: Índices da diversidade florística da parcela NM01 .....	35
Tabela 13: Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP $\geq$ 10 cm da parcela NM01.....	36
Tabela 14: Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela NM01 .....	37
Tabela 15: Estrutura sociológica vertical da parcela NM01 .....	39
Tabela 16: Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos.....	44
Tabela 17: Estimativa dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajuste do principal modelo de relação hipsométrica .....	45
Tabela 18: Número de árvores por centro de classe de diâmetro e espécie da Parcela NM01.....	48
Tabela 19: Padrão espacial de algumas espécies florestais encontradas na parcela NM01 .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

Na exploração e manejo de recursos florestais, é indispensável que as intervenções a serem executadas sejam baseadas em critérios técnicos que incluam desde o conhecimento da silvicultura e autoecologia das espécies até informações sobre a produtividade por unidade de área, oriundas, em grande parte, do monitoramento da dinâmica das florestas. São várias as formas de se monitorar a dinâmica da floresta e, dentre elas, destaca-se a utilização de parcelas de amostragem permanentes, que são áreas demarcadas na floresta e periodicamente revisitadas para a medição de indivíduos arbóreos e/ou arbustivos, e registo de eventos como mortalidade e ingresso de novos indivíduos (Felfilli *et al.*, 2005).

As Parcelas de Amostragem Permanentes (PAPs) permitem gerar parâmetros nacionais para a monitoria de mudanças que ocorrem nas florestas ao longo do tempo, cuja informação não é captada nos inventários florestais de parcelas temporárias, tais como:

1. Taxas anuais de mudança de estoques de carbono dos principais ecossistemas florestais;
2. Reservatórios de carbono e,
3. Dados sobre o crescimento e rendimento das diferentes espécies florestais.

Assim, os dados colectados e analisados de forma consistente irão permitir:

1. Monitorar as mudanças da estrutura e composição florística da vegetação ao longo do tempo;
2. Monitorar a dinâmica das espécies florestais (taxas de crescimento, mortalidade, recrutamento, regeneração);
3. Gerar dados para modelos de crescimento e rendimento;
4. Actualizar os factores de Emissão (FE) referentes aos diferentes tipos florestais e tipos de solos; que definem os stocks de carbono aéreo e de solo;
5. Permitir a calibração de imagens de satélite para o cálculo de biomassa aérea através de técnicas de teledeteccção espacial.

No período de 13 a 18 de Abril de 2022, as equipas do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) composta pelos técnicos dos Centros Zonais Nordeste e Noroeste e acompanhados por um técnico de solos do IIAM sede, deslocou-se a Reserva Especial

de Niassa (REN), no Distrito de Mecula, com o objectivo de estabelecer uma parcela de amostragem permanente localizada no Povoado de Macalange, (codificada por NM01) na floresta semi-decídua incluindo miombo (FSDIM).

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Descrição da área de estudo**

A Reserva Especial do Niassa (REN) fundada em 1960 através do Diploma Legislativo Nº. 2.884 de 23 de Julho de 1960, é a maior área protegida do país, cobre, parcialmente as Províncias de Niassa e Cabo Delgado numa extensão, incluindo a zona tampão, de 42.400 km<sup>2</sup> (SGDRN, 2007). A REN enquadra-se no chamado miombo oriental, uma ecorregião<sup>1</sup> que cobre quase 1/2 milhão de km<sup>2</sup> estendendo desde a parte sul da Tanzânia até o sudeste do Malawi incluindo o norte de Moçambique (Ribeiro *et al.*, 2007).

A Reserva Nacional de Niassa (REN) está localizada entre os paralelos 12°38'48.67''S e 11°27'05.83''S e os meridianos 36°25'21.16''E e 38°30'23.74''E (Ribeiro *et al.*, 2007). A REN faz fronteira com a Tanzânia, sendo composta pelos distritos de Mecula, Mavago, Muembe, Majune, Marrupa, Sanga na província do Niassa e os distritos de Mueda e Montepuez na Província de Cabo Delgado, sendo limitada pelo rio Rovuma a Norte, Rio Lugenda a Sudeste, Rio Luatize a Sudoeste e pelo rio Lussanhando no extremo Oeste (Amade, 2016).

#### **2.1.1. Localização da parcela**

A Parcela de Amostragem Permanente NM01 foi estabelecida no Povoado de Macalange, Distrito de Mecula, Província do Niassa, numa região da floresta semi-decídua incluindo o miombo.

---

<sup>1</sup> Ecorregião geralmente cobre área relativamente grande de terra e contém comunidades e espécies características dessa área delimitada geograficamente.



A Reserva tem uma paisagem suavemente acidentada e possui um planalto com elevação variando de 300 a 600 metros acima do nível do mar. A altitude varia de 100 metros até 1400 metros desde os rios Rovuma até Lugenda na montanha de Mecula. As características dos solos, segundo a legenda da carta nacional de solos (INIA, Comunicação N.º. 73) são areno-argilosos, profundos e permeáveis com baixa fertilidade natural, frequentemente vulneráveis à erosão (Ferro & Bouman, 1987).

A geologia da região é dominada por rochas do Complexo gnaissico-migmatítico, incluindo a Série Metassedimentar, o Complexo granito-gnáissico-migmatítico e a Série Charnoquítica. Ainda, por vezes, os xistos verdes, serpentinitos, quartzitos listrados, conglomerados e grauvaques (Ferro & Bouman, 1987).

### **2.1.3. Clima**

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo "*tropical chuvoso de savana*". Para uma melhor interpretação dos dados climáticos a área onde foi estabelecida a Parcela de Amostragem Permanente (NM01) enquadra-se na faixa de isoetas entre 1.200 a 1.400 mm de precipitação e a estação meteorológica de referência mais próxima nesta faixa, com dados históricos de cerca de 10 anos, é a de Mecula sede. A breve descrição do clima é baseada nos dados colectados e sistematizados nesta estação meteorológica.

Em geral, a PAP estabelecida na REN está dentro duma parte integrante da região onde predomina o regime meteorológico do Norte de Moçambique, encontrando-se sob influência da Frente de Convergência Intertropical (ZCIT), característica do Norte, fortemente influenciado pela altitude, facto que resulta na quantidade elevada de precipitação (Kassam *et al.*, 1981).

De Janeiro a Fevereiro, um período em que a ZCIT afecta parte da região, os ventos predominantes são, geralmente, de quadrante nordeste, corrente dos alísios de nordeste, do hemisfério norte, em virtude de a ZCIT se estender para o sul.

Mais ainda, a região é influenciada pelos centros de acção seguintes:

- (i) frente de convergência intertropical que afecta parte da região no período de Dezembro a Fevereiro, provocando invasões de ar equatorial; e

(ii) célula de altas pressões de origem térmica contrastada pela altitude.

Por coincidência e semelhança, há uma clara definição entre as estações quente e chuvosa, e a fresca e seca. Contudo, há uma pequena variação térmica no espaço temporal (duração) no Verão (tempo quente) e no Inverno (tempo fresco). Localmente, as precipitações tendem a aumentar com a altitude (Kassam *et al.*, 1981).

### 2.1.4. Precipitação na região

Em geral, e segundo a Figura abaixo, a precipitação média anual dos últimos 10 anos é de 1.418,4 mm. A sua distribuição não é regular, mas obedece uma ascensão gradual desde o mês de Novembro até o mês de Março e depois observa-se o inverso até o mês de Setembro. As chuvas mais fortes (acima de 100 mm  $\text{mês}^{-1}$ ), ou seja, 90% da precipitação total ocorrem no período de Dezembro de um ano a Abril do ano seguinte. O mês de Março regista a precipitação mais elevada (um pouco mais de 350 mm).

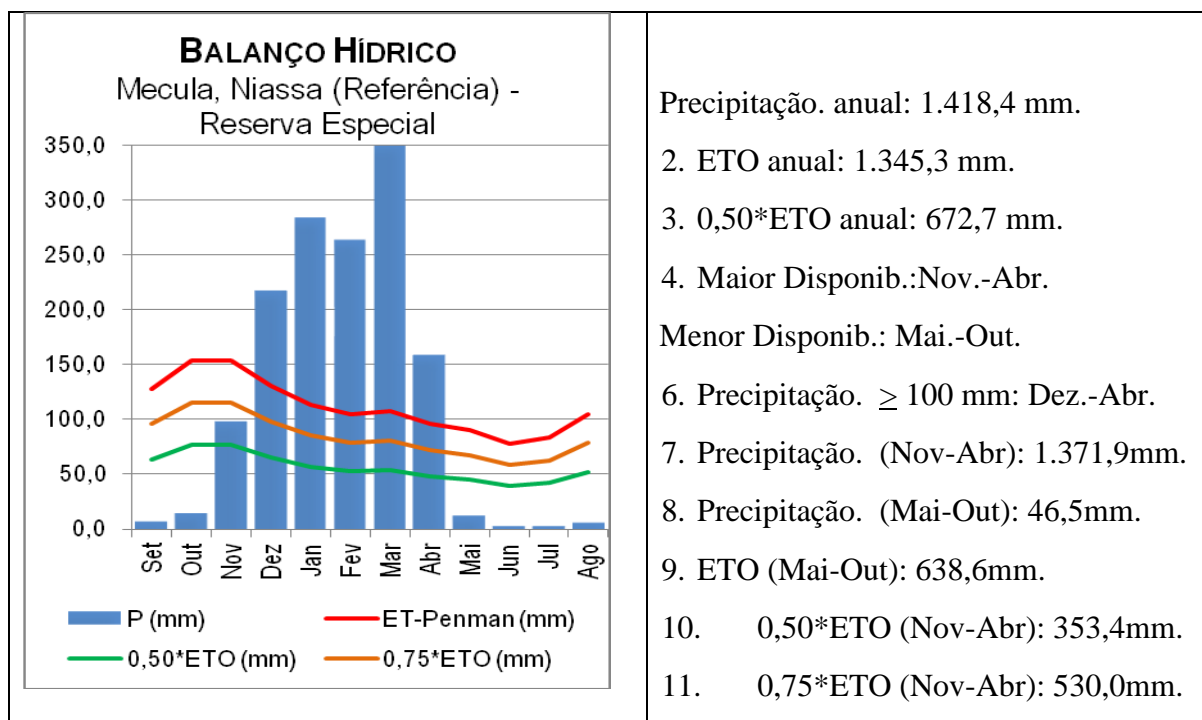


Figura 2: distribuição da precipitação ao longo do ano e balanço hídrico na região

Tomando como base, a disponibilidade da água no solo para as plantas, ou seja, Precipitação.  $> 0,50*ETO$ , o balanço hídrico seguro ocorre a partir do mês de Novembro e este prolonga-se até o mês de Abril do ano seguinte. A evapotranspiração acumulada está na ordem dos 1.345,3 mm. O *déficit* hídrico pode ocorrer no período compreendido

entre os meses de Maio e Outubro, neste período, a precipitação acumulada é de apenas 46,5 mm contra cerca de 638,6mm de evapotranspiração potencial o que perfaz um déficit absoluto de -592,1mm. Contudo, tratando-se de solos localizados em formações florestais em regiões sub-húmidas, estes têm uma capacidade de conservar a humidade por mais tempo, localmente, a espessura dos detritos orgânicos chega a variar entre 0,0 cm (solo exposto) a 3,7 cm.

### 2.1.5. Temperatura do ar

A temperatura do ar é um factor climático muito importante para a vida de todos os seres vivos incluindo as formações vegetais, pois esta exerce grande influência em todas as actividades fisiológicas, por controlar as taxas das reacções metabólicas nas células.

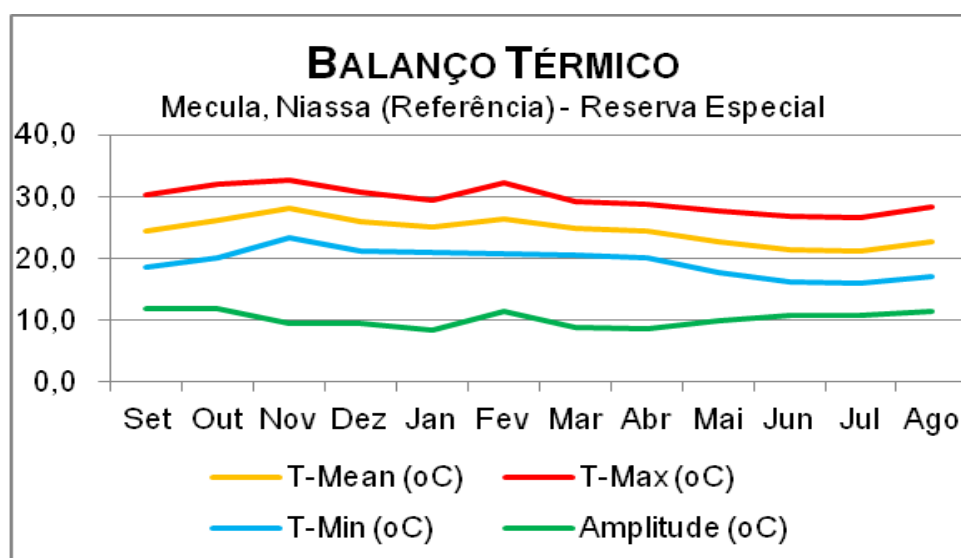


Figura 3: Balanço Térmico da Região

Na região, a temperatura média anual tem uma variação considerável. Tendo como base a estação meteorológica de referência, a amplitude térmica anual calculada entre a temperatura média do mês mais quente (32,8°C) e a do mês mais frio (15,9°C) é de 16,9°C. A amplitude térmica da temperatura máxima absoluta (Nov: 32,8°C; Jul: 26,6°C) é de 6,2°C; e a da mínima absoluta (Nov: 23,4°C, e Jul: 15,9°C) é de 7,5°C. Os valores extremos absolutos (32,8°C de máxima absoluta em Novembro e 15,9°C de mínima absoluta em Julho), perfazem uma amplitude global absoluta de 16,9°C. Contudo, a média da amplitude das temperaturas máxima e mínima é de 10,2°C esta é classificada como sendo moderada.

A variação da amplitude térmica na região é fortemente influenciada por factores tais como: o tipo de clima, tipo de vegetação dominante, relevo, altitude, massas do ar, e pressão atmosférica.

### **2.1.6. Humidade Relativa**

A humidade relativa do ar é a concentração de moléculas de água em forma de vapor na atmosfera. As plantas apresentam um mecanismo contínuo de evapotranspiração que consiste na retirada da água do solo através das raízes e levá-la até as folhas, e destas ela sai como vapor de água para a atmosfera.

Em geral, a humidade relativa abaixo de 60% pode ser prejudicial, pois aumenta a taxa de transpiração e acima de 90% reduz a absorção de água e nutrientes, devido a redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças sobretudo as de tipo fungos.

Na região, a humidade relativa média anual é de 70,0% e os valores absolutos extremos ocorrem em Outubro (50,0%) e Janeiro (89,0%). Apenas os meses de Setembro e Outubro registam valores abaixo de 60% e os restantes meses são considerados como sendo moderados a óptimos para maior parte de espécies vegetais sobretudo àquelas que mantém a folhagem sempre verde e garantem o equilíbrio da taxa de transpiração e a absorção de água e nutrientes.

### **2.1.7. Vegetação e fauna**

Metade da Reserva especial do Niassa (REN) é coberta pela floresta de miombo, uma formação florestal composta por um género de árvores que engloba uma grande diversidade de espécies que formam florestas não demasiado fechadas.

Na REN as florestas do miombo cobrem aproximadamente 72% de cobertura e é também considerada a área com maior e mais rica diversidade de fauna e flora de Moçambique (Ribeiro *et al.*, 2008). Os tipos florestais predominantes na reserva são: Floresta Aberta decídua, Floresta densa decídua (Incluindo o miombo) Floresta Sempre verde, Dambos, Vegetação Ribeirinha e Floresta com Agricultura Itinerante (Marzoli, 2007). A REN inclui mais de 800 espécies de plantas, metade das quais endémicas (Ribeiro *et al.*, 2008).

Segundo Ribeiro *et al.* (2008) e SGDRN2 (2010), a REN é a área de maior concentração de vida selvagem, com espécies de elevado valor ecológico, tais como elefantes (20.000), pala-palas (14.000), leões (800), cães selvagens africanos (350), leopardos, búfalos e mais de 400 espécies de pássaros. O cão selvagem é a espécie considerada emblemática da REN e desde 2007 passou a ser considerada pela IUCN como uma espécie ameaçada.

