



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA TERRA, AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL
UNIDADE DE MONITORIA RELATÓRIO E VERIFICAÇÃO DO REDD+

**Relatório do Inventário Florestal da Província da Zambézia: anexo do IV Inventário
Florestal Nacional (actualização)**

Maputo, Fevereiro de 2021

FICHA TÉCNICA

Título: Relatório do Inventário Florestal da Província da Zambézia: anexo do IV Inventário Florestal Nacional (actualização)

Publicação:

Coordenação Geral: Xavier Sakambuera Sailors

Coordenação Técnica: Aristides Muhate, Renato Timane & Julião Cuambe

Elaboração & Redacção: Sérgio Simão João

Revisão metodológica: James Alegria

Colaboração: Alismo Herculano, Cláudio Ismael Afonso, Credêncio Maunze, Délfio Mapsanganhe, Júlian Gonzalo, Joaquim Macuácuá, Hercilo Odorico, Pachis Mugas, Muri Soares, Alex Boma, Orlando Macave.

Técnicos de campo/botânicos: constam da ficha técnica do IV Inventário Florestal de Moçambique¹

¹ <https://fnds.gov.mz/mrv/index.php/documentos/relatorios/26-inventario-florestal-nacional/file>

SUMÁRIO EXECUTIVO

Introdução e metodologia

As florestas tropicais apresentam uma larga diversidade biológica que faz delas um importante fornecedor de bens e serviços ecossistêmicos, que se resume na melhoria do bem-estar social e regulação do clima. Nos últimos anos estas florestas têm vindo a registar constantes alterações, que comprometem as suas funções, devido à crescente procura por meios de sobrevivência, que é explicada pelo crescente aumento da população mundial.

O reconhecimento do papel das florestas na adaptação e mitigação das mudanças climáticas, aliado ao comprometimento de Moçambique na redução de cerca de 72.8 MtCO₂ de emissões de gases de efeito estufa, justifica a realização de inventário florestal para avaliar o potencial das diferentes formações no sequestro e *stock* de carbono. A título de exemplo, tem-se o presente inventário florestal da província da Zambézia, que é anexo ao IV inventário Florestal Nacional e que surge da necessidade de actualizar as estimativas devido a incorporação de novas unidades amostrais.

O presente relatório tem como objectivo *“Avaliar quantitativamente e qualitativamente o potencial florestal madeireiro e stocks de carbono da província da Zambézia, como instrumento de base para uma exploração florestal sustentável dos recursos madeireiros, e iniciativas de redução de emissões de carbono e sequestro de carbono (REDD+) em Moçambique”*.

O estudo foi levado a cabo na FSDIM e FSSV, e as unidades amostrais foram obtidas recorrendo à amostragem aleatória estratificada, admitindo-se um erro de amostragem máximo de 10% para o volume total. Aglomerados (cluster) de 4 parcelas foram usados para o levantamento de dados, onde foram levantados todos indivíduos arbóreos de DAP ≥ 5cm, e para efeitos de análise foi usada a parcela como unidade amostral. Foram analisados, a composição e estrutura, volumetria, CAA e *stocks* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente.

Resultado e discussão

Composição e estrutura horizontal

Ocorrem na província da Zambézia 275 espécies arbóreas e arbustivas identificadas pelos respectivos nomes científicos, das quais, 212 são espécies sem valor comercial, 4 são espécies preciosas, 12 são espécies da primeira classe, 15 são espécies da segunda classe, 19 são espécies da terceira classe, e 13 são espécies da quarta classe. Ao nível dos estratos, foram encontradas 222

espécies na FSDIM, sendo 167 espécies sem valor comercial e as restantes 55 são espécies comerciais; e na FSSV foram encontradas 185 espécies, sendo 134 espécies sem valor comercial e as restantes 51 são espécies comerciais.

Foi encontrada uma densidade arbórea de 454.18 arv.ha⁻¹ na província da Zambézia, distribuída entre 464.89 arv.ha⁻¹ na FSDIM e 422.88 arv.ha⁻¹ na FSSV; e uma área basal de 19.04 m²ha⁻¹, distribuída entre 19.83 m²ha⁻¹ na FSDIM e 16.74 m²ha⁻¹ na FSSV. A maior expressão da FSDIM nos parâmetros de densidade e área basal estão relacionados aos processos que ditam a dinâmica destas formações florestais.

Tanto a nível da província como a nível dos estratos, observou-se uma redução da abundância a partir da segunda classe de diâmetro para às classes de diâmetro posteriores, sendo essa distribuição uma indicação da possível perturbação dos indivíduos de regeneração, o que poderá comprometer a sustentabilidade ao longo de tempo dessas formações florestais.

Volumetria

A província da Zambézia apresenta um volume total e comercial de 159.58 e 64.64 m³ha⁻¹, respectivamente, o correspondente a um *stock* volumétrico de cerca de 730.54 e 295.92 milhões de m³ para o volume total e comercial, respectivamente, sendo que a maior percentagem é encontrada na FSDIM, com cerca de 79.2%. Ao nível dos estratos, a FSDIM e FSSV apresentam um volume total de 169.66 e 129.35 m³ha⁻¹, respectivamente, e um volume comercial de 68.75 e 52.32 m³ha⁻¹, respectivamente. O tamanho das árvores (altura, diâmetro) e densidade arbórea são apontadas como as razões das diferenças nas expressões destas variáveis entre as duas formações florestais.

As árvores de regeneração apresentaram uma baixa comparticipação no volume total e comercial por unidade de área, variando essa comparticipação entre 0.4-0.7% do volume; enquanto que as árvores definidas como maduras para este inventário (DAP≥40 cm), contribuíram com cerca de 46.2-48.6% no volume. Ao nível dos estratos, cinco espécies comparticipam com cerca de 42.91-62.71% no volume total na FSDIM e FSSV, e 57.63-79.54% no volume comercial na FSDIM e FSSV, e pode justificar isso, a baixa incidência da exploração florestal nestas espécies, e alta densidade arbórea destas espécies nestas formações florestais.

VCD e CAA

Nas áreas produtivas da província da Zambézia, foi encontrado um volume comercial disponível de 26.68 m³ha⁻¹, o correspondente a um *stock* volumétrico total de cerca de 56.94 milhões de m³, dos

quais 88% encontram-se na FSDIM e 12% na FSSV. Ao todo, estão disponíveis para uma exploração florestal sustentável (CAA) cerca de 1,041,860.21 m³ano⁻¹, dos quais, 854,085.01 m³ano⁻¹ encontram-se na FSDIM e 187,775.21 m³ano⁻¹ encontram-se na FSSV. A alta expressão da FSDIM está directamente relacionada a diferença de área florestal entre os dois estratos.