Em geral, estas florestas caracterizam-se pela folhagem caduca (coloração amarelo-acastanhada) na época seca a verde quando começa a época das chuvas. E de forma alternada ocorre a outra metade donde predominam as pradarias e as zonas húmidas. Pela relevância dos diferentes estratos da vegetação natural a parcela NM01 foi estabelecida no Povoado de Macalange, Distrito de Mecula, Província do Niassa, numa região da floresta semi-decídua incluindo o miombo.

Tabela 2: Espécies mais abundantes da PAP NM01

PAP	Espécies de entre as mais dominantes
NM01	<b>Floresta semi-decídua</b> - predominam espécies tais como: <i>Brachystegia speciformis</i> ; <i>Brachystegia boehmii</i> ; <i>Philenoptera bussei</i> ; <i>Pseudolachnostylis maproneifolia</i> ; <i>Julbernardia globiflora</i> ; <i>Diospyros kirkii</i> ; <i>Combretum molle</i> ; <i>Burkea africana</i> ; <i>Hugonia orientalis</i> e <i>Pterocarpus angolensis</i> .

## 2.2. Alocação da PAP

Definiu-se que a Rede Nacional de Parcelas Permanentes deveria ter como quadro amostral a grelha nacional de 2 km \* 2 km, e como população alvo da alocação das unidades amostrais a Floresta Semi-decídua incluindo o Miombo (FSDIM) e Floresta Semi-sempre-verde (FSSV), Mecrusse e Mopane, definidos no IV inventário florestal nacional.

Esta é uma grelha sistemática distribuída por todo o país, da qual um total de 100 unidades amostrais foram definidas como unidades amostrais da rede das PAPs em Moçambique e estas unidades amostrais foram alocadas recorrendo a amostragem aleatória estratificada.

Da locação resultou em amostras localizadas dentro das áreas de conservação, que é caso da parcela NM01.

### 2.2.1. Aspectos gerais da PAP

A parcela NM01 tem as seguintes características gerais:

Tabela 3: Aspectos gerais da parcela

<b>Código da parcela</b>	NM01	
<b>Coordenadas</b>	Y:12.02861	X:37.805748
<b>Declinação Magnética</b>	-10	
<b>Altitude</b>	394 m	
<b>Tipo de vegetação</b>	FSDIM	
<b>Período de instalação e medição</b>	13 a 18 de Abril de 2022	
<b>Área de levantamento</b>	Reserva Especial de Niassa/ Localidade de Macalange	

### 2.2.2. Determinação do ponto de referência

Marcou-se um ponto de referência a uma distância de 16,8 metros do ponto principal, o ponto de referência utilizado foi uma árvore adulta da espécie *Pterocarpus angolensis* (Umbila) de fácil localização.



Figura 4: Ponto de referência (PR) e Placa de Identificação da PAP NM01

### 2.2.3. Demarcação da parcela e medição de indivíduos

Para a demarcação desta parcela, usou-se o Truepulse calibrado com a declinação magnética de  $-10^{\circ}$ . Na sequência, foi demarcada a primeira linha principal considerando

o eixo Y, com a orientação SUL – NORTE. Com a fita métrica de 100 metros foram fixadas e alinhadas estacas com espaçamento de 20, numa distância de 100 metros.

Seguiu-se o alinhamento perpendicular à linha principal, considerando o eixo X, com a orientação OESTE – ESTE, marcada com a ajuda da bússola do GPS e do método do teorema de Pitágoras para se definir um ângulo recto no cruzamento das duas linhas (isto é, no ponto X e Y “0”). No segundo alinhamento as estacas foram colocadas com espaçamento de 10 metros com distância de 100 metros. Nestas posições com a ajuda de uma fita métrica de 100 m e uma corda de 10m foram alinhados os eixos no sentido SUL-NORTE paralelos a linha principal, necessário para orientação e formação das sub-parcelas. A zona tampão foi demarcada ao longo do perímetro da PAP, com 25 m de comprimento em cada lado da PAP.

Deste modo, a parcela com o tamanho de 1 hectare (100 m x 100 m), ficou subdividida em 50 sub-parcelas de (10 m x 20 m), e cada subparcela recebeu a designação X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>...X<sub>50</sub>, conforme a sua posição, considerando as direcções SUL – NORTE e OESTE–ESTE. Nestas sub-parcelas foram medidas todas as árvores e/ou arbustos de DAP ≥ 10 cm, e nas sub-parcelas X<sub>9</sub>, X<sub>18</sub>, X<sub>27</sub>, X<sub>36</sub> e X<sub>47</sub> foram medidos também indivíduos jovens de 10cm < DAP ≤ 5 cm (Figura 5).

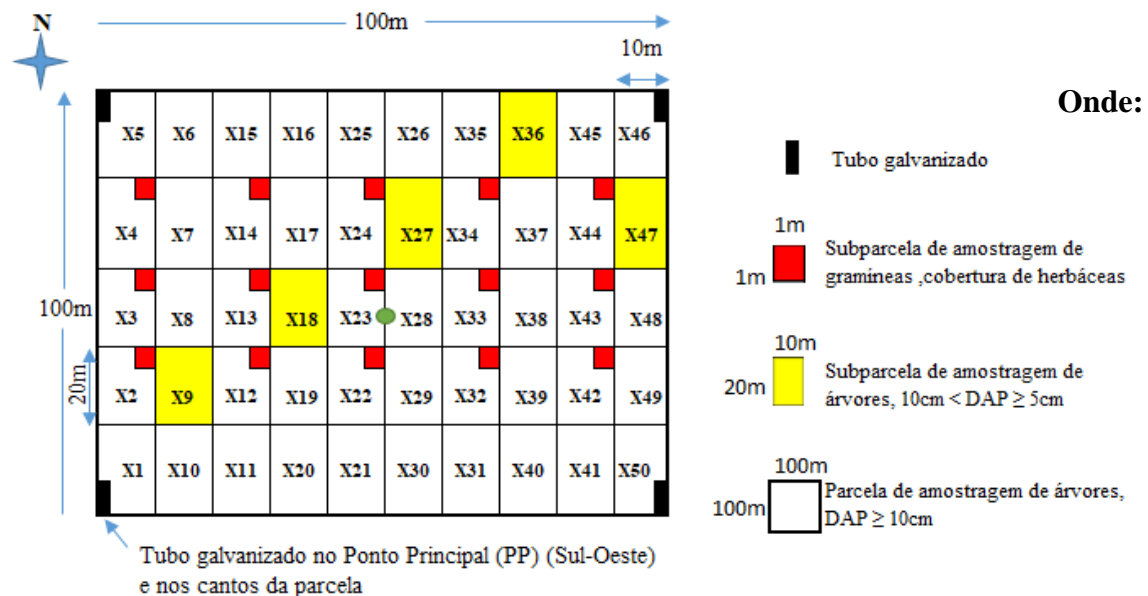


Figura 5: Modelo da parcela de amostragem permanente de 100 x 100 m

A zona tampão foi demarcada ao longo do perímetro da PAP, com 25 m de comprimento em cada lado da PAP.

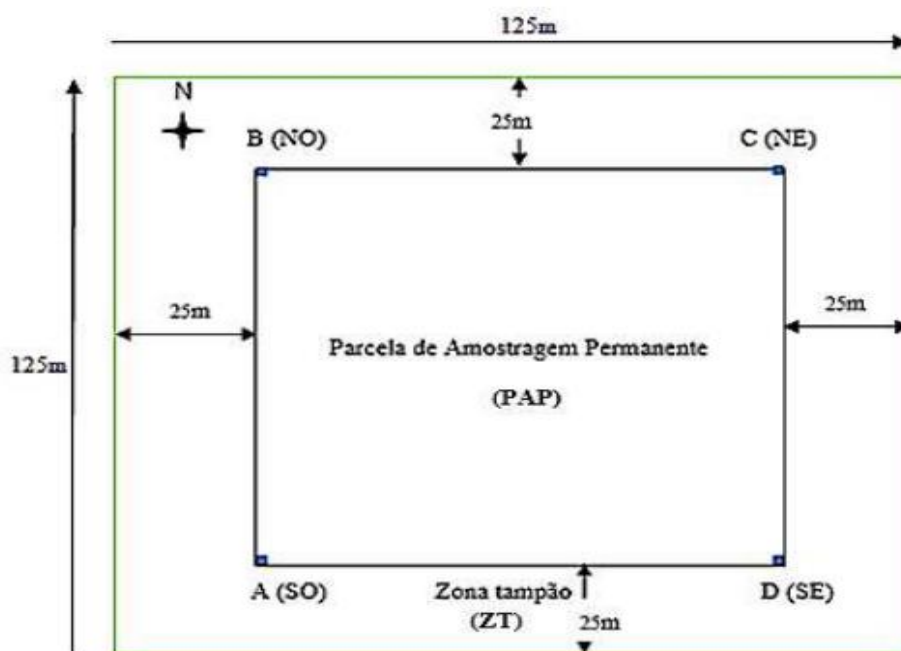


Figura 6: Zona Tampão (ZT) ao redor da PAP.

Fonte: Fernandes *et al.* (2020)

## 2.3. Colecta de dados

### 2.3.1. Colecta de amostras de solo

A metodologia de trabalho para a descrição de solos e recolha de amostras de solo é a mesma descrita no Suplemento "Guião para colheita de amostras de solos nas parcelas de amostragem permanentes" (Fernandes *et al.*, 2020), e consiste na localização do centro da parcela, donde a sondagem de referência é feita e posteriormente na zona tampão, ou seja, nos pontos (a,b,c,d da Figura 7 abaixo), outra sondagem é feita para auferir a similaridade do solo com o da sondagem de referência no centro da PAP.

O perfil de referência da PAP foi aberto até uma profundidade de 1,50 m de profundidade, tal como o descrito segundo o manual de descrição de solos em uso na DARN (Comunicação N.º 74) e as amostras perturbadas e não perturbadas foram colectadas nas camadas (horizontes) identificadas durante a descrição. Os mini-perfis (I, II, III e IV) foram abertos na zona tampão, nos vértices da parcela no sentido S-N e seguindo os ponteiros do relógio tendo como ponto de partida o vértice A, ver 7, o mais próximo do PP da parcela.

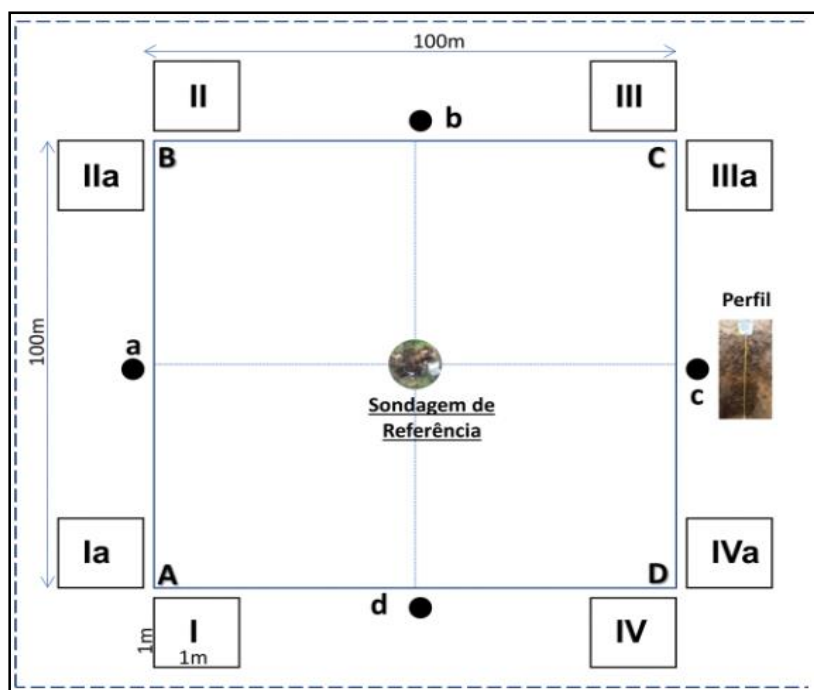


Figura 7: Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos

Fonte: Fernandes *et al.* (2020)

A sondagem de solo feita no centro da parcela (sondagem de referência), determinou a alocação do perfil de referência, na PAP, no primeiro ponto de verificação, ou seja, zona tampão, no ponto (a) segundo o diagrama representando uma PAP, ver Figura 7.

A amostragem no perfil foi feita obedecendo aos critérios técnicos como o a ciência de solos usa e o IIAM obedece. O perfil foi aberto obedecendo a um corte vertical do solo, preservando as suas características naturais daí que se exige o mínimo de distúrbio nas paredes de estudo.

Dois tipos de amostras foram coletadas no perfil dos solos: as amostras não perturbadas para a determinação da densidade, e as perturbadas para as análises das propriedades físicas e químicas do solo.

Em cada posição da sub-parcela (I, II, III, IV), segundo ilustrado pela imagem, é demarcada uma área de 50cm x 50cm, para instalação e abertura de um mini-perfil. Faz-se medindo 1m para dentro, ao longo da linha limite e 1m para fora e marca-se um quadrado nas dimensões já deferidas acima. Quando estiver já marcada, abre-se o mini perfil fazendo cortes nas dimensões de 50cm x 50cm x 50cm (largura, comprimento e profundidade). Nos mini-perfis foram tomadas amostras de solos nas 3 profundidades

pré-definidas: 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm. As amostras foram de 3 tipos: Amostras de características químico-físicas de solo, desta feita formadas por amostras compostas misturando profundidades das 4 sub-parcelas (1 de 0-10cm, 1 de 10-20cm e 1 de 20-30cm). Três anéis em cada mini-perfil, segundo as profundidades, para Densidade aparente e 1 amostra de Detritos orgânicos que foi recolhida para um balde e juntou-se as outras amostras de detritos orgânicos das sub-parcelas (mini-perfís) para formar uma amostra composta da parcela geral.

Tabela 4: Amostras de solo colectadas

Objecto de amostragem	Tipos de Amostras Colectadas			
	Perturbadas	Não perturbadas <sup>3</sup>	Detritos orgânicos	Lençol freático
<u>PAP - NM01</u>				
1. Perfil	4	3	0	0
	3	12	1	0
2. Mini-perfis (I, II, III, IV)				

### 2.3.2. Colecta de dados dos indivíduos arbóreos e/ou arbustivos na parcela

Os dados colectados em cada subparcela são: o diâmetro a altura do peito (DAP), situado a 1.30 m, porem, dependendo da qualidade do fuste, em casos previstos no manual, a altura da medição foi deslocada (pra cima ou pra baixo) e tomada a anotação da altura exacta onde se fez a medição, usando a fita diamétrica ou suta para arvores tombadas; as alturas comercial e totais foram tomadas com o uso de uma barra altimétrica ou hipsómetro; as distâncias x e y em relação a localização dos indivíduos dentro da subparcela, foram tomadas com auxilio de fitas métricas; a classificação da qualidade da árvore (vigor da copa, sanidade da árvore, qualidade do fuste e posição da copa) e a colecta de espécime.

### 2.4. Processamento e análise de dados

A análise de dados, seguiu os passos definidos por Fernandes *et al.* (2020), esta fase consiste numa análise descritiva e parcial dos dados qualitativos e quantitativos medidos e o cálculo das estruturas horizontal (EH), vertical (EV) e composição florística dos

<sup>3</sup> Para a determinação da densidade aparente do solo.

indivíduos acima de 5 cm de DAP. Para determinação dos diferentes parâmetros da EV e EH, usou-se a subparcela como unidade amostral.

#### 2.4.1. Composição florística

Para estimar a diversidade florística, foram utilizados os índices de diversidade de *Shannon-Weaver* ( $H'$ ), Dominância de *Simpson* ( $C$ ), Diversidade Máxima ( $H'_{max}$ ), Equabilidade de *Pielou* ( $J$ ), Coeficiente de mistura de *Jentsh* ( $QM$ ) e riqueza de espécies ( $S$ ). Para o cálculo da riqueza de espécie baseou-se no número total de espécies das subparcelas, para tal, construiu-se uma tabela para valores de espécies observadas e o, número de individuo de cada espécie. Para o índice de diversidade de Shannon-Weaver quanto maior for o valor do índice, maior será a diversidade florística da área em estudo. Os valores da dominância de *Simpson* variam de 0 (zero) a 1 (um), e quanto mais próximo de 1 (um) maior será a diversidade da comunidade. Para a equabilidade de Pielou, quanto maior o valor de  $J$ , maior será a diversidade florística da área em estudo, apresentando amplitude de 0 (uniformidade mínima) e 1 (uniformidade máxima). As fórmulas usadas para cálculo de cada diversidade estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5: Equações utilizadas nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade

Parâmetro	Abrev.	Fórmula
Diversidade de Shannon-Weaver	$H'$	$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln(p_i)$
Dominância de Simpson	$C$	$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i * (n_i - 1)}{N * (N - 1)}$
Diversidade Máxima	$H'_{max}$	$H'_{max} = \ln(S)$
Equabilidade de Pielou	$J$	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$
Coeficiente de mistura de Jentsh	$QM$	$QM = \frac{S}{N}$

Onde:  $H'$  = diversidade de *Shannon*;  $p_i = n_i/N$ , ou seja, densidade relativa da  $i$ -ésima espécie por área;  $n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$ ;  $N$  = número total de indivíduos;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $C$  = dominância de *Simpson*;  $S$  = número total de espécies amostradas;  $H'_{max}$  = diversidade máxima;  $J$  = equabilidade de *Pielou*;  $Q$  = coeficiente de mistura de *Jentsch*.

### 2.4.2. Estrutura horizontal

A estrutura horizontal foi analisada através da frequência, densidade, dominância em forma de valores absolutos e relativos, índice de valor de importância (IVI) e distribuição diamétrica. Para calcular a importância ecológica (IVI) de cada espécie dentro da parcela, combinou-se os parâmetros relativos de estrutura horizontal nomeadamente, a frequência, abundância e dominância para gerar o índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC) (Müeller-dombois & Ellenberg, 1974), descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal

Parâmetro	Abrev.	Fórmula	Unidade
Frequência absoluta	FA	$FA_i = p_i/P_t * 100$	%
Frequência relativa	FR	$FR_i = FA_i / \sum_{i=1}^S FA_i * 100$	%
Abundância absoluta	ABA	$ABA_i = n_i/A$	n.ha <sup>-1</sup>
Abundância relativa	ABR	$ABR_i = ABA_i / \sum_{i=1}^S ABA_i * 100$	%
Dominância absoluta	DoA	$DoA_i = G_i/A$	m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>
Dominância relativa	DoR	$DoR_i = DoA_i / \sum_{i=1}^S DoA_i * 100$	%
Índice de valor de importância	IVI	$IVI_i(\%) = DR_i + DoR_i + FR_i$	%
Índice de valor de cobertura	IVC	$IVC_i(\%) = DR_i + DoR_i$	%

Em que: ni = número total de indivíduos amostrados de cada espécie i, por unidade de área; N = número total de indivíduos amostrados, independentes da espécie; gi = área basal de cada espécie; G = área basal total das espécies encontradas por unidade de área; A = área amostrada (ha); pi = Sub-parcela com a presença da espécie i; Pt = número total de sub-parcelas

### 2.4.3. Determinação da distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica de um povoamento florestal corresponde ao número de árvores, por hectare, e por classe de diâmetro, independentemente das espécies. Já a distribuição diamétrica da espécie é o número de árvores, por hectare, e por classe de DAP, para a *i*-ésima espécie. Na avaliação da estrutura diamétrica os dados correspondentes ao número de árvores, foram organizados em classes de diâmetros com amplitude de 5 cm.

#### **2.4.4. Estrutura Vertical**

A análise da estrutura horizontal e vertical, juntas, fornecem resultados mais precisos sobre a importância ecológica da espécie na comunidade florestal. Na estrutura vertical foi considerada a posição sociológica absoluta e relativa por espécie na comunidade vegetal, conforme recomenda (Finol, 1971).

#### **2.4.5. Posição sociológica**

Os parâmetros fitossociológicos da estrutura vertical englobam a posição sociológica, que fornece a composição florística dos diferentes estratos verticais da floresta e/ou povoamento. Com isso, para estudar a posição sociológica de cada espécie na comunidade vegetal é necessário, primeiro, estabelecer estratos de altura total dos indivíduos, depois, calcular o valor fitossociológico de cada estrato e, por fim, obter as estimativas dos valores absolutos e relativos da posição sociológica (Simões, 2017). O número de estratos ocorrentes na floresta é uma peculiaridade do povoamento, relacionada às diferenças em composição de espécies, relações competitivas, restrições ambientais e perturbações antrópicas ou naturais (Simões, 2017)

A análise da posição sociológica indica a importância da espécie, assim como sua participação nos estratos verticais da floresta. Neste trabalho, foram utilizados três estratos de altura total (Ht) para estimar a posição sociológica absoluta por espécie na comunidade vegetal, conforme as fórmulas abaixo:

1. Estrato Inferior: Árvore com  $Ht < (Hm - 1S)$ ;
2. Estrato Médio: Árvore com  $(Hm - 1S) \leq Ht < (Hm + 1S)$ ;
3. Estrato Superior: Árvore com  $Ht \geq (Hm + 1S)$ .

**Onde:** Hm = média das alturas totais (Ht) dos indivíduos amostrados; S = desvio padrão das alturas totais (Ht) dos indivíduos amostrados; e Ht = altura total do *i*-ésima árvore individual.

Após a classificação das alturas das árvores nos respectivos estratos (inferior, médio e superior), as estimativas de Posição Sociológica Absoluta ( $PSA_i$ ), Posição Sociológica Relativa ( $PSR_i$ ) e Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), por espécie, foram obtidos pelo emprego das seguintes expressões:

$$PSA_i = \sum_{j=1}^J \left( \frac{N_j}{N} \right) * N_{ij} \quad PSR_i = \frac{PSA_i}{\sum_{i=1}^S PSA_i} * 100 \quad IVIA = IVI_i + PSR_i$$

**Onde:**  $PSA_i$  = posição sociológica absoluta da  $i$ -ésima espécie;  $N_j$  = número de indivíduos do  $i$ -ésimo estrato;  $N$  = número total de indivíduos de todas as espécies, em todos os estratos;  $N_{ij}$  = número de indivíduos da  $i$ -ésima espécie no  $i$ -ésimo estrato de altura;  $PSR_i$  = posição sociológica relativa da  $i$ -ésima espécie, expresso em percentagem.

#### 2.4.6. Estrutura interna

Partindo do mesmo conceito de posição sociológica, pode-se analisar a distribuição dos indivíduos e das espécies frente a outros agrupamentos. A estrutura interna da floresta avalia essa distribuição com relação a grupos que indicam a qualidade do fuste e complementa a análise estrutural da floresta, sendo um indicador do valor económico da floresta. A estrutura interna da floresta é determinada com o emprego da seguinte expressão:

$$QAF_i = \sum_j^m n_{ij} * \frac{N_j}{N} \quad QRF_i = \frac{QAF_i}{\sum_i^m QAF_i} * 100$$

**Onde:**  $m$  = número de estratos;  $N_j$  = número de indivíduos no  $j$ -ésimo estrato;  $N$  = número total de indivíduos amostrados;  $QAF_i$  = qualidade absoluta do fuste na  $i$ -ésima espécie;  $QRF_i$  = qualidade relativa do fuste na  $i$ -ésima espécie.

#### 2.4.7. Relações hipsométricas

No inventário florestal, a relação hipsométrica pode ser usada para fornecer as alturas das árvores com base na medição apenas do diâmetro. A relação hipsométrica, ou relação entre o diâmetro e altura das árvores é regulada geneticamente, por tanto, só faz sentido quando analisada para uma espécie e varia principalmente em função do sítio, idade e densidade arbórea. Assim, é fácil observar que espécies distintas podem ter valores de relação altura-diâmetro diferentes (Finger, 2006).

Para modelar a relação hipsométrica (H-D) em dados da parcela NM01 foram utilizados modelos não lineares amplamente divulgados na literatura florestal. Os modelos utilizados nos ajustes das equações estão compilados na Tabela 7.

Tabela 7: Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela NM01

Id	Nome da Função	Equação
1	Curtis	$h = 1,3 + \beta_0 (d/(1 + d))^{\beta_1}$
2	Naslund	$h = 1,3 + \frac{d^2}{(\beta_0 + \beta_1 d)^2}$
3	Meyer	$h = 1,3 + \beta_0 (1 - e^{-\beta_1 h})$
4	Michailoff	$h = 1,3 + \beta_0 e^{-\beta_1 d^{-1}}$
5	Wykoff	$h = 1,3 + \exp\left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{d + 1}\right)$

h: altura total das árvores (m); d: diâmetro à altura do peito (cm);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ : parâmetros a estimar; e: base do logaritmo natural (2,71828); 1,3 é uma constante utilizada para considerar que o diâmetro à altura do peito é medido a 1,3 m acima do solo.

Os procedimentos de modelagem foram feitos no ambiente R (R Core Team, 2022; RStudio team, 2022), utilizando basicamente o pacote nlme (Pinheiro *et al.*, 2019). Para a modelação dos dados foram estruturas em função das 50 sub-parcelas e recorrendo a função *groupedData* do pacote nlme, conforme descrito por Mehtatalo *et al.* (2015) ou Patrício *et al.* (2022). Após o agrupamento foi usada a função *nlsList* para explorar o comportamento inicial dos diferentes modelos a todas as sub-parcelas em simultâneo.

Na etapa seguinte procedeu-se com a selecção dos modelos usando a função *NLME*. Para tal foram tidos em conta os valores do critério de informação de Akaike (AIC) (Sakamoto *et al.*, 1986), do critério de informação bayesiano (BIC) (Schwarz, 1978), média dos resíduos (Mres), desvio padrão residual (RMSE) e coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{\text{ajust}}$ ). A escolha do melhor modelo entre as diferentes funções matemáticas, foi tida em conta os valores mais baixos de todas as estatísticas associadas a um determinado modelo, e no caso do coeficiente de determinação ajustado, quanto maior o valor, tanto melhor.

#### 2.4.8. Distribuição espacial das espécies de interesse

Para avaliar a distribuição espacial das espécies na área de estudo foram utilizados os índices de dispersão de Payandeh ( $P_i$ ), Hazen ( $IHi$ ) e Morisita ( $IMi$ ).

Para o índice de Agregação de Payandeh, a classificação do padrão de distribuição espacial dos indivíduos obedece a seguinte escala:  $P_i < 1$  (distribuição aleatória);  $1 \leq P_i \leq 1,5$  (tendência ao agrupamento) e  $P_i > 1,5$  (distribuição agregada ou agrupada). As espécies com menos de dois indivíduos nas amostras foram desconsideradas por apresentarem sempre distribuição não-agrupada. O valor encontrado para Payandeh foi determinado pela seguinte expressão:

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

**Onde:**  $P_i$  = índice de Payandeh;  $S_i^2$  = variância do número de indivíduos da espécie por parcela;  $M_i$  = média do número de indivíduos da espécie.

O método de Hazen faz uso de seguinte expressão:

$$IHi = \frac{S^2}{\bar{x}} (n - 1)$$

**Onde:**  $IHi$  = índice de Hazen;  $S^2$  = variância;  $\bar{x}$  = média do número de indivíduos da espécie;  $n$  = número de observações.

Quando o  $IHi$  é maior que o valor de Qui-quadrado ( $X^2$ ) a um nível de 0,99 de probabilidade, existe um factor influente na dispersão das espécies, considerando-se então que existe agrupamento; Quando o  $IHi$  é menor que o valor de Qui-quadrado ( $X^2$ ) a 0,75 de probabilidade, a distribuição da espécie deve ser considerada como não agrupada; e quando o  $IHi$  é menor que o valor de Qui-quadrado ( $X^2$ ) a 0,99 de probabilidade e maior ou igual que o valor de  $X^2$  a 0,75 de probabilidade, considera-se que a espécie tem tendência ao agrupamento.

Para comprovar ou rejeitar a hipótese de aleatoriedade da distribuição espacial das espécies na regeneração natural e estrato adulto, utilizou-se o Índice de Morisita ( $IMi$ ), por ser pouco influenciado pelo tamanho da unidade de amostra e apresentar excelente qualidade na detecção do grau de dispersão, sendo estimado pela expressão:

$$IM_i = \frac{n * (\sum X^2 - N)}{N(N - 1)}$$

**Onde:** IM= Índice de Morisita da i-ésima espécie; ni = número total de parcelas amostradas; N = número total de indivíduos, contidos nas n parcelas; X<sup>2</sup> = quadrado do número de indivíduos por parcela.

Se IMi =1,0, infere-se que a i-ésima espécie tem padrão de distribuição espacial aleatório; se IMi < 1,0, o padrão de distribuição espacial da i-ésima espécie é uniforme ou regular; e se IMi > 1,0, o padrão de distribuição é agregado.

#### **2.4.9. Identificação botânica**

Em cada subparcela, as espécies colectadas foram identificadas pelos seus nomes locais e científicos provisórios, descritas suas características, etiquetadas, prensadas e posterior secagem em campo. No caso do desconhecimento deles, devido à falta de material botânico ou por serem espécies menos conhecidas pelos técnicos e/ou população local, o espécime era considerado “não determinado”. Todas as amostras foram posteriormente encaminhadas para o herbário nacional (LMA – IIAM) para a sua identificação final e servirem como espécimes de referência. *Para a identificação dos indivíduos arbóreos em campo*, usou-se o manual *Trees and Shrubs of Mozambique* (Burrows et al., 2018).

De igual modo foram também colhidos /registados os espécimes de plantas do estrato herbáceo e das espécies mais comum na área da parcela sem necessariamente terem sido estabelecidas as 15 sub-parcelas de 1m x 1m.

A não recolha de espécimes dos outros indivíduos deveu-se a: (i) elevada altura das árvores, que impossibilitou a recolha, caducidade e mortalidade dos indivíduos.

De acordo com as técnicas universais de colheitas deveriam ter sido colhidas somente espécies com elementos (material) férteis (flores, frutos ou ambos) como regra universal da identificação taxonómica. Contudo, devido à necessidade da identificação de todos os indivíduos da parcela, foram colhidos para além de espécies com material fértil as que não continham o material fértil. Quanto aos indivíduos mortos, não foi possível a sua colheita, mas foram identificadas no campo o nome provisório (nomes vernaculares) com ajuda do pisteiro e para o caso das que se encontravam na mesma base com as outras vivas utilizava-se o exemplar da espécie viva para servir como amostra.

Para as espécies impossíveis de colher o material botânico devido a altura das árvores, tomou-se como base as árvores da mesma espécie previamente colhidas e com o auxílio de um par de binóculos observou-se atentamente a disposição e forma das folhas para

questões de confirmação. Das árvores nem sempre possíveis de alcançar as folhas destacaram-se a *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora*, duas das espécies características do miombo. Por outro lado, a espécie *Millettia stuhlmannii* apresentou-se sempre sem folhas e frutos.

#### **2.4.10. Análise qualitativa das árvores**

Para além da medição dos parâmetros dendrométricos como altura e DAP nos indivíduos adultos e juvenis, foram também avaliados os parâmetros qualitativos relativos ao vigor e sanidade da árvore, qualidade do fuste e à posição da copa em relação à luz. Para esta avaliação, foi usada uma pontuação de acordo com as recomendações de Fernandes *et al.* (2020).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Caracterização da PAP**

Esta parcela está a cerca de 25 km da vila sede de Mecula, a 500 m da estrada. Esta parcela apresenta fechamento de dossel, com espécies do género *Brachystegia* como sendo as dominantes. Há também indícios de animais de grande porte (carcaça de mandíbula) e pequeno porte (cudos, cabritos e porcos do mato). Foram avistados elefantes nos arredores.

A vegetação está no seu estado natural e o estrato gramíneo é consideravelmente abundante (acima de 30%) e o estrato superior é dominado pelas espécies *Brachystegia boehmii*, *Julbernardia globiflora*, *Flemingia sp.* e *Dietes sp.* Grande parte das espécies arbóreas e arbustivas mensuradas nas 50 sub-parcelas também se encontram representadas no estrato inferior, indicando um bom futuro para a floresta/parcela. A PAP NM01 está nos interflúvios onde os terrenos apresentam uma topografia quase plana (0,5 a 2%) à suavemente ondulada (2 a 5%), a fisiografia é classificada como sendo planície de denudação, ou seja, penepiano, que não é mais do que uma superfície de aplainamento, aparentemente situada no mesmo nível que a paisagem circundante, aplainada pela remoção e deposição gradual do solo desenvolvido no local produto da meteorização, *in situ*, da rocha mãe. A PAP não apresenta riscos de inundação e nenhum lençol freático foi observado.

### 3.2. Análise de solos

O solo é localmente constituído por materiais não consolidados, desenvolvido a partir da meteorização '*in situ*' da rocha mãe, sobre rocha sedimentar básica. Nas proximidades e de forma esporádica, ocorre rara a muito pouca pedregosidade representada por pedras e blocos (6-60 cm de diâmetro); não foram observados afloramentos rochosos; muito menos vestígios de erosão/deposição; a cobertura vegetal do estrato herbáceo estima-se que esteja acima de 80%; sem sinais de existência de crostas e sais na superfície. E foram observadas poucas conchas de caracóis na superfície do solo.