As espécies da segunda classe são as espécies que mais participam no CAA, com um volume estimado em cerca de 817,392.62 m³ano⁻¹, o correspondente a 78% do CAA disponível para a província. As espécies da quarta classe e preciosas são as espécies que menos participam no CAA da província. A diferença na participação entre as espécies pode ser atribuída ao número de espécies que apresentam o diâmetro mínimo de corte, como é o caso das espécies *Millettia stuhlmannii*, *Azelia quanzensis* e *Combretum imberbe* que tiveram valor nulo de CAA.

Stocks de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente

A província da Zambézia apresentou um *stock* médio de biomassa de 187.34 ton.ha⁻¹, o correspondente a 86.46 ton.ha⁻¹ de carbono e 317.03 ton.ha⁻¹ de dióxido de carbono equivalente, sendo na sua maioria encontrado acima do solo (cerca de 73.88%). A semelhança dos parâmetros descritos acima, a FSDIM foi a que apresentou maior expressão de *stocks* de biomassa, carbono e dióxido de equivalente (194.64 ton.ha⁻¹, 89.91 ton.ha⁻¹ e 329.67 ton.ha⁻¹, respectivamente) em relação a FSSV (165.19 ton.ha⁻¹, 75.99 ton.ha⁻¹ e 278.63 ton.ha⁻¹, respectivamente), e isso está relacionado a diferença na densidade arbórea entre as duas formações florestais.

Precisão do inventário

De forma geral, o inventário produziu um erro de amostragem aceitável, isso porque o erro de amostragem para o volume total, que é a variável de interesse para a estimativa do tamanho da amostra foi de 9.56%, valor abaixo do erro de amostragem máximo permitido para este inventário, que é de 10%, o que valida os resultados deste inventário.

Conclusões e recomendações

A abordagem nacional para alocação de unidades amostrais, pese embora tenha produzido uma precisão aceitável, **recomenda-se** que se conduzam próximos inventários numa abordagem provincial para análise provincial, e não combinação de abordagens como é o caso deste inventário, isso permitirá aumentar a precisão das futuras estimativas.

O CAA mostrou que, do conjunto das espécies mais exploradas na província da Zambézia, a *Millettia stuhlmannii*, *Azelia quanzensis* e *Combretum imberbe* não apresentam tamanho que permita sua exploração sustentável, daí que se **recomenda** que seja vedada a exploração destas espécies na província, até que novos estudos sejam levado à cabo e os resultados provem o contrário. Devido a alta participação das espécies de segunda classe, aliado à alta pressão sobre as espécies preciosas e da primeira classe, **recomenda-se** a promoção das espécies secundárias através de condução de pesquisas científicas sobre propriedades físicas e mecânicas da madeira destas espécies, como forma de encontrar espécies que podem substituir as espécies preciosas e de primeira classe, que actualmente são demandadas na província.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Objectivos.....	12
1.1.1. Objectivo geral.....	12
1.1.2. Objectivos específicos.....	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1. População alvo e quadro amostral.....	14
2.2. Desenho amostral.....	15
2.3. Unidade amostral.....	16
2.4. Colecta de dados.....	17
2.5. Pre-processamento dos dados.....	17
2.5.1. Volumetria.....	17
2.5.2. Corte anual admissível.....	18
2.5.3. Biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e).....	19
2.6. Processamento de dados.....	21
2.6.1. Estimativa das médias e suas incertezas.....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1. Número de espécies, número de árvores e área basal.....	25
3.2. Estrutura diamétrica.....	27
3.3. Volumetria.....	29
3.3.1. Volume total e comercial.....	29
3.3.2. Distribuição volumétrica.....	31
3.4. Corte anual admissível.....	34
3.5. Stocks de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente.....	39
3.6. Precisão das estimativas.....	42
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	44
4.1. Conclusões.....	44
4.2. Recomendações.....	45
5. REFERÊNCIA.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área florestal total e número de clusters em cada estrato	16
Tabela 2: Áreas florestais produtivas e não produtivas por estrato	19
Tabela 3: Lista de equações alométricas usadas para estimativas da biomassa acima e abaixo do solo	20
Tabela 4: Médias e incertezas do DAP, altura total e comercial, densidade e área basal por estrato...	26
Tabela 5: Distribuição das abundâncias por classe de diâmetro nos dois estratos	27
Tabela 6: Volume total e comercial por estrato	30
Tabela 7: Distribuição do volume total e comercial por classe comercial	31
Tabela 8: Distribuição do volume total por classe de diâmetro.....	32
Tabela 9: Distribuição do volume comercial por classe de diâmetro	32
Tabela 10: Comparticipação das espécies arbóreas na volumetria na FSDIM.....	33
Tabela 11: Comparticipação das espécies arbóreas na volumetria na FSSV	33
Tabela 12: Volume comercial disponível e corte anual admissível na FSDIM e FSSV	34
Tabela 13: Corte anual admissível por classe comercial na FSDIM e FSSV	35
Tabela 14: Corte anual admissível para espécies preciosas na FSDIM e FSSV.....	36
Tabela 15: Corte anual admissível para espécies da primeira classe na FSDIM e FSSV	36
Tabela 16: Corte anual admissível para espécies da segunda classe na FSDIM e FSSV	36
Tabela 17: Corte anual admissível para espécies da terceira classe na FSDIM e FSSV	37
Tabela 18: Corte anual admissível para espécies da quarta classe na FSDIM e FSSV.....	37
Tabela 19: <i>Stocks</i> de biomassa abaixo e acima do solo na FSDIM e FSSV	39
Tabela 20: Carbono armazenado na biomassa abaixo e acima do solo na FSDIM e FSSV	40
Tabela 21: Dióxido de carbono equivalente na FSDIM e FSSV	41
Tabela 22: Erro amostragem do número de árvores, área basal e volumes por estrato	42
Tabela 23: Erro padrão e de amostragem do stock de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente por estrato	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidade amostral (cluster).....	17
Figura 2: Histograma da distribuição diamétrica.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS

AGB: Biomassa acima do solo.

AGC: Carbono acima do solo. Carbono armazenado na biomassa acima do solo.

BGB: Biomassa abaixo do solo (biomassa do sistema radicular).

BGC: Carbono abaixo do solo (carbono do sistema radicular).

C: Carbono.

CAA: Corte anual admissível.

CC: Ciclo de corte.

CO_{2e}: Dióxido de carbono equivalente.