A drenagem do solo é descrita como sendo boa (interna: moderada e o escoamento superficial é lento a quase nulo). Não há sinais de ocorrência de inundações, no momento da observação o solo apresentava-se húmido e a profundidade efectiva é limitada pela ocorrência de cascalho grosseiro a partir dos 77 cm de profundidade e este (cascalho) aumenta com a profundidade até ao contacto com a rocha mãe.

Os mini-perfis abertos nos quatro vértices nas direcções Sul (I, IV) e Norte (II e III) da parcela localizam-se nas coordenadas seguintes:

1. NM01 – I: Latitude 12° 01' 43,0" Sul; Longitude 37° 48' 20,8 Este;
2. NM01 – II: Latitude 12° 01' 39,6" Sul; Longitude 37° 48' 20,4" Este;
3. NM01 – III: Latitude 12° 01' 39,3" Sul; Longitude 37° 48' 23,6" Este; e
4. NM01 – IV: Latitude 12° 01' 42,4" Sul; Longitude 37° 48' 23,9" Este.



Figura 8: Vista parcial da vegetação na PAP-NM01



Figura 9: Ilustração das amostras de solo resultantes da sondagem de referência no centro da PAP-NM01.

Em geral, o solo é moderadamente profundo (50-100 cm de profundidade efectiva); uma coloração que varia de castanho escuro no topsolo a vermelho no subsolo; não apresenta manchas em todo o perfil; a textura varia de franco-arenosa (solo superficial), gradualmente aumenta o teor de argila com a profundidade, à argilo-arenosa (subsolo); a estrutura dos agregados é fraca, fina a média, anisforme subangulosa; muito friável quando húmido, não a pouco pegajoso e não a pouco plástico quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; apresenta muitos poros finos e muito finos; sem películas; sem nódulos minerais; cascalho dominante apenas no subsolo; algumas cavidades abertas que diminuem com a profundidade; poucas raízes grosseiras e muitas muito finas e finas.

### 3.2.1. Descrição do perfil

Tabela 8: Descrição do perfil do solo

PAP-NM01	
<b>Código do perfil:</b> NM01-PAP	<b>Data:</b> 18 de Abril de 2022.
<b>Unidade de solos:</b> VG (solo argiloso vermelho)	<b>Coordenadas:</b> 12°01' 41,6''S e 37°48' 20,8''E
<b>Área de levantamento:</b> REN	<b>Altitude:</b> 261,3 m
<b>Localização:</b> Reserva Especial do Niassa, Posto Administrativo de Mecula sede, Distrito de Mecula, Província do Niassa.	
<b>Autores:</b> Jacinto Mafalacusser, Munir Jossob, Fernando Sualei.	
<b>Nome local do solo:</b> Ietchejeu.	<b>Humidade:</b> Húmido até 116 <sup>+</sup> cm.
<b>Classificação WRB 2006:</b> Lixissoloshápicos (LXh)	<b>Topografia:</b> plana (1-2%).
<b>Uso de terra:</b> Reserva florestal/Fauna bravia.	<b>Fisiografia:</b> planície de denudação.

**Influência humana:** Sinais de queimadas.

**Culturas:** Sem culturas.

**Vegetação:** Bosque de miombo aberto.

**Cobertura de capim:** 3 (>80%).

**Material de origem:** Rocha meteorizada "in situ" – sobre rocha sedimentar derivado de rocha básica.

**Drenagem:** Boa (Moderada/Escoamento lento).

**Profundidade efectiva:** Muito profunda.

**Afloramento de rochas:** Sem.

**Selagem/crosta:** Sem.

**Erosão:** Sem erosão e/ou deposição.

**Elemento fisiográfico:** Interflúvio.

**Posição:** Parte intermédia do declive.

**Declive:** Classe 1 (1-2%); **Forma:** Directa.

**Micro-topografia:** Irregular.

**Lençol freático:** Não observado.

**Inundação:** Sem

**Pedras superficiais:** Sem (0%).

**Bacia hidrográfica:** Lugenda.

**Observações e Anotações:** foram colectadas uma amostra composta de detritos orgânicos (espessura média: 0,4 cm); três amostras compostas (profundidades: 0-10; 10-20; 20-30 cm) e doze amostras não perturbadas nos quatro mini-perfis (profundidades: 0-10; 10-20 e 20-30 cm).

### 3.2.2. Caracterização dos horizontes

Tabela 9: Caracterização dos horizontes do perfil do solo

Horizonte	Prof. (cm)	Descrição
A1	0 – 10	Castanho escuro (7.5YR 3/2) quando húmido; sem manchas; franco-arenoso; fraca, fina a média, anisforme subangular; muito friável, não pegajoso e não plástico quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; poucas cavidades abertas e não especificadas; poucas raízes grosseiras, muitas raízes finas e médias; limite abrupto e ondulado. <i>Amostra perturbada: NM01-1 (0-10 cm); amostra não perturbada: NM01-1 (0-10 cm).</i>
A2	10 – 30	Castanho avermelhado (5YR 4/4) quando húmido; sem manchas; franco-argilo-arenoso; fraca, fina, anisformesubangular; muito friável, pouco pegajoso e pouco plástico quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; poucas cavidades abertas e não especificadas; poucas raízes grosseiras e muitas finas e médias; limite gradual e plano. <i>Amostra perturbada: NM01-2 (10-30 cm); amostra não perturbada: NM01-2 (10-30 cm).</i>



<b>BA</b>	30 – 77	Vermelho ( <b>2.5YR 4/6</b> ) quando húmido; sem manchas; argilo-arenoso; fraca, fina, anisoformesubanguloso; muito friável, pouco pegajoso e pouco plástico quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros muito finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; poucas cavidades abertas e não especificadas; comuns raízes grosseiras e poucas finas; limite gradual e plano. <i>Amostra perturbada: NM01-3 (30-77 cm); amostra não perturbada: NM01-3 (30-77 cm).</i>
<b>BC</b>	77 – 116+	Vermelho ( <b>2.5YR 4/6</b> ) quando húmido; sem manchas; argilo-arenoso; fraca, fina, anisoformesubangular; muito friável, pouco pegajoso e pouco plástico quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e médios; dominante cascalho grosseiro, irregular, fresco de quartzo; sem nódulos minerais; sem efervescência; sem fenómenos biológicos; muitas raízes muito finas. <i>Amostra perturbada: NM01-4 (77-116 cm).</i>

### 3.3. Composição Florística

#### 3.3.1. Riqueza de espécies

Na parcela NM01 foram colhidos 121 espécimes, das quais espécies identificadas são pertencentes a 11 famílias botânicas. O material colhido foi devidamente seco e preparado para proceder-se com a sua identificação taxonômica e os exemplares estão depositados no Herbário Nacional (LMA – IIAM) para servirem como espécimes de referência. Portanto, para esta parcela, foram identificadas através dos nomes científicos um total de 26 espécies de plantas, e não foi possível identificar uma espécie. As espécies identificadas são pertencentes a 11 famílias botânicas, sendo a família Fabaceae a mais destacada, com maior número de espécies (11) bem como maior número de indivíduos (100), e dentro desta família, o género *Brachystegia* foi o que apresentou maior número de indivíduos (54). Contudo, a espécie com maior número de indivíduos na parcela foi a *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 71 indivíduos (Tabela 10).

Num estudo de dinâmica de florestas efectuado por Amade (2016) na REN, 85 espécies pertencentes a 20 famílias foram encontradas em 50 parcelas circulares de 30 m de diâmetro cada (0.071ha). A diferença na riqueza de espécies pode ser explicada em parte

pela diferença no tamanho da amostra, 3.55 hectares para o estudo supracitado e 1 hectare no presente estudo, bem como a forma das unidades amostrais utilizadas.

Das espécies da família Fabaceae, as subfamílias Caesalpinioideae, Papilionoideae e Mimosoideae tiveram 77, 22 e 1 indivíduos, respectivamente, o correspondente à 6, 4 e 1 espécies, respectivamente (Tabela 11). A presença marcante das espécies da família Fabaceae quando considerada como um só táxon está associada à capacidade em competir com espécies de outras famílias em solos de baixa fertilidade, que é característico deste bioma (Kalaba *et al.*, 2013; Nanvonamoquitxo *et al.*, 2019).

Outras famílias de destaque em termos de número de indivíduos foram: Phyllanthaceae, Apocynaceae e Ebenaceae com 71, 47 e 21 indivíduos, respectivamente. No que se refere ao número de espécies, as famílias Combretaceae com 3 espécies, e Rubiaceae, Anacardiaceae e Linaceae com 2 espécies perfazem as famílias com maior número de espécies, depois da Fabaceae (Tabela 11).

De referir que o número de gêneros e famílias poderá aumentar assim que atribuir-se nome científico as espécies " desconhecidas".

A Tabela 10 apresenta a lista de plantas vasculares identificadas até ao presente momento.

Tabela 10: Lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela NM01

Família (subfamília)	Nome científico	Nome local	Forma de vida	Nº de Ind
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Brachystegia spiciformis</i>	Mpapa	Árvore	41
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Brachystegia boehmii</i>	Ndjombo	Árvore	13
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Julbernardia globiflora</i>	Ntxenga	Árvore	12
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Burkea africana</i>	Nkalati	Árvore	8
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Erythrophleum africanum</i>	Nkalati	Árvore	2
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Brachystegia allenii</i>	Nakadjombo	Arbusto	1
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Pterocarpus angolensis</i>	Ntumbati	Arbusto	9
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Philenoptera bussei</i>	Nang'olo	Árvore	7
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Swartzia madagascariensis</i>	Txinhenhe	Árvore	3
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Dalbergia nitidula</i>	Txipire ya vago	Árvore	3
Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Elephantorrhiza goetzei</i>	Ntalala	Árvore	1
Phyllanthaceae	<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	Ndzoló	Árvore	71
Ebenaceae	<i>Diospyros kirkii</i>	Ndzakala	Árvore	47
Apocynaceae	<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	Ntomoni	Árvore	21
Combretaceae	<i>Terminalia stenostachya</i>	Ntxizú	Árvore	3
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>	Txicozi cha ng'ondo	Árvore	5
Combretaceae	<i>Combretum adenogonium</i>	Natxolove	Árvore	3
Combretaceae	<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	Nepa	Árvore	1
Combretaceae	<i>Combretum sp</i>	Nkolonhondjo	Árvore	1
Linaceae	<i>Hugonia orientalis</i>	Nkotimo	Árvore	10
Strychnaceae	<i>Strychnos madagascariensis</i>	Ntonga	Árvore	4
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>	Ngulu-ngulu	Árvore	1

Rubiaceae	<i>Catunaregam stenocarpa</i>	Ndzondoca	Árvore	2
Ochnaceae	<i>Ochna kirkii</i>	Ngambo	Árvore	2
Celastraceae	<i>Pleurostyliia africana</i>	Natxolove	Árvore	1
Dipterocarpaceae	<i>Monotes engleri</i>	Nteteleka	Arbusto	1
Desconhecida	<i>Não identificada 1</i>	Ndjembe	Arbusto	3
N=11	N=26 /27*	N=27		N=276

Tabela 11: Famílias e gêneros encontrados na parcela NM01

Família	Nº de Ind	Nº de espécies	Nº de gêneros
Fabaceae	100	11	8
Phyllanthaceae	71	1	1
Ebenaceae	47	1	1
Apocynaceae	21	1	1
Combretaceae	13	5	3
Linaceae	10	1	1
Strychnaceae	5	2	1
Rubiaceae	2	1	1
Ochnaceae	2	1	1
Celastraceae	1	1	1
Dipterocarpaceae	1	1	1
Desconhecida	3	1	1
N=11*	N=276	N=27*	N=21

\* O número de espécies e famílias aqui apresentado representamos indivíduos até então identificados cientificamente (faltando 3 indivíduos representando 1 espécie)

Nas 15 sub-parcelas da PAP NM01 foram colhidos 20 espécimes de plantas do estrato herbáceo para posterior identificação no laboratório botânico do IIAM. Nessas 15 sub-parcelas foram observados 82 indivíduos dentre lenhosas, herbáceas e gramíneas.

Para o estrato herbáceo, nesta parcela há uma grande diversidade de espécies, sendo que uma parte da regeneração não estabelecida encontra-se representada no estrato alto (indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm). As espécies com maior destaque no estrato herbáceo são: *Brachystegia spiciformis*, *Diplorhynchus condylocarpon* e *Pseudolachnostylis maprouneifolia*. No total 38 espécies foram observadas nas sub-parcelas destinadas a regeneração não estabelecida e até ao momento da redacção do presente relatório muitas ainda carecem de identificação a nível do Herbário LMA pelo facto de não possuírem elementos botânicos.

Tabela 12: Algumas das espécies do substrato inferior encontradas na parcela NM01

Número	Família	Nome local	Nome da espécie
1	Fabaceae (Caesalpinioideae)	Ndjombo	<i>Brachystegia boehmii</i>
2	Fabaceae (Caesalpinioideae)	Mpapa	<i>Brachystegia spiciformis</i>
3	Fabaceae (Caesalpinioideae)	Ntxenga	<i>Julbernardia globiflora</i>

4	Fabaceae (Caesalpinioideae)	Ntxanamila	<i>Cassia abbreviate</i>
5	Fabaceae (Papilionoideae)	Txilalandima	<i>Flemingia sp?</i>
6	Fabaceae (Papilionoideae)	Ntumbati	<i>Pterocarpus angolensis</i>
7	Fabaceae (Mimosoideae)	Ntalala	<i>Dichrostachys sp</i>
8	Linaceae	Nkotimo	<i>Hugonia orientalis</i>
9	Apocynaceae	Ntomoni	<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>
10	Combretaceae	Ntxizú	<i>Terminalia stenostachya</i>
11	Ebenaceae	Mulala	<i>Euclea natalensis?</i>
12	Connaraceae	Nzangalazia	<i>Rourea sp?</i>
13	Phyllanthaceae	Nzoló	<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>
14	Combretaceae	Txicozi tcha ngondo	<i>Combretum molle</i>
15	Iridaceae	Ndungulo	<i>Dietes sp</i>
16	Ochnaceae	Ntimaumo	<i>Ochna schweinfurthiana</i>

### 3.4. Diversidade florística

Os valores referentes aos índices da diversidade florística da parcela NM01 são apresentados na Tabela 13. A diversidade de espécies arbóreas obtida com o estimador do índice de *Shannon-Weaver* (H'), foi de 2.41 nats/ind, indicando diversidade alta da parcela. Shirima *et al.* (2011) estudando a vegetações do miombo sob mesmas condições climáticas em relação ao presente estudo, porém manejadas e protegidas de distúrbios, encontraram valores de H' relativamente baixos (1.29-1.32 nats/ind) e (1.9-2.2 nats/ind) respectivamente.

Os resultados do presente estudo são inferiores aos obtidos por Amade (2016), que estudando a dinâmica da vegetação arbórea e influência da frequência de queimadas no incremento das florestas do miombo da REN entre 2005 e 2015 em 50 parcelas de 30 m de diâmetro cada (0.071ha, obteve índice de *Shannon-Weaver* (H') de 3.34 a 3.35nats/ind. Essa diferença pode ser explicada diferença da intensidade amostral e numero de unidades amostrais, visto que neste estudo foi apenas estabelecida uma única parcela contra 50 parcelas estabelecidas no estudo de Amade (2016).

De referir que, o índice de diversidade de *Shannon-Weaver* da PAP NM01 não representa a área toda do REN pois o tamanho de amostras ideal ainda não foi atingido/inventariado.

Tabela 13: Índices da diversidade florística da parcela NM01

<i>Shannon-Weaver</i>	<b>Simpson</b>	<b>EqMáxima</b>	<b>Pielou</b>	<b>Jentsch</b>
2.41	0.86	3.26	0.74	0.1

### 3.4.1. Estrutura horizontal

Oito parâmetros da estrutura horizontal da floresta foram calculados, sendo eles a frequência absoluta e a relativa, Abundância absoluta e a relativa, Dominância absoluta e a relativa, o índice de valor de cobertura, e o de importância.

A espécie *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, é a que mais se destaca na parcela, sendo a mesma que mais teve valores altos nas frequências absolutas, frequências relativas, abundancia relativa e a abundancia absoluta. Estes parâmetros tiveram 0.653, 18.182%, 70 e 26.641%, respectivamente. O povoamento é dominado (dominância absoluta e dominância relativa) pela *Brachystegia spiciformis* com valores de 3.857 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> e 35.850%, respectivamente e a mesma teve o maior índice de valor de cobertura (51.680%) e o índice de valor de importância (69.294%). Estes dados significam que a espécie *Brachystegia spiciformis* obteve a maior área basal, assim como a dominância absoluta e relativa possui um grande potencial produtivo dentro da floresta e exerce uma influencia forte na comunidade através da biomassa.

Sete (7) espécies tiveram a menor abundancia absoluta, com 1 ocorrência apenas e são elas a *Pteleopsis myrtifolia*, *Elephantorrhiza goetzei*, *Brachystegia allenii*, *Swartzia spinosa*, *Monotes engleri?* *Combretum sp e Pleurostyliia africana*.

A tabela 14, ilustra as estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies arbóreas da parcela NM01.

Tabela 14: Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP ≥ 10 cm da parcela NM01

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
		%	Ind.ha-1	%	m <sup>2</sup> ha-1	%	%	%
<i>Brachystegia spiciformis</i>	0.633	17.614	42	15.830	3.857	35.850	51.680	69.294
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	0.653	18.182	70	26.641	1.351	12.553	39.194	57.376
<i>Diospyros kirkii</i>	0.612	17.046	47	18.147	0.940	8.734	26.881	43.927
<i>Julbernardia globiflora</i>	0.224	6.250	12	4.633	0.999	9.288	13.922	20.172
<i>Brachystegia boehmii</i>	0.184	5.114	13	5.019	0.805	7.486	12.505	17.619
<i>Pterocarpus angolensis</i>	0.143	3.977	9	3.475	0.713	6.626	10.101	14.079
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	0.184	5.114	12	4.633	0.283	2.627	7.260	12.374
<i>Burkea africana</i>	0.163	4.546	8	3.089	0.466	4.329	7.418	11.964
<i>Hugonia orientalis</i>	0.143	3.977	9	3.475	0.094	0.873	4.348	8.325
<i>Philenopter abussei</i>	0.102	2.841	7	2.703	0.129	1.203	3.905	6.746
<i>Strychnos madagascariensis</i>	0.061	1.705	4	1.544	0.327	3.038	4.583	6.287
<i>Combretum molle</i>	0.082	2.273	5	1.931	0.065	0.603	2.533	4.806
<i>Não identificada 1</i>	0.061	1.705	3	1.158	0.126	1.172	2.331	4.035
<i>Terminalia stenostachya</i>	0.041	1.136	3	1.158	0.057	0.526	1.685	2.821
<i>Erythrophleum africanum</i>	0.020	0.568	2	0.772	0.110	1.020	1.792	2.361
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.125	1.162	1.548	2.117
<i>Dalbergia nitidula</i>	0.041	1.136	2	0.772	0.020	0.182	0.954	2.09
<i>Catunaregams tenocarpa</i>	0.041	1.136	2	0.772	0.017	0.157	0.929	2.065
<i>Combretum adenogonium</i>	0.041	1.136	2	0.772	0.017	0.155	0.927	2.064

<i>Ochna kirkii</i>	0.020	0.568	2	0.772	0.074	0.684	1.456	2.024
<i>Elephantorrhiza goetzei</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.045	0.418	0.804	1.373
<i>Brachystegia allenii</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.044	0.408	0.794	1.362
<i>Swartzia spinosa</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.035	0.328	0.715	1.283
<i>Monotes engleri?</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.024	0.220	0.606	1.175
<i>Combretum sp</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.023	0.218	0.604	1.172
<i>Pleurostyliya africana</i>	0.020	0.568	1	0.386	0.015	0.138	0.524	1.092
<b>Total</b>	<b>3.59</b>	<b>100</b>	<b>263</b>	<b>100</b>	<b>10.76</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>

**Observação:** FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa, ABA = Abundância absoluta, ABR = Abundância relativa, DoA = dominância absoluta, DoR = dominância relativa, IVC = índice de valor de cobertura, IVI = índice de valor de importância.

A tabela 15, ilustra as estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies encontradas nas 5 sub-parcelas de regeneração estabelecida. A espécie *Diplorhynchus condylocarpon* teve a maior abundância absoluta, com 90 Ind.ha-1 e relativa com 52.9%. a mesma teve também maior destaque para os parâmetros de Dominância absoluta (0.4), dominância relativa (51.0%), índice de valor de cobertura e índice de valor de importância, com 104.0% e 144.0, respectivamente.

Tabela 15: Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela NM01

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
		%	Ind.ha-1	%	m <sup>2</sup> ha-1	%	%	%
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	0.8	40.0	90.0	52.9	0.4	51.0	104.0	144.0
<i>Swartzia madagascariensis</i>	0.4	20.0	30.0	17.6	0.1	18.5	36.1	56.1
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	0.2	10.0	20.0	11.8	0.1	14.2	26.0	36.0
<i>Dalbergia nitidula</i>	0.2	10.0	10.0	5.9	0.1	7.2	13.1	23.1
<i>Hugonia orientalis</i>	0.2	10.0	10.0	5.9	0.0	5.9	11.7	21.7
<i>Combretum adenogonium</i>	0.2	10.0	10.0	5.9	0.0	3.2	9.1	19.1
<b>Total</b>	<b>2.0</b>	<b>100.0</b>	<b>170.0</b>	<b>100.0</b>	<b>0.7</b>	<b>100.0</b>	<b>200.0</b>	<b>300.0</b>

**Observação:** FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa, ABA = Abundância absoluta, ABR = Abundância relativa, DoA = dominância absoluta, DoR = dominância relativa, IVC = índice de valor de cobertura, IVI = índice de valor de importância.

### 3.4.2. Estrutura Vertical

A estrutura vertical das florestas é uma componente que afeta a transferência de energia e a troca de materiais dentro dos ecossistemas florestais (Zhang *et al.*, 2020). A realização da análise da estrutura vertical do presente estudo, resultou na classificação da floresta em três estratos verticais de altura total (HT): estrato inferior (EI) - árvores com HT ≤ 6,51 m, totalizando 168 indivíduos (38,8% do número total de plantas amostradas);

estrato médio (EM) - árvores no intervalo  $6,51 \text{ m} > \text{HT} < 13,6 \text{ m}$ , totalizando 173 indivíduos (48,5% do número total de plantas amostradas); estrato superior (ES), árvores com  $\text{HT} \geq 13,6$  totalizando 45 indivíduos (12,7% do número total de plantas amostradas (Figura 10).

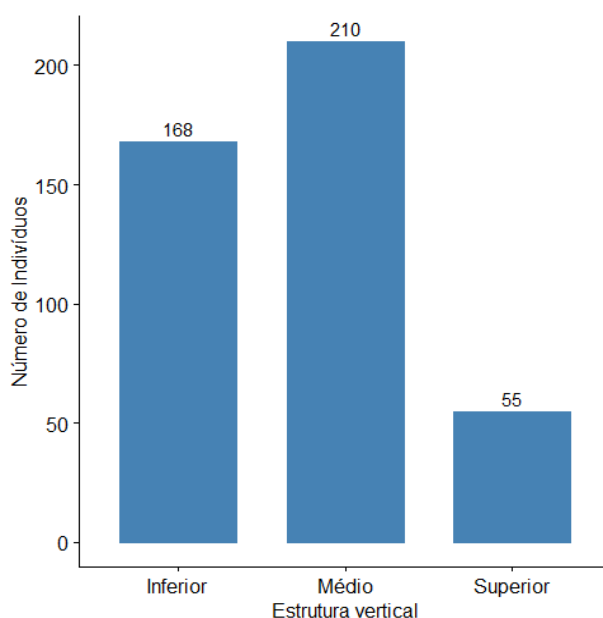


Figura 40: Estrutura fitossociológica vertical da parcela NM01

Uma análise do estrato arbóreo das 26 espécies encontradas na parcela NM01, 4 espécies apresentam representantes nos três estratos (*Burkea africana*, *Diospyros kirkii*, *Julbernardia globiflora* e *Pterocarpus angolensis*) e dentre essas espécies a *Diospyros kirkii* teve maior IVIA (tabela 16). Estas espécies apresentam assim a maior probabilidade de permanecer na PAP com o andar de tempo pois a dispersão por sementes e a resistência a queimadas está garantida.

As espécies *Swartzia spinosa*, *Pleurostyliia africana* e *Catunaregam stenocarpa* foram encontradas apenas no estrato inferior. Por outro lado, *Brachystegia allenii*, *Combretum molle*, *Combretum sp*, *Dalbergia nitidula*, *Elephantorrhiza goetzei*, *Erythrophleum africanum*, *Hugonia orientalis*, *Julbernardia globiflora*, *Monotes engleri* e a espécie não identificada 1 tiveram representação somente no estrato médio. A espécie *Pteleopsis myrtifolia* foi encontrada apenas no estrato superior (tabela 16).

Algumas espécies como *Combretum adenogonium*, *Diplorhynchus condylocarpon*, *Hugonia orientalis*, *Philenoptera bussei*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* foram

encontradas apenas no estrato inferior e médio. Outras como *Brachystegia boehmii*, *Brachystegia spiciformis*, *Strychnos madagascariensis* ocorreram no estrato médio e superior (tabela 16).

Conforme explicado por Cauldwell & Zieger (2000), geralmente as espécies que dominam o estrato inferior ou médio são tolerantes a queimadas, com um crescimento (em altura) curto e não contribuem para a formação das copas na floresta de miombo.

As plantas que se encontram no estrato inferior (em crescimento com uma altura menor do que 3 m) são mais susceptíveis de sofrer danos por fogos do que plantas na fase de maturação em savanas africanas (Pungulanhe, 2020).

Quanto à Posição Sociológica Relativa (PSR) as espécies que se destacaram foram *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Brachystegia spiciformis* e a *Diospyros kirkii* com 62.9% do número total de PSR. O destaque dessas espécies deve-se à presença na maior parte dos estratos e a dominância em cada um deles. O inverso acontece com as espécies de menor PSR. O mesmo padrão foi verificado quanto ao IVIA.

Como indica a tabela 16, o maior parâmetro de qualidade relativa de fuste verifica-se na espécie *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 29.3%, seguida da espécie *Diospyros kirkii* com 22.9% e a *Brachystegia spiciformis* com 12,9%. Portanto, cerca de 65% do valor económico da PAP reside sobre essas espécies. A qualidade do fuste reflecte portanto sobre os aspectos relativos ao aproveitamento económico do fuste, adquirido por meio da observação visual da forma e sanidade aparente (Higuchi *et al.*, 1985).

Tabela 16: Estrutura sociológica vertical da parcela NM01

Espécies	VFInferior	VFMedio	VFSuperior	PSA	PSR	IVIA	QAF	QRF
<i>Brachystegia allenii</i>	0	66.41	0	66.41	0.51	1.87	0.59	0.54
<i>Brachystegia boehmii</i>	0	464.86	129.73	594.59	4.57	22.19	5.79	5.33
<i>Brachystegia spiciformis</i>	0	597.68	691.89	1289.58	9.92	79.21	14.05	12.95
<i>Burkea africana</i>	11.97	199.23	86.49	297.68	2.29	14.25	3.05	2.81
<i>Catunaregam stenocarpa</i>	23.94	0	0	23.94	0.18	2.25	0.30	0.28
<i>Combretum adenogonium</i>	11.97	66.41	0	78.38	0.60	2.67	0.74	0.68
<i>Combretum molle</i>	0	332.05	0	332.05	2.55	7.36	2.58	2.37
<i>Combretum sp</i>	0	66.41	0	66.41	0.51	1.68	0.15	0.14
<i>Dalbergia nitidula</i>	0	132.82	0	132.82	1.02	3.11	1.18	1.09
<i>Diospyros kirkii</i>	95.75	2523.55	21.62	2640.93	20.31	64.23	24.81	22.87
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	59.85	464.86	0	524.71	4.03	16.41	4.58	4.22
<i>Elephantorrhiza goetzei</i>	0	66.41	0	66.41	0.51	1.88	0.15	0.14
<i>Erythrophleum africanum</i>	0	132.82	0	132.82	1.02	3.38	0.74	0.68
<i>Hugonia orientalis</i>	23.94	464.86	0	488.80	3.76	12.08	2.74	2.52
<i>Julbernardia globiflora</i>	11.97	265.64	151.35	428.96	3.30	23.47	3.56	3.28
<i>Monotes engleri</i>	0	66.41	0	66.41	0.51	1.69	0.59	0.54

Não identificada 1	0	199.23	0	199.23	1.53	5.57	1.33	1.23
<i>Ochna kirkii</i>	0	66.41	21.62	88.03	0.68	2.70	1.18	1.09
<i>Philenoptera bussei</i>	11.97	398.46	0	410.42	3.16	9.90	3.76	3.46
<i>Pleurostyliya africana</i>	11.97	0	0	11.97	0.09	1.18	0.15	0.14
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	71.81	4183.78	0	4255.60	32.72	90.10	31.79	29.30
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0	0	21.62	21.62	0.17	2.28	0.21	0.20
<i>Pterocarpus angolensis</i>	11.97	332.05	64.86	408.88	3.14	17.22	3.05	2.81
<i>Strychnos madagascariensis</i>	0	199.23	21.62	220.85	1.70	7.99	0.60	0.56
<i>Swartzia spinosa</i>	11.97	0	0	11.97	0.09	1.37	0.05	0.04
<i>Terminalia stenostachya</i>	11.97	132.82	0	144.79	1.11	3.93	0.79	0.73
<b>Total</b>	<b>371</b>	<b>11422</b>	<b>1211</b>	<b>13004</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>108</b>	<b>100</b>

**Observação:** VF = Valor Fitossociológico da espécie no estrato, PSA = posição sociológica absoluta, PSR = posição sociológica relativa, IVIA = Índice de Valor de Importância Ampliado, QFA = qualidade do fuste absoluta, QFR = qualidade do fuste relativa.

Na Figura 11, estão representada as treze espécies com maiores valores de IVIA, sendo a *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, a maior, e Não identificada 1, a última. O IVIA é o resultado do IVI+PSR, e olhando para a figura nota-se que, *Julbernardia globiflora*, *Pterocarpus angolensis* e *Philenoptera bussei* têm PSRs similares, mas IVIs diferentes, daí as posições diferentes no ranking dos IVIAs. O mesmo sucedesse-se com *Brachystegia boehmii* e *Diplorhynchus condylocarpon*.

Por outro lado, *Diplorhynchus condylocarpon* e *Burkea africana* em IVIs similares, mas PSRs diferentes, daí as posições no ranking. O mesmo dá-se com *Philenoptera bussei* e *Strychnos madagascariensis*. O ranking do IVI e PSR é diferente, porém a junção dos dois perfazerá o IVIA, implicando isso dizer que, se essas duas variáveis forem analisadas de forma independente, elas não ditam o valor do IVIA.

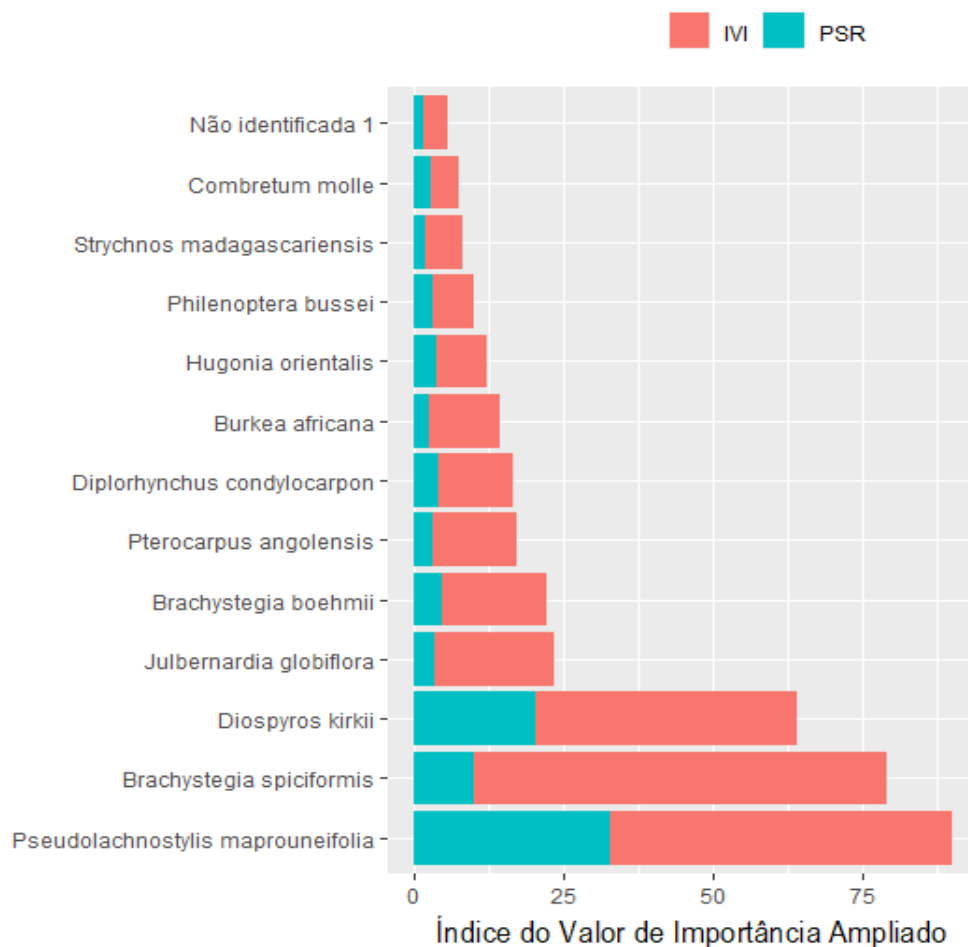


Figura 11: Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) de treze principais espécies amostradas na parcela NM01

### 3.4.3. Estrutura hipsométrica

Na Figura 12 pode ser observada a distribuição dos indivíduos por classes de altura total correspondente à parcela NM01. A maior frequência dos indivíduos encontra-se na terceira classe (110 indivíduos), seguida da quarta classe (80 indivíduos), ambas classes representando 43,9% do total dos indivíduos. Esta categorização hierárquica afeta a composição, dinâmica e função do ecossistema (Nadkarni *et al.*, 2008). Podendo fortemente influenciar a qualidade do habitat e o funcionamento do ecossistema, principalmente no concernente aos distúrbios (Senf *et al.*, 2020). Em longo prazo, poderá garantir a substituição do estrato superior e por sua vez a sustentabilidade da floresta.