DAP: Diâmetro à altura do peito (1.3 m acima do nível do solo).

DMC: Diâmetro mínimo de corte.

Fp: Factor de perdas.

FSDIM: Floresta Semi-decídua Incluindo o Miombo.

FSSV: Floresta Semi-sempre verde.

G: Área basal.

IC: Intervalo de confiança.

M.ton: Milhões de toneladas

TB: Biomassa total (BGB + AGB).

TC: Carbono total (BGC + AGC).

Vc: Volume comercial.

VCD: Volume comercial disponível.

Vt: Volume total.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais consideradas como formações florestais com alta gama de diversidade de biomas (ecossistemas terrestres), delimitadas pelos trópicos e correspondendo cerca de 44% da cobertura florestal mundial (GNFT, 2012) e cerca de 50% da cobertura florestal africana, constituem ecossistemas bastante complexos, dinâmicos, e ricos em diversidade biológica (CEC, 2008), e têm sido vistas como sendo uma resposta eficaz ao problema das mudanças climáticas, no que diz respeito a adaptação, mitigação e resiliência. As florestas tropicais para além do seu papel nas mudanças climáticas, têm contribuído bastante para o desenvolvimento socioeconómico através do fornecimento de bens e serviços provenientes da vasta gama da sua diversidade biológica (FAO, 2018).

Embora o papel das florestas tropicais na melhoria do bem-estar social, e regulação dos ciclos relativos ao clima (Kalaba *et al.*, 2013), nos últimos tempos, as mesmas têm sido alvo de constantes alterações na sua estrutura, composição e *stocks* de biomassa, o que conseqüentemente compromete o fornecimento de bens e serviços ecossistémicos, aumentando desta forma a vulnerabilidade das populações humanas, principalmente para os habitantes das zonas rurais que muito dependem imediatamente dos serviços dos ecossistemas, e que têm uma capacidade inferior para substituir os serviços prestados pelas florestas (SCBD, 2006).

Segundo Muller *et al.* (2005), as alterações das florestas são movidas pela crescente procura por novas áreas agrícolas, produção de carvão vegetal, extracção de madeira, extracção mineira, estabelecimento de novos assentamentos humanos, entre outras razões. E a crescente procura acima citada, está relacionada ao modelo económico vigente “*aumento da produção como forma de garantir o bem-estar social*” e o crescimento da população global “*6 bilhões de habitantes no ano de 2000, para cerca de 7 bilhões de habitantes no ano de 2015*” (Nascimento *et al.*, 2004). A título de exemplo, Moçambique tem o sector agrário (agricultura, pecuária, etc.) como um dos pilares para a sua economia, e isso contribuiu em parte para a redução da área florestal dos 40 milhões de hectares em 2007 para os actuais 34 milhões de hectares em 2018 (MITADER, 2018a).

O recente reconhecimento de que as mudanças climáticas são uma realidade e que as mesmas não podem ser mitigadas sem considerar as acções que reduzam as emissões de carbono por desmatamento e degradação florestal (Pearson *et al.*, 2005), são evidentes as iniciativas que procuram legitimar o papel das florestas dos países em desenvolvimento no sequestro e *stock* de carbono na sua biomassa (Kalaba *et al.*, 2013), e assim procurar reverter o actual cenário da redução

da área florestal global (FAO, 2018). A título de exemplo, temos o comprometimento de Moçambique na Cop 21 (Paris em 2015) na redução das emissões de gases de efeito estufa, na qual o país se comprometeu em reduzir as emissões anuais em cerca de 72.8 MtCO₂ até o ano de 2030, através de iniciativas como, a conservação das florestas, restauração das florestas degradadas, estabelecimento de plantações florestais, manejo de florestas nativas, e outras acções que visam a redução da cobertura florestal, como a promoção de sistemas agro-florestais, introdução de tecnologias melhoradas de energia de biomassa (fogões e fornos melhorados), entre outras iniciativas (MITADER, 2016a).

O comprometimento de Moçambique na redução das emissões de gases de efeito estufa implica necessariamente a valorização económica das florestas no sequestro e *stock* de carbono (Nhantumbo, 2012), e isso passa por uma avaliação da capacidade no sequestro e *stock* de carbono das mesmas (Siteo *et al.*, 2013), sendo o inventário florestal, o meio eficaz para o efeito, pois, para além de legitimar o papel de uma formação florestal nas mudanças climáticas, permite também avaliar a potencialidade madeireira, o que contribui para uma exploração florestal sustentável. Tendo em conta a necessidade de incorporar novas unidades amostrais não levantadas no decurso do IV Inventário Florestal Nacional na província da Zambézia por razões sociais, e assim actualizar as estimativas de *stocks* de madeira e carbono para a província da Zambézia, foi produzido o presente relatório, que para além de actualizar os resultados, também tem um papel importante na melhoria das estimativas ao nível da província.

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo geral

- Avaliar quantitativamente e qualitativamente o potencial florestal madeireiro e *stocks* de carbono da província da Zambézia, como instrumento de base para uma exploração florestal sustentável dos recursos madeireiros e iniciativas de redução de emissões de carbono e sequestro de carbono (REDD+) em Moçambique.

1.1.2. Objectivos específicos

- Caracterizar a composição florística e estrutura horizontal dos diferentes tipos florestais na província da Zambézia;

- Determinar o volume total e comercial, e por unidade de área do *stock* de madeira para espécies comerciais e não comerciais para a província da Zambézia;
- Estimar o volume de madeira de espécies comerciais disponível para uma exploração florestal sustentável (CAA) para a província da Zambézia;
- Estimar os *stocks* de carbono abaixo e acima do solo contidos na biomassa arbórea, e o respectivo dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) nos diferentes tipos florestais da província da Zambézia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. População alvo e quadro amostral

Considerou-se como população alvo deste inventário a Floresta Semi-decídua incluindo Miombo (FSDIM) e Floresta Semi-sempre Verde (FSSV), e foi considerado floresta para efeito deste inventário a abordagem trazida por Falcão e Noa (2016) na qual consideram de floresta, terras geográficas com uma área mínima de 1 hectare, composta por árvores com potencial de atingir 3 metros na maturidade e com cobertura de copa igual ou superior que 30% (Falcão & Noa, 2016). A FSDIM é uma formação florestal composta pela floresta de Miombo e outras formações florestais decíduas, e por sua vez a FSSV é um conjunto de formações florestais onde fazem parte a floresta de galeria, a floresta de montanha e floresta semi-sempre verde que não seja de galeria e/ou de montanha.