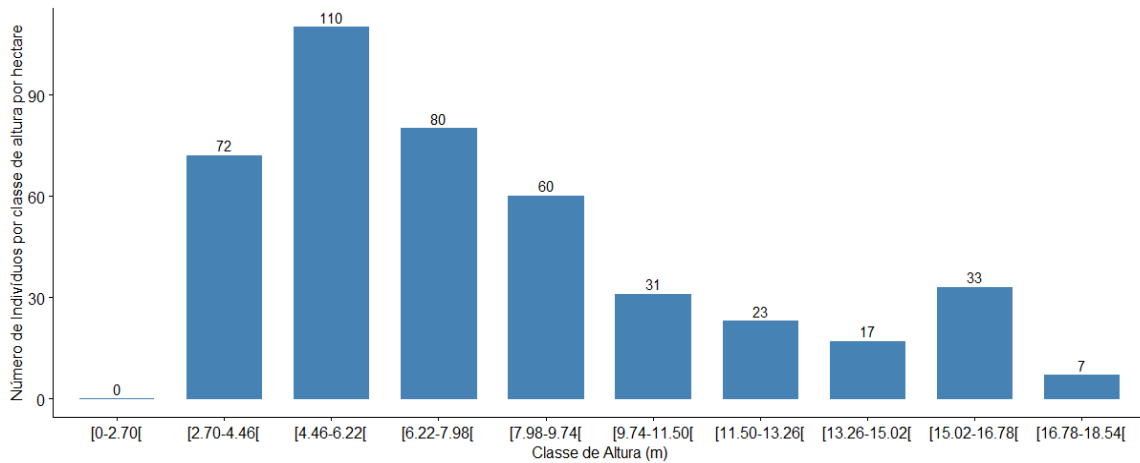


Figura 12: Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela NM01

### 3.4.3.1. Relação hipsométrica em Multi-espécies

A Figura 13 mostra a relação altura-diâmetro encontrada na parcela NM01, demonstrando uma curva com tendência de forma sigmoide. Olhando para a figura, é notório que maior parte dos indivíduos estão na casa do DAP até 20 cm e altura de 10 m. Observando a figura e a disposição de alguns dos “outliers” nos eixos, pode-se verificar a necessidade destes indivíduos serem observados durante a monitoria para verificação da medição e/ou registro.

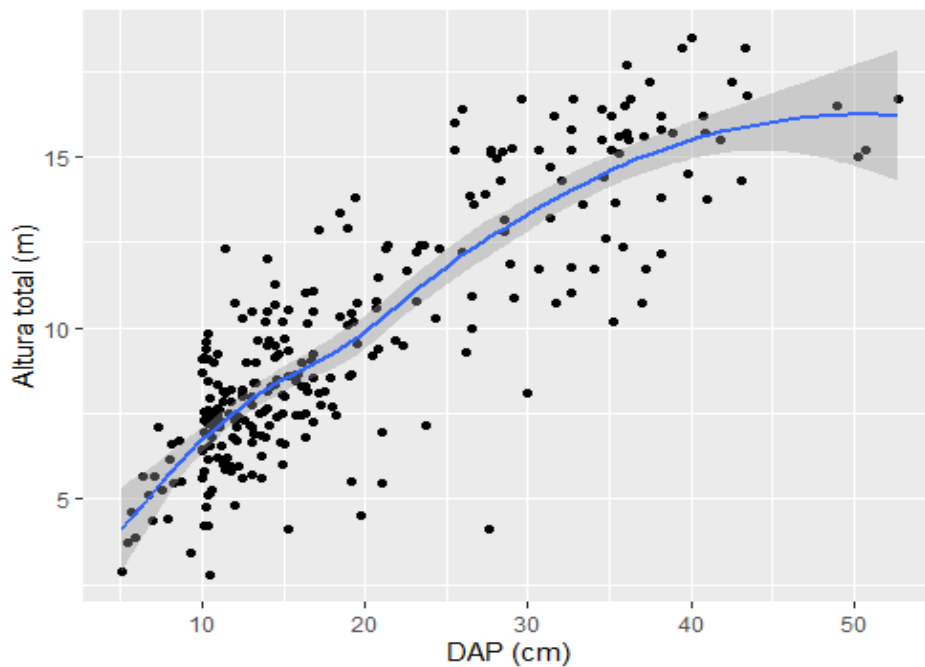


Figura 13: Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela NM01

Ao analisar a figura 14, observa-se a variação dos diâmetros e alturas totais na parcela NM01 onde os diâmetros maiores estão representados pelo círculo maior enquanto as alturas totais estão representadas pelas diferentes tonalidades de azul, onde as tonalidade azul-claro representam as alturas maiores e a tonalidade azul-escuro reflectindo valores de altura total mais baixos.

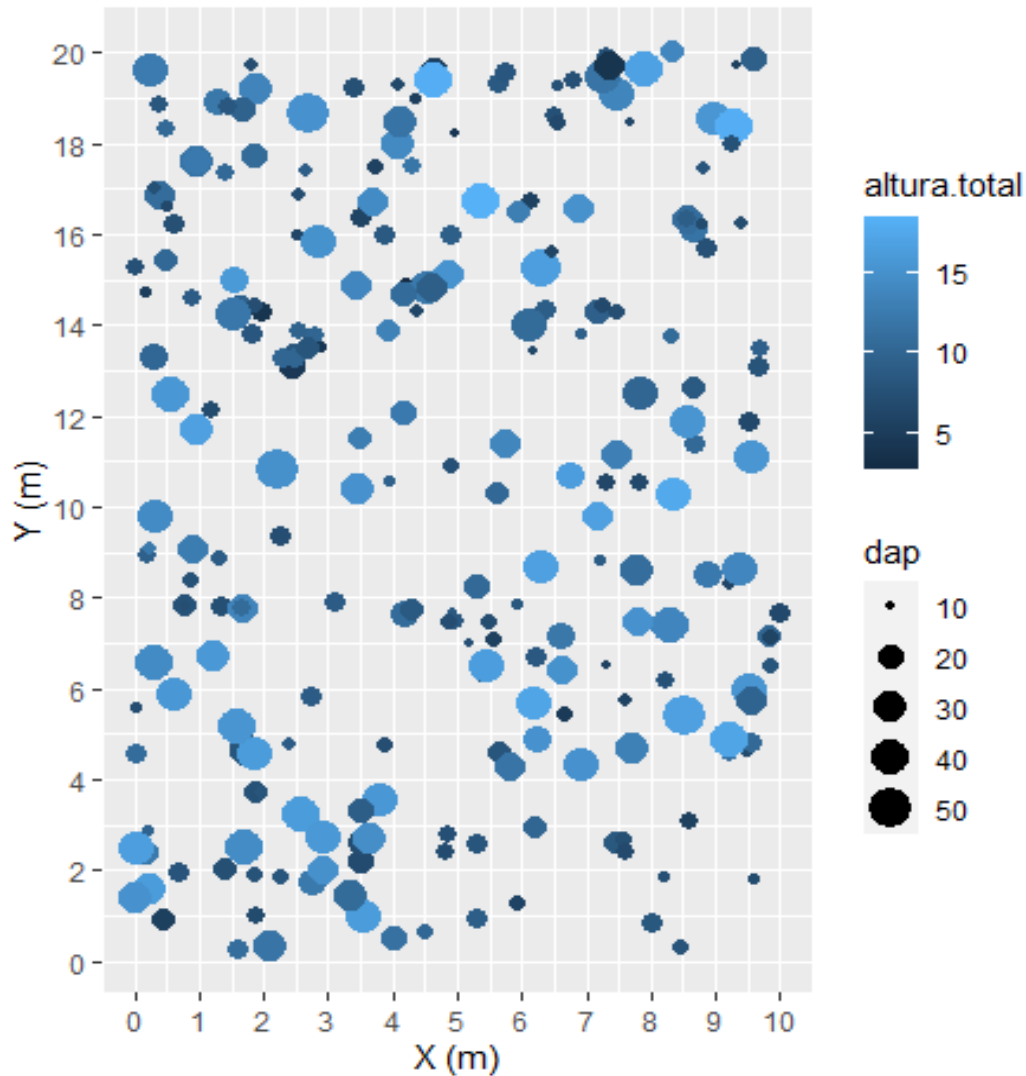


Figura 14: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM01

Na tabela 17 pode ser observado o desempenho dos modelos ajustados com a função NLME usando o método da máxima verossimilhança (ML) e com correção para a heterocedasticidade, usando a estrutura “varPower” para ponderar os resíduos com o inverso de uma potência do diâmetro. Em função dos resultados estatísticos, nota-se que, de modo geral, os 4 modelos

demonstraram um desempenho forte positivo, com coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajust}$ ) na ordem de 73%.

Os valores de  $R^2_{ajust}$  mostram que as variáveis X e Y se ajustam bem aos dados da NM01. O modelo de Naslund explica 73,8 % que a variação das alturas se deve aos diâmetros e a outra parte (26,2%) à factores não previstos, tais como, espécies e idades diferentes.

Segundo Curto *et al.* (2014), a grande variabilidade de alturas que pode ocorrer em uma mesma classe de diâmetro é a razão da relação hipsométrica não apresentar uma relação dendrométrica muito forte. Para além disso, também resulta devido aos valores altos de erros padrão principalmente nas espécies nativas, em que a variabilidade no desenvolvimento é maior. Scolforo (1998) elucida que, tratando-se de relações hipsométricas, é comum que o valor de  $R^2_{ajust}$  não exceda 80%, uma vez que a correlação altura/diâmetro não é tão forte como a correlação altura/volume.

Tabela 17: Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos

Modelos	$R^2_{ajust}$	Mres	RMSE	AIC	BIC
Curtis	0,729	0,005	1,889	1148,91	1174,26
<b>Naslund</b>	<b>0,738</b>	<b>-0,009</b>	<b>1,859</b>	<b>1136,38</b>	<b>1161,72</b>
Michailoff	0,727	0,01	1,897	1151,82	1177,16
Wykoff	0,728	0,024	1,893	1146,42	1171,76

$R^2_{ajust}$ : coeficiente de determinação ajustado; Mres: média dos resíduos; RMSE: desvio padrão residual; AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério de informação bayesiano.

Das análises feitas às estatísticas de ajustamento, o modelo de Naslund (Naslund, 1937) apresentou AIC e BIC mais baixos em relação aos restantes (tabela 17), sendo, portanto, o que melhor se ajustou aos dados.

Apresentam-se de seguida a expressão do modelo não lineares simples com efeitos mistos:

$$Naslund \quad h = 1,3 + \frac{d^2}{(\beta_0 - a_1 - \beta_2 + a_2 * d)^2}$$

Tabela 18: Estimativa dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajuste do principal modelo de relação hipsométrica

Naslund			
Parâmetros	Valores	Erro padrão	p-valor
$\beta_0$	2,23845	0,1057	<0,0001
$\beta_1$	-0,21543	0,0053	<0,0001
Sd(a1)	0,3093034		
Sd (a2)	0,0092168		
r (a1, a2)	-0,999		
$\sigma^2$	0,532		
$\Delta$	0,43		

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : parâmetros fixos; Sd(a1) e Sd (a2): desvio padrão de parâmetros aleatórios; r: coeficiente de correlação;  $\sigma^2$ : sigma é o valor do desvio padrão residual fornecido aplicando a função *summary* ao modelo *nlme*;  $\delta$ : peso de variância.

Tendo os resultados indicado que o modelo de Naslund apresenta melhor desempenho para estimativa da altura das árvores em função do DAP. Salienta-se que esta relação hipsométrica pode variar à medida que varia o povoamento (por exemplo: espécie, sítio, densidade, posição sociológica e o tamanho da copa). Contudo, esta poderá permitir obter informações referentes ao comportamento da altura em árvores onde esta variável não pode ser medida (Soares *et al.*, 2011, p. 1049), dentro da parcela em alusão. Por exemplo, considerando-se os casos de dificuldade de visualização do topo da copa, ausência ou avaria do equipamento de medição de altura ou ainda a escassez de recursos, onde não seja possível medir todas as alturas devido ao grande número de árvores. Será, portanto, possível estimar a altura dos indivíduos utilizando a equação ajustada de Naslund para a parcela em particular, através da medição do diâmetro e sua utilização como variável independente. Na prática, um incremento em 1cm no diâmetro poderá significar 3.43m de incremento em altura na parcela.

### 3.5. Distribuição diamétrica e Área Basal

Em relação à distribuição diamétrica, do conjunto das 259 árvores com  $DAP \geq 10$  cm e 17 árvores com  $10 \text{ cm} > DAP \geq 5$  cm, perfazendo um total de 429 árv./ha quando assumido que a distribuição das espécies nas sub-parcelas é uniforme ao longo de todas sub-parcelas.

As classes diamétricas foram fixadas em intervalos de 5 cm. A figura 15, mostra a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro com um intervalo de 5 cm para cada um dos indivíduos registados, o mesmo analisa indivíduos com  $DAP \geq 5$  cm. Na parcela observou-se que a maioria

dos indivíduos está agrupado nas três primeiras classes diamétricas (figura 15), o que equivale a 77,8% do total dos indivíduos amostrados.

É de notar que a distribuição dos diâmetros segue a tendência natural da maioria das florestas tropicais, ou seja, um maior número de indivíduos nas classes diamétricas inferiores, em forma de *J-invertido*, que é indicativo de uma fitofisionomia autorregenerativa.

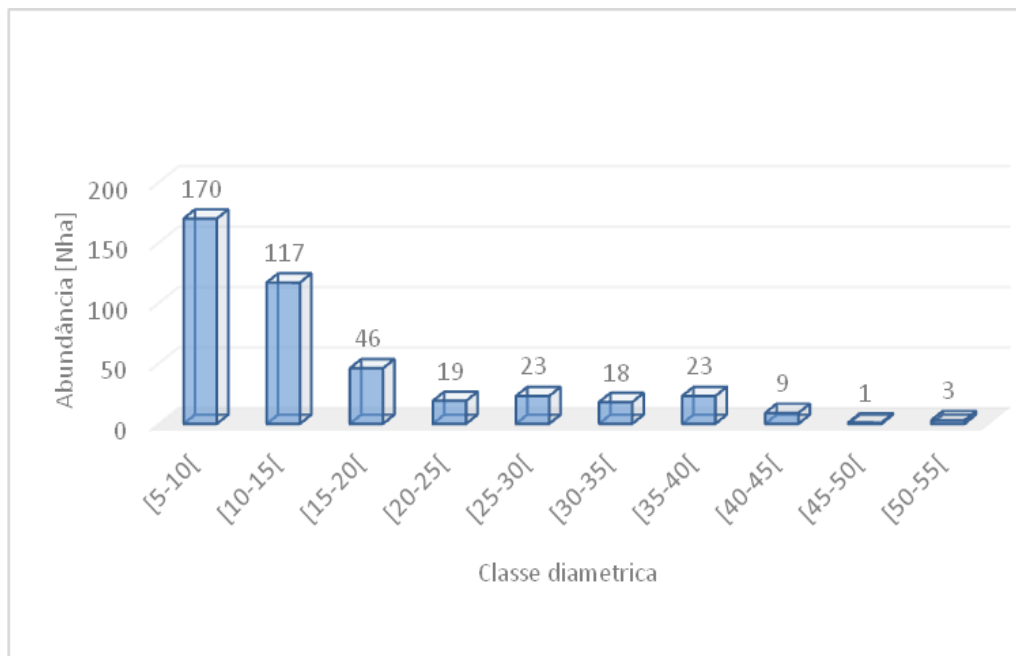


Figura 15: Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com  $DAP \geq 5$  cm na Parcela NM01

Cada classe diamétrica possui o centro de classe dos diâmetros (cm), sendo eles: 7.5 para [5-10[; 12.5 para [10-15[; 17.5 para [15-20[; 22.5 para [20-25[; 27.5 para [25-30[; 32.5 para [30-35[; 37.5 para [35-40[; 42.5 para [40-45[; 47.5 para [45-50[; e 52.5 para [50-55[. Esta curva mostra que a frequência dos indivíduos diminui com o aumento do diâmetro. Esse comportamento sugere a existência de equilíbrio entre o recrutamento e a mortalidade de indivíduos, garantido o processo dinâmico da floresta.

A irregularidade dos indivíduos das classes diamétricas, pode reflectir uma maior mortalidade em certas classes. Outro factor que poderá estar a influenciar esta distribuição irregular são os resultados do impacto das acções antropogênicas, como por exemplo, os incêndios recorrentes e a

caça furtiva. Segundo Nanvonamuquitxo *et al.* (2019), o *deficit* de árvores nas classes iniciais pode ser explicado pela pressão antrópica sobre o ambiente florestal

O mesmo facto pode também indicar a necessidade de se fazer análises por espécie e não por conjunto de todos os indivíduos de uma população analisada (tabela 19).

Segundo Magalhães (2016), um padrão de uma curva em forma de J inversa, é típica de uma Floresta de idade desigual. De acordo com Dorneles & Negrelle (2000), os indivíduos das classes mais baixas são os únicos que verdadeiramente garantem a manutenção da população, embora sofram taxas de mortalidade mais elevadas, enquanto os indivíduos das classes maiores são reprodutivamente maduros e potencialmente responsáveis pela continuidade do processo dinâmico através da produção de sementes.

A tabela 19, mostra a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro com um intervalo de 5 cm para cada uma das espécies registadas. Da tabela 19, a *Diplorhynchus condylocarpon* com 102 ind/ha, seguida de *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 91 ind/ha, *Diospyros kirkii* com 48 ind/ha, *Brachystegia spiciformis* com 42 ind/ha e *Swartzia madagascariensis* 30 ind/ha representam as espécies com maior número de indivíduos nas diferentes classes de diâmetro, totalizando 72.2 % do total de indivíduos e 18.5% do total de espécies.

Observa-se que a espécie *Brachystegia spiciformis* está representada em quase todas as classes de diâmetro, com excepção no centro de classe 42.5, também domina os centros de classes superiores. Isso mostra que os indivíduos desta espécie apresentam os maiores diâmetros em toda a PAP.

Nota-se que as espécies *Diplorhynchus condylocarpon*, *Diospyros kirkii*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Swartzia madagascariensis* têm uma grande presença nas 4 primeiras classes de diâmetro, sendo estas algumas das espécies com maior valor fitossociológico na parcela.

Em termos de *ranking* dos centros de classe, as quatro primeiras classes seguem a tendência decrescente de uma floresta nativa com (170, 120, 47, 19 indivíduos respectivamente). As restantes classes não seguem a mesma tendência. Esta irregularidade, pode reflectir uma maior mortalidade em certas classes e/ou falhas nos eventos de frutificação e dispersão em certos anos com repercussões na regeneração, mas também, o que pode estar a influenciar esta distribuição irregular são os resultados do impacto das acções antropogênicas como por exemplo os incêndios recorrentes.

*Catunaregam stenocarpa*, *Combretum sp*, *Elephantorrhiza goetzei*, *Monotes engleri*, *Pteleopsis myrtifolia* e *Swartzia spinosa* estão representadas num único centro de classe.

Tabela 19: Número de árvores por classe de diâmetro e espécie da Parcela NM01

Espécies	Centro de Classe de Diâmetro (cm)										Total
	[5-10[	[10-15[	[15-20[	[20-25[	[25-30[	[30-35[	[35-40[	[40-45[	[45-50[	[50-55[	
<i>Brachystegia allenii</i>				1							1
<i>Brachystegia boehmii</i>			4	3	2	2	2	1			14
<i>Brachystegia spiciformis</i>		2	1	2	9	8	12	5		2	41
<i>Burkea Africana</i>		2	2			1	3				8
<i>Catunaregam stenocarpa</i>		2									2
<i>Combretum adenogonium</i>	10	2									12
<i>Combretum molle</i>		4	1								5
<i>Combretum sp</i>			1								1
<i>Dalbergia nitidula</i>	10	2									12
<i>Diospyros kirkii</i>			10	5				1			16
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	90	9	1		1		1				102
<i>Elephantorrhiza goetzei</i>				1							1
<i>Erythrophleum africanum</i>			1			1					2
<i>Hugonia orientalis</i>	10	9									19
<i>Julbernardi aglobiflora</i>		1	1		4	1	3	1	1		12
<i>Monotes engleri</i>			1								1
<i>Não identificada 1</i>		21	1			1					23
<i>Ochna kirkii</i>		1			1						2
<i>Philenoptera bussei</i>		4	2	1							7
<i>Pleurostylie africana</i>		1									1
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	20	55	16	3	4						98
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>							1				1
<i>Pterocarpus angolensis</i>		3			1	4	1	1			10
<i>Strychnos madagascariensis</i>			1	1	1					1	4
<i>Swartzia spinosa</i>				1							1
<i>Swartzia madagascariensis</i>	30										30
<i>Terminalia stenostachya</i>		2		1							3
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>120</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>429</b>

A figura 16 mostra a distribuição da área basal por classe de diâmetro. O valor total da área basal é de 11.25 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>, sendo que o valor encontrado na classe [35–40 [ representa 21.86% do total da área basal da parcela. O valor de R<sup>2</sup> mostra que as variáveis X e Y se ajustam fracamente a amostra, ou seja, uma correlação fraca entre a variável centro de classe e a área basal. Isso permite afirmar que a relação causa efeito entre estas variáveis é fraca. Isso mostra que 33.47% da variação na área basal é explicada pelo centro de classe de diâmetro e outra é explicada por outros factores não

previstos na equação de regressão, tais como, espécies diferentes, diferentes idades e densidades desiguais.

A maior área basal foi obtida na classe [35–40[ e a menor no centro de classe de [45–50[ cm (Figura 17).

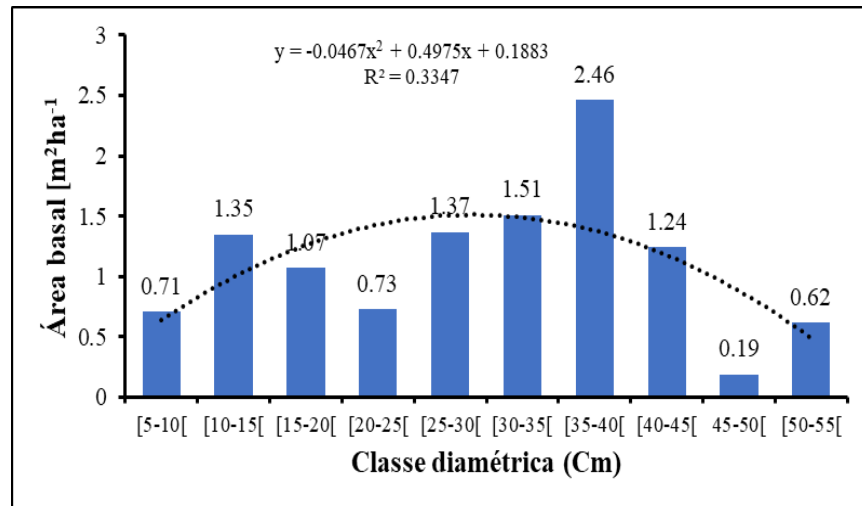


Figura 16: distribuição da área basal das classes diamétricas

Na Figura 17 observa-se a variação de 0.2 a 0.8 m<sup>2</sup>/ha das áreas basal nas 50 sub-parcelas de que compõem a parcela. As sub-parcelas X<sub>13</sub> e X<sub>26</sub> apresentaram maiores áreas basais, como se pode verificar a tonalidade azul-claro e as sub-parcelas X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>13</sub> e X<sub>26</sub> apresentaram as menores áreas basais tendo apresentado a tonalidade azul-escura. Essas correspondem as sub-parcelas com maiores e menores dominâncias na PAP, respectivamente.

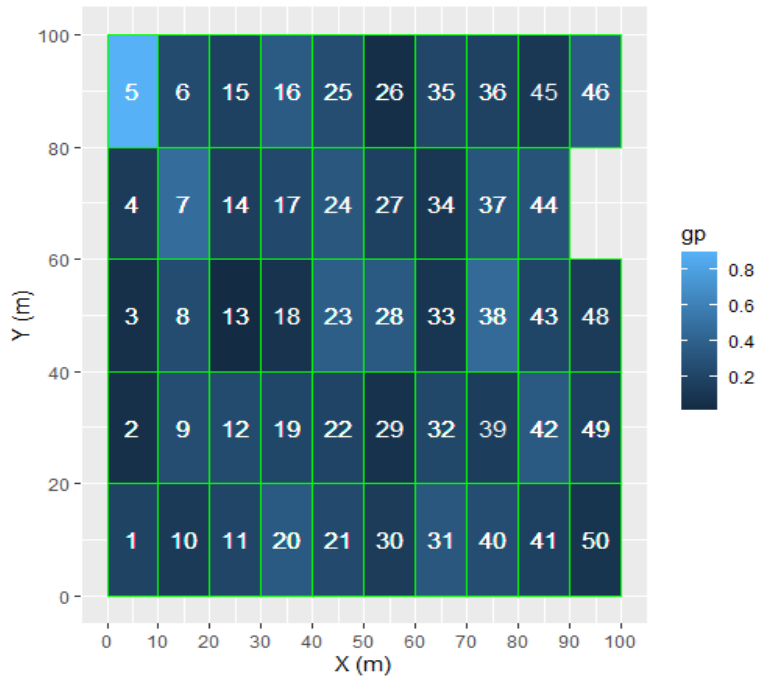


Figura 17: Distribuição da área basal dos indivíduos arbóreos com  $DAP \geq 10$  cm na Parcela NM01

### 3.6. Padrão de distribuição espacial das espécies

O padrão de distribuição espacial de uma espécie ou uma comunidade florestal ajuda a conhecer os processos sucessionais e ecológicos que são fundamentais para a compreensão de um sistema florestal e, a partir disto, adotar medidas de manejo para preservação ou conservação da floresta, como também embasar programas de recuperação (Rode *et al.*, 2010).

Na Tabela 20 são apresentados os resultados das análises dos padrões de distribuição espacial das espécies encontradas na parcela NM01, as quais apresentaram mais de três indivíduos amostrados, determinados através dos índices de Payandeh, Hazen e índice de Morisita. Das espécies analisadas, 46% apresentaram uma distribuição agrupada pelos índices de Payandeh e Morisita, e 20% tendem ao agrupamento pelo índice de Hazen.

Algumas espécies como *Catunaregam stenocarpa*, *Combretum adenogonium*, *Dalbergia nitidula* mostraram uma distribuição espacial aleatória, que variam de 42% à 46% pelos índices de Payandeh e Morisita respectivamente, e uma distribuição uniforme de *Brachystegia spiciformis*, *Julbernardia globiflora* e *Burkea africana* que variam de 7% à 11%.

Tabela 20: Padrão espacial de algumas espécies florestais encontradas na parcela NM01

Espécies	Pi	Ihi	Imi	Classificação		
				Pi	Ihi	Imi
<i>Brachystegia allenii?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Brachystegia boehmii</i>	1.8	88.8	4.4	A	A	A
<i>Brachystegia spiciformis</i>	0.9	41.5	0.8	U	NA	U
<i>Burkea africana</i>	0.9	41	0	U	NA	AL
<i>Catunaregam stenocarpa</i>	1	47	0	AL	NA	AL
<i>Combretum adenogonium</i>	1	47	0	AL	NA	AL
<i>Combretum molle</i>	1.3	63.6	4.9	A	TA	A
<i>Combretum sp?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Dalbergia nitidula</i>	1	47	0	AL	NA	AL
<i>Diospyros kirkii</i>	1.3	62.5	1.3	A	TA	A
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	1.3	61.5	2.2	A	TA	A
<i>Elephantorrhiza goetzei?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Erythrophleum africanum?</i>	2	96	49	A	A	A
<i>Hugonia orientalis</i>	1.5	72.7	4.1	A	TA	A
<i>Julbernardia globiflora</i>	0.9	45.2	0.7	U	NA	U
<i>Monotes engleri?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Não identificada 1</i>	1	46	0	AL	NA	AL
<i>Ochna kirkii</i>	2	96	49	A	A	A
<i>Philenoptera bussei</i>	1.8	84	7	A	A	A
<i>Pleurostylia africana?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	1.2	58.1	1.1	A	TA	A
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Pterocarpus angolensis</i>	1.3	61.8	2.7	A	TA	A
<i>Strychnos madagascariensis</i>	1.4	69.5	8.2	A	TA	A
<i>Swartzia spinosa?</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Terminalia stenostachya</i>	1.6	78.7	16.3	A	A	A

**Observação:** A = agrupamento; AL = aleatória; NA = não agrupamento; TA= tendência ao agrupamento; U = Uniforme, Pi = índices de Payandeh; IHi = índice de Hazen; IMi = índice de Morisita.

### 3.7. Avaliação qualitativa

Na pesquisa florestal, a análise do estado de sanidade das espécies e/ou indivíduos é um indicador importante para tomada de decisões. Os critérios usados no presente trabalho de campo para a colecta de dados se encontram descritos no manual de estabelecimento de Parcelas de Amostragem Permanente de Fernandes *et al.* (2020). Na Parcela NM01 foram inventariados um total de 276 indivíduos. Cinco parâmetros foram avaliados para saber a qualidade dos indivíduos dentro das parcelas. Fazem parte desses parâmetros, a sanidade, vigor da copa, qualidade do fuste, posição da cota e árvores em pé ou tombadas (Figura 18).

De referir que a avaliação dos parâmetros qualitativos restringiu-se apenas à indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm, o que significa que dos 276 indivíduos inventariados, 259 foram avaliados a sua qualidade.

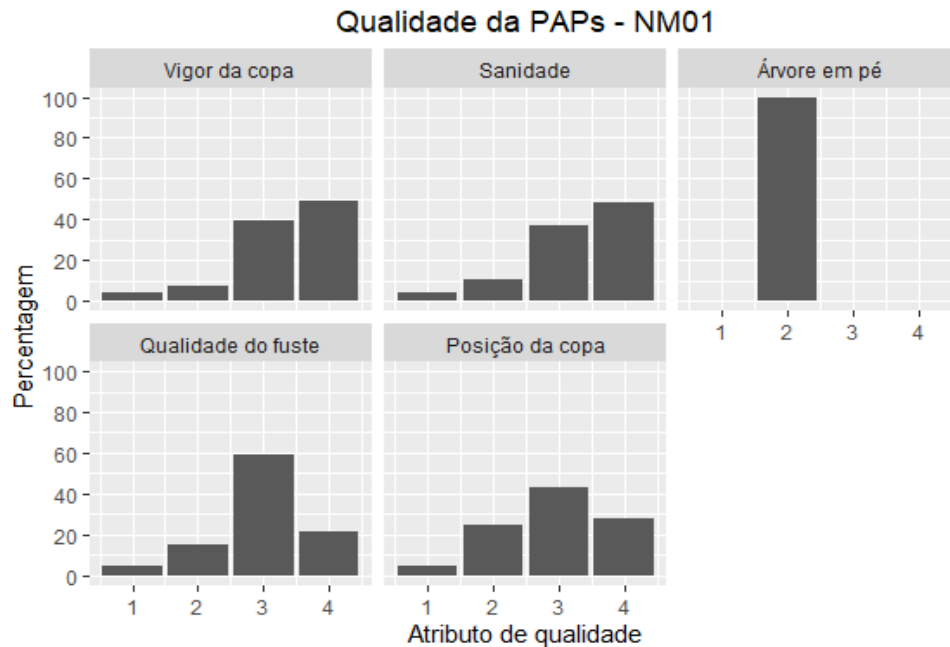


Figura 18: Distribuição da proporção de vigor da copa, sanidade, qualidade de fuste e posição da copa dos indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm na NM01

**Sanidade** é o parâmetro de extrema importância dado que ele permite saber quão saudáveis as espécies em estudo se encontram dentro das parcelas. Nisto, procurou-se saber se as plantas estão completamente sãs; danificadas por factores naturais, com possibilidade de recuperação; danificadas por acção humana com fracas possibilidades de recuperação; assim como se as mesmas se encontram mortas. Para a PAP NM01, 125 indivíduos (48.26%) foram identificados como sendo *completamente sãos*, 96 indivíduos (37.07%) foram considerados como *Danificadas por efeito de relâmpagos, fogo ou acção animal, com possibilidade de recuperação*, 28 indivíduos (10.81 %) foram identificados como sendo *Danificados por acção humana (extração da casca para fabrico de colmeias, canoas e outros usos), existência de cavidades (acção humana ou natural), e possível estrangulamento por lianas e/ou epífitos, com fracas possibilidades de recuperação*, e finalmente 10 indivíduos (3.86%) foram identificados como *Mortas (em pé ou tombada) por diversas causas* (Figura 19).