Considera-se floresta de Miombo, a formação florestal caracterizada pela presença e domínio das espécies dos géneros *Brachystegia*, *Julbernardia* e *Isoberlina*, estando essa formação localizada em zonas com PMA acima dos 700 mm e em solos pobres, e sendo a mesma formação dividida em Miombo húmido e Miombo seco (classificação climática). O Miombo seco ocorre em áreas com PMA inferior a 1000 mm, com alturas das árvores raramente a ultrapassarem os 15 m, e domínio das espécies *Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia boehmii* e *Julbernardia globiflora*; enquanto o Miombo húmido ocorre em regiões de PMA acima dos 1000 mm, com altura das árvores a ultrapassarem os 15 m, e dominado pelas espécies *Brachystegia floribunda*, *Brachystegia longiflora*, *Julbernardia paniculata* e *Isoberlinia* (Timberlake *et al.*, 2010). Em Moçambique o Miombo é a formação mais extensa, sendo na sua maioria encontrada na região Centro e Norte (MICOA, 2009), com espécies comerciais a representarem apenas 7% do volume comercial de todas espécies encontradas (Siteo *et al.*, 2010).

Por sua vez, as outras formações florestais decíduas também denominadas por florestas indiferenciadas, são formações florestais que apresentam uma composição florística diferente da encontrada no Miombo e Mopane (White, 1983), podendo serem encontradas, em alguns casos, nestas formações, algumas espécies características do ecossistema de Miombo, mas que pela sua baixa dominância não são considerados de ecossistemas de Miombo (Palgrave *et al.*, 2007).

Considera-se de floresta de galeria segundo Veneklaas *et al.* (2005), as faixas estreitas de florestas associadas aos cursos de água, podendo as mesmas sofrer secas na estação seca e inundações na estação chuvosa. Considera-se floresta de montanha, as formações florestais que ocorrem em terras com uma altitude igual ou superior a 2500 m ou em terras com uma altitude de 300-2500 m com uma mudança brusca na elevação a uma curta distância (FAO, Sd.). E a floresta semi-

sempre verde é uma formação florestal intermediária entre a floresta tropical perene e a floresta decídua, caracterizada por uma camada superior das árvores desfolhadas durante parte do ano, e camada inferior das árvores com folhagem perene (Dittus, 1977).

2.2. Desenho amostral

Os dados da província da Zambézia foram levantados recorrendo a amostragem aleatória estratificada restrita, tendo sido considerado como critério de restrição uma grelha de pontos de 4 km* 4 km sobreposta ao mapa florestal do país numa abordagem nacional. Foram considerados como estratos para a província da Zambézia, a Floresta Semi-decídua Incluindo Miombo (FSDIM) e a Floresta Semi-sempre Verde (FSSV), conforme reportado no IV Inventário Florestal Nacional (MITADER, 2018b).

Para a estimativa do número de unidades amostrais para a população de interesse recorreu-se a amostragem aleatória simples restrita com reposição (população infinita), que teve como base para estimativa do número de unidades amostrais um erro de inventário admissível de até 10%, tendo sido considerado como fonte de dados de suporte (medidas de dispersão “desvio padrão”) os dados produzidos no inventário florestal de Marzoli. Para o efeito as seguintes equações foram utilizadas, sendo a primeira equação usada para estimativa de número total de unidades amostrais da população (população infinita), e a segunda para estimativa do número total de unidades amostrais para cada estrato.

$$n = \frac{t^2 * (\sum_{h=1}^L Ph * Sh)^2}{(E)^2} \quad (\text{Equação 1})$$

$$nh = \frac{Ph * Sh}{\sum_{h=1}^L Ph * Sh} * n \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: n é o número total de unidades amostrais na população, n_h é número total de unidades amostrais de cada estrato, t é o valor t do teste de *Student* para um número infinito de graus de liberdade, p_h é a proporção da área do estrato h (A_h) em relação à área total (A), L é o número total de estratos na população, s_h é o desvio padrão do estrato h , e E é o erro admissível para o valor médio. Para efeito de estimativa do valor t da equação acima, foi considerado um nível de significância de 5% (probabilidade de 95%) e um número infinito de grau de liberdade (MITADER, 2018b).

Tabela 1: Área florestal total e número de clusters em cada estrato

Estrato	Área total [ha]	Proporção	Clusters [Nr.]	Proporção
FSDIM	3,411,076	0.75	81.00	0.63
FSSV	1,166,766	0.25	47.00	0.37
População	4,577,842.00	1.00	128.00	1.00

2.3. Unidade amostral

Para o presente inventário considerou-se de unidade amostral, um aglomerado de 4 parcelas denominado de cluster. O cluster usado foi de formato quadrado (100 m * 100 m) composto por parcelas rectangulares (20 m * 50 m) localizadas nos quatro quadrantes do cluster e separadas uma da outra por uma distância de cerca de 40 m. Por sua vez, cada parcela foi composta por 4 sub-parcelas de 25 m * 10 m de dimensões (A, B, C e D), também denominados de blocos (figura 1).

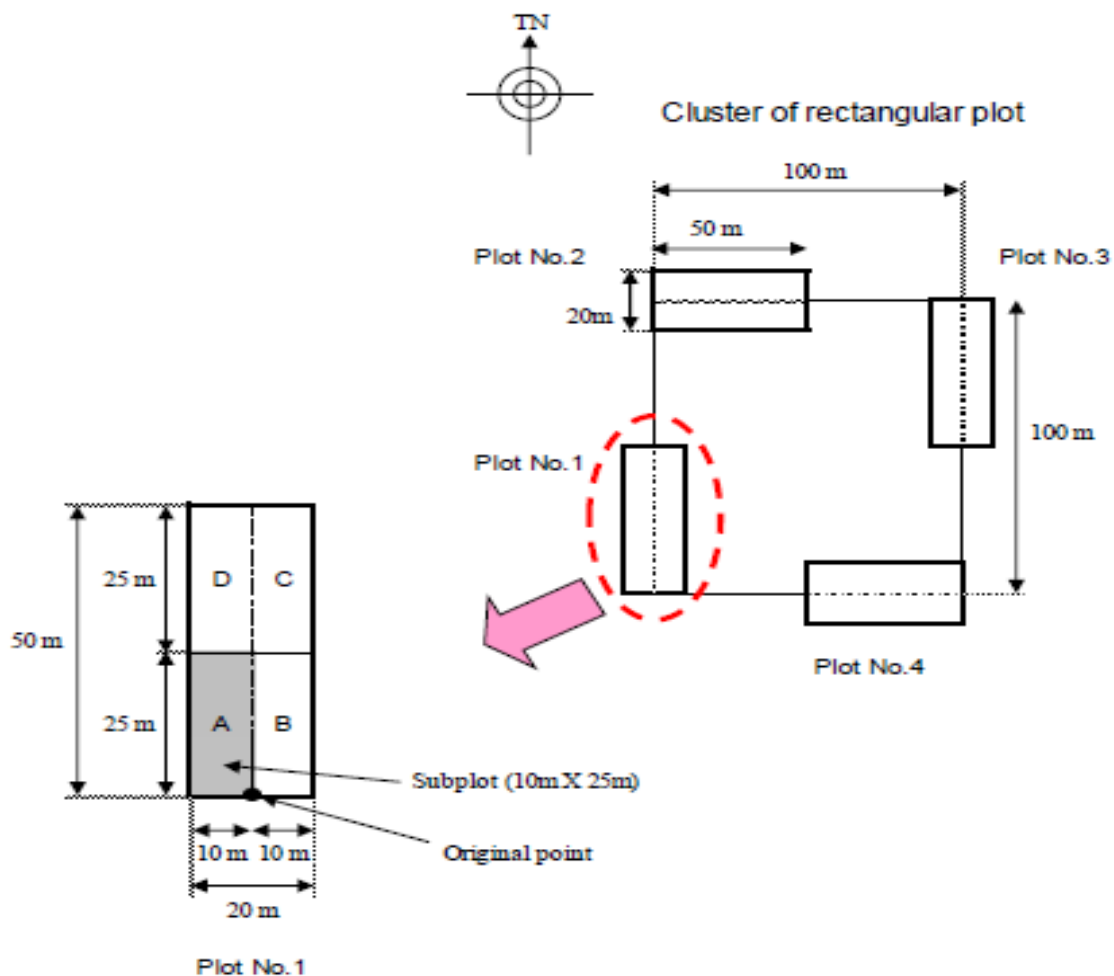


Figura 1: Unidade amostral (cluster)

2.4. Colecta de dados

Ao nível de campo o seguinte grupo de dados foi colectado: informação da parcela, informação do uso e cobertura de terra, informação das árvores vivas, informação da liteira e solos, e informação das árvores caídas e/ou mortas. Informações das parcelas e de uso e cobertura de terra foram colectados com intuito de dar subsídio a validação ou mesmo actualização da estratificação definida a quando da planificação do inventário ao nível do escritório. Informações das árvores caídas, liteira e solo, foram colectadas com objectivo de estimar os teores de carbono contido na matéria morta, na liteira e no solo orgânico a uma profundidade de 30 cm. Já a informação das árvores vivas foi colectada com objectivo de estimar os *stocks* de madeira e biomassa abaixo e acima do solo.²

Do conjunto de informação colectada, o presente relatório reportou apenas dados das árvores vivas. Para o efeito de levantamento de dados das árvores vivas, as mesmas foram classificadas em duas classes, sendo, a classe de árvores adultas ($DAP \geq 10$ cm) e a classe de árvores de regeneração estabelecida ($10 \text{ cm} > DAP \geq 5$ cm). Embora autores como Hammarstrand & Sarnberger (2013) “*recomende a não inclusão dos indivíduos de classe diamétrica abaixo de 10 cm na estimativa de carbono devido a vulnerabilidade a perturbação que esses indivíduos estão sujeitos, e sua consequente redução na probabilidade de contribuição nos stocks de carbono ao longo do tempo*”, o presente relatório considerou esses indivíduos porque para além da estimativa dos *stocks* de carbono e volumes disponíveis para uma exploração florestal sustentável (árvores adultas), as árvores de regeneração são tidas como bons indicadores para avaliar o estado de conservação e o futuro das florestas (Ribeiro *et al.*, 2002).

Informações das árvores adultas foram obtidas em todas as quatro sub-parcelas (blocos) da parcela, enquanto que das árvores de regeneração estabelecida apenas foram levantadas na sub-parcela “A” (figura 1) de cada parcela. De salientar que devido ao desafio de impossibilidade de identificar algumas árvores ao nível de campo, espécimes foram colectados e levados para o herbário da Universidade Eduardo Mondlane (LMU) onde se fez a posterior identificação das árvores e/ou arbustos por taxionomistas.

Pré-processamento dos dados

2.4.1. Volumetria

² Detalhes omissos do levantamento de dados encontram-se em: <https://www.fnds.gov.mz/index.php/documentos/quioes/35-directrizes-do-inventario-florestal-nacional/file>.

O volume é um parâmetro dendrométrico de grande importância para o diagnóstico do potencial madeireiro de uma formação florestal, podendo esse ser, volume total (V_t) e volume comercial (V_c). A distinção entre o volume total e comercial está relacionado directamente com a altura total (h_t) e altura comercial (h_c). Abaixo estão alistadas as expressões usadas para estimativas dos volumes. Considerou-se para cálculo do volume comercial apenas as espécies de valor comercial, conforme definido pelo Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Decreto No 12/2002), incluindo suas rectificações por Diplomas Ministeriais.

$$V_t = \frac{\pi}{4} * DAP^2 * h_t * ff_t \quad [m^3] \quad (\text{equação 3})$$

$$V_c = \frac{\pi}{4} * DAP^2 * h_c * ff_c \quad [m^3] \quad (\text{equação 4})$$

Onde: π é pi (3.1416), DAP é o diâmetro à altura do peito expresso em metros, ff_t e ff_c são os factores de formas para o volume total e comercial, respectivamente. O factor de forma é um factor usado para corrigir o volume das árvores devido a conicidade das árvores. Para efeito deste relatório foram considerados 0.65 e 0.80 como factor de forma para o volume total e comercial, respectivamente, e mesmos valores foram usados por Cuambe (2005), Marzoli (2007) e MITADER (2018b).

2.4.2. Corte anual admissível

O Corte anual admissível (CAA) é o volume anual máximo de madeira disponível que garanta uma exploração florestal sustentável. E sua determinação resulta da combinação do *stock* comercial (VCD) em pé existente, ou seja, volume comercial das espécies encontradas apenas dentro das áreas produtivas, do ciclo de corte (CC) e das perdas anuais em volume (F_p).

$$CAA_h = \frac{VCD_h * F_p}{CC} \quad [m^3/\text{ano}] \quad (\text{equação 5})$$

$$VCD_h = V_c h a^{-1}_h * A_h \quad (\text{equação 6})$$

Onde: CAA é o corte anual admissível no estrato h , VCD é o *stock* de madeira comercial em pé das espécies comerciais que alcançaram o diâmetro mínimo de corte no estrato h , F_p é o factor de perdas, CC é o ciclo de corte, $V_c h a^{-1}_h$ é o volume comercial por unidade de área (médio) encontrado na área produtiva h , e A_h é área produtiva do estrato h (tabela 2).