Em relação às espécies existentes dentro da parcela NM01, quanto ao estado da sanidade, nota-se que as espécies *Brachystegia spiciformis*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, e *Brachystegia boehmii* são as que mais contribuíram para o estado de completa sanidade e a espécie que apresentou maior percentagem de árvores mortas foi a *Diplorhynchus condylocarpon*.

No parâmetro **vigor da copa**, a forma da copa e a sua assimetria em relação ao tronco são indicativos da sua capacidade fotossintética e da sua correlação com o estágio de desenvolvimento até à mortalidade do indivíduo. Esse parâmetro foi avaliado com o objectivo de saber se as plantas apresentam círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste; círculo completo e distintivamente assimétrica ou fina; severamente danificadas com poucos ramos e sinais de mortalidade e morta ou aparentemente mortas. Dos 259 indivíduos de dap  $\geq$  10 cm inventariados nesta PAP, 126 indivíduos (48.65%) foram identificados como tendo *Copa formando um círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste*; 103 indivíduos (39.77 %) foram identificados como tendo *Copa de círculo incompleto e distintivamente assimétrica ou fina*; 20 indivíduos (7.72 %) foram identificados como sendo de *Copa severamente danificada com poucos ramos e sinais de mortalidade, com o seu círculo ocupando menos de metade da projecção de uma copa normal; ou indivíduo vivo sem copa*; e finalmente 10 indivíduos (3.86%) foram identificados como tendo *Copa morta ou aparentemente morta (em pé ou tombada)*. Vede figura 19 da NM01.

Quanto à **qualidade do fuste**, a forma do fuste está relacionada à rectidão do caule à uma altura comercial (Hc) de 4 m, presença de ramadas e sua posição ao longo do fuste, e defeitos dos indivíduos arbóreos. Esse parametro foi determinado para saber se na parcela existem árvores com fuste recto, cilíndrico sem defeito aparente a uma Hc de 4m; fuste recto e cilíndrico Hc inferior a 4m; fuste com forte tortuosidade ou bifurcada a metade da Hc; e fuste com várias tortuosidades. Para a PAP NM01, 153 indivíduos (59.07 %) foram identificados como sendo de *fuste recto e cilíndrico, com ramificação a 1/3 do topo da árvore, porém de Hc inferior a 4 m; ou fuste ligeiramente torto cilíndrico, desprovido de ramificações, porém com Hc maior que 4 m; ou árvore de fuste ondulado ou canelado*; 55 indivíduos (21.24 %) foram identificados como sendo de *fuste recto, cilíndrico e sem defeito aparente, a uma Hc de 4 m e de ramificação posicionada à*

*menos de 1/3 do topo da árvore*; 39 indivíduos (15.06 %) foram identificados como tendo *fuste com forte tortuosidade; ou bifurcada a metade da sua Hc*; e finalmente 4.63% o correspondente a 12 indivíduos apresentam *fustes com várias tortuosidades; ou em forma de espiral, presença de tumores e cavidades, fuste quebrado, rachado em qualquer posição; ou toíça com rebrotos*.

A posição da copa indica a **posição da copa do indivíduo em relação à luz**. Para o presente estudo, a **posição da copa**, é um parâmetro que foi definido em quatro classes sociológicas, sendo para saber se a planta é emergente (sem copas vizinhas); apresenta luz directa incidente somente por cima; recebe alguma luz (difusa) por cima ou dos lados; e está sem luz directa. Com isso, o presente estudo mostra que 111 indivíduos, o correspondente à 42.86% apresentam *Toda copa com luz directa incidente somente por cima*; 72 indivíduos (27.8%) são *Emergentes (sem copas vizinhas) recebendo luz directa todo o dia*; 64 e 12 indivíduos (24.71 e 4.63%, respectivamente) apresentam *Toda a copa recebendo alguma luz (difusa) por cima ou dos lados* e *Toda a copa sem luz directa*, respectivamente (Figura 19).

Para saber a posição que se encontram os indivíduos dentro da parcela, foram avaliadas se estas se encontram em **pé ou tombadas**. No presente estudo (NM01), quase todas plantas (258 – 99.61%) das árvores estão *em pé* e apenas uma planta (0.39%) se encontra *tombada*. A característica tombada não significa estar morta, mas sim a planta se encontra de forma obliqua e/ou horizontal e pode ser um grande indicador da presença de declividade dentro e/ou na região da parcela, ventos fortes da região e a presença de espécies fisiologicamente frágeis.

Duma forma resumida e analisando os cinco parâmetros qualitativos determinado no presente estudo (PAP NM01), figura 19, pode se dizer que, a maioria dos indivíduos (125 – 48.26%) foram identificados como sendo *completamente sãos*; 126 indivíduos (48.65%) foram identificados como tendo *Copa formando um círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste*; 153 indivíduos (59.07 %) foram identificados como sendo de *fuste recto e cilíndrico, com ramificação a 1/3 do topo da árvore, porém de Hc inferior a 4 m; ou fuste ligeiramente torto cilíndrico, desprovido de ramificações, porém com Hc maior que 4 m; ou árvore de fuste ondulado ou canelado*; 111 indivíduos o correspondente à 42.86% apresentam *Toda copa com luz directa incidente somente por cima*; e finalmente quase todas plantas (258 – 99.61%) das árvores estão *em pé*.

#### 4. CONCLUSÕES E/OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A parcela NM01 é um miombo, onde dominam indivíduos das espécies *Brachistegia Boemii* e *Julbernardia globiflora*.
- A PAP NM01 está nos interflúvios onde os terrenos apresentam uma topografia quase plana (0,5 a 2%) à suavemente ondulada (2 a 5%), a fisiografia é classificada como sendo planície de denudação.
- Em geral, o solo é moderadamente profundo (50-100 cm de profundidade efectiva); uma coloração que varia de castanho escuro no topsolo a vermelho no subsolo; não apresenta manchas em todo o perfil; a textura varia de franco-arenosa (solo superficial), gradualmente aumenta o teor de argila com a profundidade, à argilo-arenosa (subsolo).
- As espécies identificadas são pertencentes a 11 famílias botânicas, sendo a família Fabaceae a mais destacada, com maior número de espécies (11) bem como maior número de indivíduos (100).
- A diversidade de espécies arbóreas obtida com o estimador do índice de *Shannon-Weaver* ( $H'$ ), foi de 2.41 nats/ind, indicando diversidade alta da parcela.
- A realização da análise da estrutura vertical, resultou na classificação da floresta em três estratos verticais de altura total (HT): estrato inferior (EI) - árvores com  $HT \leq 6,51$  m, totalizando 168 indivíduos (38,8% do número total de plantas amostradas); estrato médio (EM) - árvores no intervalo  $6,51 \text{ m} > HT < 13,6$  m, totalizando 173 indivíduos (48,5% do número total de plantas amostradas); estrato superior (ES), árvores com  $HT \geq 13,6$  totalizando 45 indivíduos (12,7% ) do número total de plantas amostradas.
- Tratando se de uma parcela apenas de 100 x 100m não se pode concluir ainda na generalidade sobre a características da vegetação da REN.

## 5. BIBLIOGRAFIA

AMADE, A. M (2016). Dinâmica da vegetação arbórea e influência da frequência de queimadas no incremento das florestas do miombo da Reserva Nacional do Niassa entre 2005 e 2015. Tese de Licenciatura, Maputo, Mocambique.

BURROWS, J.E., BURROWS, S.M., LÖTTER, M.C. & SCHMIDT, E. (2018). Trees and Shrubs Mozambique. Publishing Print Matters (Pty), Cape Town. Page 256.

CAULDWELL, A. E., & ZIEGER, U. (2000). A reassessment of the fire-tolerance of some miombo woody species in the Central Province, Zambia. *African journal of ecology*, 138-146 DOI:10.1046/j.1365-2028.2000.00232.x.

CURTO, R. A., G. H. LOUREIRO, M. MÔRA, R. O. V. MIRANDA, S. PÉLLICO NETO & G. F. SILVA. (2014). Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. *Revista Ciências Agrárias*. 57(1): 57-66.

DORNELES, L. P. P.; NEGRELLE, R. R. B. (2000). Aspectos da regeneração natural de espécies arbóreas da Floresta Atlântica. *Heringia*, v.53, n.1, p.53: 85-100.

FELLIFELI, M.J., FABRICIO, A.C., RICARDO, F.H (2005). Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas de cerrado e pantanal. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal,2005.55 p.

FERNANDES, A.; SOUSA, C.; MAFALACUSSER, J.; ALVES, T (2020). Manual para a Instalação e Monitoria de Parcelas de Amostragem Permanentes. Maputo: UEM-FNDS-IIAM.

FERRO, B.P.A.; BOUMAN, D. (1987). Notícia explicativa da carta hidrogeológica de Moçambique, escala 1:1.000.000. Direcção Nacional de Águas (D.N.A.). Ministério da construção e águas. Moçambique.

FINGER, C. A. G. (2006). Biometria Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Anotações de aula ordenadas em sequência lógica. Santa Maria, Brasil. 283 p.

FINOL, U.H. (1971). Nuevos parametros a considerarse en el analisis estructural de las selvas virgineotropicales. Revista Forestal Venezolana, 14(21): 29-42.

HIGUCHI, N.; JARDIM, F. C. S.; SANTOS, J.; ALENCAR, J. C. (1985). Bacia 3 -Inventário diagnóstico da regeneração natural. Acta amazônica, v. 15, n. 1-2, p. 199, 233.

Comunicação No. 73. INIA, 1995. Legenda da carta nacional de solos (escala 1:1.000.000). Série Terra e Água. Maputo, Moçambique.

Comunicação No. 74. INIA/UEM. 1995. Manual para a descrição do solo e codificação para o banco de dados (SDB). Série Terra e Água. Maputo, Moçambique.

KALABA, F.K., QUINN, C.H., DOUGILL, A.J., VINYA, R., (2013). Floristic composition, species diversity and carbon storage in charcoal and agriculture fallows and management implications in Miombo woodlands of Zambia. For. Ecol. Manage. 304, 99 – 109.

KASSAM, A.H.; Van Velthuisen, H.T.; HIGGINS, G.M; CHRISTOFORIDES, A.; VOORTMAN, R.L.; SPIERS, B. (1981). Climatic data bank and length of growing period analysis. Assessment of land resources for rainfed crop production in Mozambique. FAO, Ministry of Agriculture.

LONGHI, S.J. (1980). A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria augustifolia* (Bert) O. Ktze, no sul do Brasil. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MAGALHÃES, T. M. (2016) Estimation of tree biomass, measurement uncertainties, and morphological topology of *Androstachys johnsonii* prain. Dissertation presented for the degree of Doctor of Philosophy (Forestry) at the University of Stellenbosch., Stellenbosch.

MARZOLI, A (2007) Inventário florestal nacional. DNTF, Maputo, Moçambique.

MEHTATALO, L.; DE-MIGUEL, S.; & GREGOIRE, T. G. (2015). Modeling height-diameter curves for prediction. *Canadian Journal of Forest Research*, ISSN: 12086037, 45(7): 826–837.

MUELLER-DOMBOIS, D., & ELLENBERG, H. (1974). Aims and Methods of vegetation ecology. In J. Wiley & Sons (Eds.), *Aims & Methods of Vegetation Ecology*.

NANVONAMUQUITXO, S. J. A.; MACUEIA, F. B. E. D.; CARAVELA, M. I. (2019). Estrutura e diversidade de uma floresta de Miombo em Taratibu, Norte de Moçambique. *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 6, p. 778-783.

NADKARNI, N. M., MCINTOSH, A.C.S., CUSHING, J. B. (2008). A Framework to categorize Forest structure concepts. *Forest Ecology and Management*, V. 256, pp. 872-882, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.021>

NÄSLUND, M. (1937). Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog (Forest research institute's thinning experiments in Scots pine forests). *Meddelanden frstatens skogsförsöksanstalt Häfte 29* (In Swedish).

PAIS, A. D. (2015). Efeito do Fogo na Estrutura e nos Padrões de Distribuição das Formações vegetais no Parque Nacional do Limpopo. *Tese de mestrado*. Maputo, Moçambique.

PATRÍCIO, M. S.; DIAS, C. R.G.; NUNES, L. (2022). "Mixed-effects generalized height-diameter model: A tool for forestry management of young sweet chestnut stands". *Forest Ecology and Management*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120209>.

PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D.; & the R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2019). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-111. (3.1-111.). <http://cran.r-project.org/package=nlme>

PUNGULANHE, L., (2020). Caracterização da vegetação arbórea sob diferentes regimes de queimadas na floresta de Miombo, Reserva Nacional de Gilé, Província da Zambézia. (Mestre). Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal/UEM.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing (2022). Porto, Portugal. Retrieved from <http://cran.dcc.fc.up.pt/> 61–464.

RIBEIRO, N. S., SHUGART, H. H., SWAP, R. J. and. OKIN, G. S. (2007). Five-year period of fire regime in the miombo woodlands of Niassa reserve, Mozambique. *Journal of Forest Ecology and Management*.

RIBEIRO, N. S., SHUGART, H. H. AND ALLEN, R. W. (2008). Ecological dynamics of miombo woodlands in relation to disturbances in northern Mozambique. *Journal of Forest Ecology and Management*.

RODE, R., FILHO, F. A., MACHADO, S. A. & GALVÃO, F. (2010). Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. *Floresta*,40(2): 255-268.

SAKAMOTO, Y., ISHIGURO, M., & KITAGAWA, G. (1986). Akaike information criterion statistics. Dordrecht: Reidel.

SCHWARZ, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6(2): 461–464.

SCOLFORO, J. R. S. 1998. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. LAVRAS: UFLA/FAEPE, 1998. v. 1. 443 p.

SENF, C., MORI, A. S., MÜLLER, J., SEIDL, R. (2020). The response of canopy height diversity to natural disturbances in two temperate forest landscapes. *Landscape Ecol*, 35:2101–2112, disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01085-7>

SGDRN (Sociedade de Gestão e Desenvolvimento da Reserva de Niassa). (2007). Plano de Maneio da Reserva Nacional do Niassa 2007 – 2012. *Maputo, Moçambique*, 227.

SGDRN (Sociedade de Gestão e Desenvolvimento da Reserva de Niassa). (2010). Boletim informativo da Reserva Nacional de Niassa-Outubro. Lugenda. Maputo, Moçambique.

SHIRIMA, D. D., MUNISHI, P.K.T., LEWIS, S.L., BURGESS, N.D., MARSHALL, A.R., BALMFORD, A., SWETNAM, R.D., ZAHABU, E.M. (2011). Carbon storage, structure and composition of Miombo woodlands in Tanzania's Eastern Arc Mountains. *Afr. J. Ecol.* 49, 332–342.

SIMÕES, MARCELO CRISTOVAM. (2017). Cálculo e Interpretação da Estrutura Vertical da Floresta; Mata Nativa; Vicoso MG-Brasil.

SOARES, Carlos P. B.; MARTINS, Fabrina B.; LEITE JUNIOR, Heitor U.; SILVA, Gilson F.; FIGUEIREDO, Livia T. M. (2011). Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v. 35, n. 5, p. 1039-1051.