Tabela 2: Áreas florestais produtivas e não produtivas por estrato

Estrato	Área total [ha]	Área não produtiva [ha]	Área produtiva [ha]
FSDIM	3,411,076	1,343,497	2,067,579
FSSV	1,166,766	631,426	535,340
População	4,577,842	1,974,923	2,602,919

O factor de perdas (F_p) é um factor usado para corrigir o *stock* comercial em pé de madeira, e o uso deste factor resulta do reconhecimento de que existem perdas no *stock* comercial de madeira resultantes do corte ilegal, queimadas descontroladas, mortalidade natural, e entre outras causas. Autores como Saket (1994) e Marzoli (2007) adoptaram nos seus relatórios de inventário um factor de perdas de 0.8 na estimativa do CAA, e por sua vez o último relatório de inventário florestal produzido pelo MITADER (2018b) adoptou um factor de perdas de 0.60³, e isso resultou da tentativa de corrigir ou acomodar o incremento da exploração ilegal em Moçambique que contribui para o aumento das perdas. O presente relatório adoptou o mesmo factor de perdas adoptado pelo MITADER (2018b), e isso deve-se ao facto deste presente relatório ser anexo do IV inventário Florestal Nacional.

O ciclo de corte (CC) corresponde ao período compreendido entre dois cortes selectivos sucessivos na mesma área, e é inversamente proporcional ao crescimento diamétrico (CC = intervalo de classe de diâmetro/crescimento diamétrico). Embora a existência de esforços na tentativa de estabelecer parcelas permanentes para estudo da dinâmica das florestas moçambicanas, existe ainda défice de informação sólida sobre o crescimento das florestas em Moçambique. Dada a limitação da informação relacionada ao crescimento diamétrico, recorreu-se ao valor de crescimento de 2.5 mm/ano reportado por Saket *et al.* (1999) que se traduz em um ciclo de corte de 40 anos para todas as espécies nativas em Moçambique.

2.4.3. Biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente (CO₂e)

A biomassa florestal definida como sendo o peso ou massa seca do tecido vegetal das árvores contida abaixo e acima do solo (Walker *et al.*, 2004) foi estimada recorrendo à um conjunto de equações alométricas desenvolvidas e/ou ajustadas para a FSDIM, FSSV e para espécies específicas,

³ Detalhes da escolha do factor de perda de 0.6 encontram-se em: <https://fnds.gov.mz/mrv/index.php/documentos/relatorios/26-inventario-florestal-nacional/file>.

sendo elas, a *Millettia stuhlmannii*, *Pterocarpus angolensis* e *Azelia quanzensis* (tabela 3). Tendo em conta que o Miombo húmido (Miombo alto) é uma das formações que compõe a FSSV, a equação alométrica da FSDIM (Mugasha *et al.*, 2013) também foi usada para estimar a biomassa das espécies *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora*, em virtude destas terem sido usadas no ajuste desta equação.

Tabela 3: Lista de equações alométricas usadas para estimativas da biomassa acima e abaixo do solo

Estrato	Tipo Florestal e/ou espécie	Biomassa acima do solo (AGB) [kg]	Biomassa abaixo do solo (BGB) [kg]
Floresta semi-decídua	Floresta semi-decídua incluindo Miombo (aberta e fechada)	$\hat{Y} = 0.0763 * DAP^{2.2046} * H^{0.4918}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$
		Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)
	<i>Azelia quanzensis</i> Welw.	$\hat{Y} = 3.1256 * DAP^{1.5833}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$
		Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)
	<i>Millettia stuhlmannii</i> taub.	$\hat{Y} = 5.7332 * DAP^{1.4567}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$
		Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)
<i>Pterocarpus angolensis</i> DC.	$\hat{Y} = 0.2201 * DAP^{2.1574}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$	
	Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)	
Floresta semi-sempre verde	Floresta semi-sempre verde (aberta e fechada)	$\hat{Y} = \exp(-2.289 + 2.649 \ln(DAP) - 0.021(\ln(DAP))^2)$	$\hat{Y} = AGB * R/S; \quad R/S = 0.275$
		Autor: IPCC (2003)	Autor: Monkany <i>et al.</i> (2006)
	Floresta semi-sempre verde de montanha (aberta e fechada)	$\hat{Y} = 0.0613 * DAP^{2.7133}$	$\hat{Y} = AGB * R/S; \quad R/S = 0.275$
		Autor: Lisboa <i>et al.</i> (2018)	Autor: Monkany <i>et al.</i> (2006)
	<i>Azelia quanzensis</i> Welw.	$\hat{Y} = 3.1256 * DAP^{1.5833}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$
		Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)
<i>Millettia stuhlmannii</i> taub.	$\hat{Y} = 5.7332 * DAP^{1.4567}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$	
	Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)	
<i>Pterocarpus angolensis</i> DC.	$\hat{Y} = 0.2201 * DAP^{2.1574}$	$\hat{Y} = 0.1766 * DAP^{1.7844} * H^{0.3434}$	
	Autor: Mate <i>et al.</i> (2014)	Autor: Mugasha <i>et al.</i> (2013)	

Onde: \hat{Y} representa a biomassa estimada (acima ou abaixo do solo), DAP é o diâmetro a altura do peito, H é a altura total, e R/S é razão raiz/parte aérea.

O teor de carbono contido na matéria seca (biomassa) das árvores e/ou arbustos foi obtido aplicando o factor de conversão de biomassa em carbono. Estudos indicam que o teor de carbono contido na biomassa pode variar de 0.45 à 0.50 Kg C/ Kg de matéria seca (Condit, 2008), mas para este estudo adoptou-se o factor de conversão de 0.47 proposto no guião de boas práticas do IPCC (2006). O dióxido de carbono equivalente (CO₂e) que expressa a quantidade de gases de efeito estufa em termos equivalentes da quantidade de dióxido de carbono foi obtido aplicando o factor de

conversão de carbono em dióxido de carbono equivalente, tendo sido usado factor de conversão de 44/12 proposto no guião de boas práticas do IPCC (2006).

$$C = \hat{Y} * 0.47 \quad (\text{equação 7})$$

$$CO_{2e} = C * 44/12 \quad (\text{equação 8})$$

Onde: C é o teor de carbono, \hat{Y} é a biomassa abaixo e/ou acima do solo, CO_{2e} é o dióxido de carbono equivalente, e 0.47 e 44/12 são os factores de conversão para carbono e dióxido de carbono equivalente, respectivamente, ambos propostos no guião de boas práticas do IPCC (2006).

2.5. Processamento de dados

Diferente do relatório do IV Inventário florestal nacional⁴ que usou a parcela como unidade amostral para a estimativa dos parâmetros de interesse (média e incertezas) das variáveis de interesse (volumetria, CAA, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente), o presente relatório usou o cluster como unidade amostral, tendo para tal recorrido a abordagem de análise de dados de inventários florestais proposta por Bechtold & Patterson (2005).

A abordagem de Bechtold & Patterson (2005) foi usada para corrigir o problema de unidades amostrais (clusters) com áreas variáveis, isso porque, a informação do tipo florestal colectada em cada cluster ao nível do campo mostrou que os clusters transcendem os limites dos estratos (cluster com mais de um estrato), culminando em unidades amostrais de área variável, bem como resolver problemas de uso de um mapa para alocação das unidades amostrais e imagens de alta resolução para movimentação dos pontos.

2.5.1. Estimativa das médias e suas incertezas

Para a estimativa da média das variáveis de interesse como densidade, área basal, volumetria, CAA, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente, por unidade de área para os estratos e população, as seguintes equações abaixo propostas por Bechtold & Patterson (2005) foram usadas. A estimativa considerou algumas premissas⁵, com vista a não violar os princípios estatísticos.

⁴ Detalhes da metodologia de análise de dados do relatório do IV inventário florestal encontram-se em: <https://fnds.gov.mz/mrv/index.php/documentos/relatorios/26-inventario-florestal-nacional/file>.

⁵ **Premissas assumidas no processamento de dados:** o mapa de zoneamento agro-ecológico é o mapa base; nenhum cluster deve estar em mais de um estrato (regra coloca o cluster no estrato); agregar estratos semelhantes que não satisfaçam princípios estatísticos; os clusters não florestais no mapa base, sua informação florestal devem vir

- Média por unidade de área por estrato

$$\hat{R}_{zh} = \frac{\hat{Y}_{zh}}{\hat{X}_{zh'}} = \frac{\sum_h^H W_{zh} * \bar{Y}_{zh}}{\sum_h^H W_{zh} * \bar{X}_{zh'}} \quad (\text{equação 9})$$

Onde:

\hat{Y}_{zh} é o total da variável de interesse no estrato

$$\hat{Y}_{zh} = A_T \sum_{i=1}^{n_{zh}} \bar{W}_{zh} * \bar{y}_{zht} \quad (\text{equação 10})$$

\bar{y}_{zht} é a média da variável de interesse do estrato de interesse

$$\bar{y}_{zht} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{zh}} y_{zhit}}{n_{zh}} \quad (\text{equação 11})$$

Y_{zhit} é o valor médio ajustado da variável de interesse na unidade amostral

$$y_{zhit} = \frac{\sum_j^4 \sum_t y_{zhit}}{a_1 * \bar{p}_{ozh}} \quad (\text{equação 12})$$

\bar{p}_{ozh} é a proporção média para a variável de interesse no estrato de interesse

$$\bar{p}_{ozh} = \frac{\sum_i^{n_{zh}} \sum_j^4 a_{ozhij}}{a_0 n_{zh}} \quad (\text{equação 13})$$

a_1 é a área da unidade amostral (0.4 Ha);

$\sum a_{ozhij}$ é o somatório das áreas das unidades amostrais no estrato de interesse;

a_0 é a área do cluster (0.4 ha) e/ou área da sub-parcela (0.1);

n_{zh} é o número de unidades amostrais no estrato de interesse;

\bar{W}_{zht} é o peso da área no estrato de interesse na população ($W_{zh} = \frac{\bar{X}_{zht}}{\hat{X}_{zh'}}$);

$\hat{X}_{zh'}$ e \bar{X}_{zht} são a área média da população e estrato, respectivamente.

Para a estimativa das incertezas (variância, erro padrão, erro de amostragem e intervalo de confiança) das variáveis de interesse (densidade, área basal, volumetria, CAA, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente), por unidade de área para os estratos e população, as seguintes equações propostas por Bechtold & Patterson (2005) foram usadas:

do mapa florestal de 2016; todos clusters devem ter 4 parcelas e subparcelas; as análises devem considerar a informação do tipo florestal proveniente do mapa base, mapa florestal de 2016 e informação de campo.

- Variância da média

$$V(\hat{R}_{zz'}) = \frac{1}{\hat{X}_{z'}^2} * [v(\hat{Y}_z) + \hat{R}_{zz'}^2 * v(\hat{X}_{z'}) - 2\hat{R}_{zz'} * cov(\hat{Y}_{z'}, \hat{Y}_z)] \quad (\text{equação 14})$$

Onde:

$v(\hat{Y}_z)$ é a variância do estrato:

$$v(\hat{Y}_d) = \frac{Ar^2}{n_{zh}} [\sum_h^H W_{zht} * n_h * v * (\hat{Y}_d) + \sum_h^H (1 - W_{zht}) * \frac{n_h}{n} * v * (\hat{Y}_d)] \quad (\text{equação 15})$$

$cov(\hat{Y}_{z'}, \hat{Y}_z)$ é a co-variância da área e variável de interesse do estrato:

$$cov(\hat{Y}_{z'}, \hat{Y}_z) = \frac{Ar^2}{n_{zh}} [\sum_h^H W_{zh} * n_{zh} * cov(\bar{Y}_{zh'}, \bar{Y}_{zh}) + \sum_h^H (1 - W_{zh}) * \frac{n_{zh}}{n} * cov(\bar{Y}_{zh'}, \bar{Y}_{zh})] \quad (\text{equação 16})$$

$cov(\bar{Y}_{zh'}, \bar{Y}_{zh})$ é a co-variância da área e variável de interesse no domínio de interesse do estrato:

$$cov(\bar{Y}_{zh'}, \bar{Y}_{zh}) = \frac{\sum_i^n y_{zht} * x_{zht} - n_{zh} * \bar{Y}_{zh'} * \bar{Y}_{zh}}{n_{zh}(n_{zh} - 1)} \quad (\text{equação 17})$$

n_{zh} e n é o total de cluster para o estrato e população, respectivamente;

$\hat{X}_{z'}^2$ é a área média do estrato;

- Erro padrão e de amostragem da média

$$\overline{SE}_{zh} = \sqrt{V(\hat{R}_{zh})} \quad (\text{equação 18})$$

$$\overline{SE}\%_{zh} = \frac{\overline{SE}_{zh}}{\bar{R}_{zh}} * 100 \quad (\text{equação 19})$$

Onde:

$\overline{SE}_{zz'}$ é o erro padrão da média das variáveis de interesse do estrato;

$\overline{SE}\%_{zz'}$ é o erro de amostragem da média das variáveis de interesse.

- Intervalo de confiança da média (C.I)

$$\overline{C.I}_{zh} = \bar{Y}_{zh} + / - \overline{SE}_{zh} * \bar{t}_{zh} \quad (\text{equação 20})$$

Onde:

\bar{t}_{zh} é o valor do teste *t* de Student ($t = GL * NS$)

GL é o número de graus de liberdades do estrato ⁶

$$GL = \frac{\left(\sum V(\bar{R}_{zh}) * N_{zh} * \frac{N_{zh}-1}{n_{zh}}\right)^2}{\frac{V(\bar{R}_{zh})^2 * (N * \frac{N-1}{n})^2}{n-1}} \quad (\text{equação 21})$$

N_{zh} é o total de clusters que caberiam no estrato caso fosse feita um censo ($N_{zh} = \frac{A_{zh}}{a_1}$)

NS é o nível de significância, e para este relatório foi usado 5% (0.05).

⁶ Satterthwaite (1946)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Número de espécies, número de árvores e área basal

Do total das árvores inventariadas na província da Zambézia, foram identificadas 275 espécies arbóreas e arbustivas, das quais segundo o decreto 12/2002 da lei de florestas e fauna bravia, 63 são espécies de valor comercial e as restantes 212 espécies são actualmente classificadas como sendo espécies sem valor comercial. Do total das espécies de valor comercial encontradas, 6% são espécies preciosas, 19% são espécies da primeira classe, 24% são espécies da segunda classe, 30% são espécies da terceira classe, e 21% são espécies da quarta classe.

O número de espécies de valor comercial encontradas na província da Zambézia corresponde a cerca da metade das espécies de valor comercial existentes em Moçambique, e essa alta riqueza de espécies comerciais pode ser explicada em parte pelas características climáticas e fisiográficas da província que criam condições para que dentro da floresta de Miombo (seco e húmido) da província estejam inseridas outros tipos de formações, como por exemplo a floresta indiferenciada, floresta de montanha e floresta de galeria que caracterizam-se por elevada diversidade florística (Timberlake *et al.*, 2010).

Ao nível dos estratos, foram identificadas 222 e 185 espécies arbóreas e arbustivas na FSDIM e FSSV, respectivamente. Do total das espécies encontradas na FSDIM, 167 espécies não têm actualmente valor comercial, e das espécies de valor comercial, 4 espécies são da classe das preciosas, 11 espécies são da primeira classe, 14 espécies são da segunda classe, 18 espécies são da terceira classe, e 8 espécies são da quarta classe. Na FSSV, do total das espécies encontradas, 134 espécies são espécies actualmente sem valor comercial, 3 espécies são da classe das preciosas, 10 espécies são da primeira classe, 13 espécies são da segunda classe, 15 espécies são da terceira classe, e 10 espécies são da quarta classe.

Apesar da FSSV, que inclui a floresta de montanha e floresta de galeria, ser considerada uma das formações mais rica em termos de composição florística, resultados deste relatório contrariam esse pressuposto, visto que a FSDIM apresenta maior número de espécies arbóreas e arbustivas em relação a FSSV. A maior expressão florística da FSDIM em relação a FSSV pode ser explicada pelo facto da FSDIM da província da Zambézia incluir o Miombo húmido que em termos florísticos contém espécies da floresta húmida, floresta sempre-verde e floresta de média altitude (Marzoli, 2007), e também incluir a floresta indiferenciada, que segundo White (1983) é uma formação florestal onde para

além das espécies características e associadas ao ecossistema de Miombo, ocorrem muitas outras espécies, tornando deste modo a floresta indiferenciada rica e diversificada.

A tabela 5 abaixo ilustra a média, erro padrão e intervalo de confiança do diâmetro à altura do peito (1.30 m), altura total, altura comercial, densidade arbórea e área basal, observados na floresta semi-decídua incluindo Miombo (FSDIM) e floresta semi-sempre verde (FSSV). O intervalo de confiança foi determinado à um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 4: Medias e incertezas do DAP, altura total e comercial, densidade e área basal por estrato

Estrato	DAP [cm]	Ht [cm]	Hc [cm]	N [Arv.ha ⁻¹]	G [m ² ha ⁻¹]
	SE	SE	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
FSDIM	20.14	9.7	2.81	464.89	19.83
	0.1	0.03	0.02	29.33	1.54
	0.19	0.06	0.05	75.38	3.24
FSSV	21.16	9.09	2.41	422.88	16.74
	0.2	0.05	0.04	29.7	0.94
	0.38	0.1	0.09	76.35	2.17
População	20.4	9.54	2.71	454.18	19.04
	0.12	0.04	0.03	29.42	1.39
	0.24	0.07	0.06	75.63	2.97

Embora uma ligeira diferença na expressão de um estrato em relação ao outro (tabela 5), de uma forma geral pode-se aferir que ambos estratos apresentam mesmas características estruturais dos parâmetros de diâmetro à altura do peito, altura total e comercial. E essas semelhanças na expressão podem ser em parte justificadas pelo facto dos estratos serem constituídos por indivíduos na sua maioria das mesmas espécies e que tendem a manter as suas características fisionómicas nos dois estratos.

Com relação a densidade arbórea (número de indivíduos por unidade de área) e área basal (área da secção transversal por unidade de área), verificou-se maior expressão da densidade (10%) e área basal (18%) na FSDIM em relação a FSSV. A maior expressão da densidade arbórea e área basal na FSDIM pode estar relacionada com os processos da dinâmica natural dos tipos florestais da vegetação da província da Zambézia, e que estão directamente relacionados com a disponibilidade de recursos para o seu estabelecimento e desenvolvimento, com maior destaque para a luz, espaço e água, que conduz ao fenómeno ecológico de competição (Ribeiro *et al.*, 2002).

A FSSV é uma formação localizada em regiões sem déficit hídrico prolongado quando comparado com a FSDIM, fazendo com que nesta formação a competição por luz seja o principal factor limitante para estabelecimento e desenvolvimento de certas espécies intolerante a sombra (heliófitas) localizadas nos estratos inferiores (Lamprecht, 1990), e como consequência, as espécies ou mesmo árvores que conseguem se estabelecer tendem a investir na altura e na copa como mecanismo de limitar o estabelecimento de outras árvores ou mesmo de espécies heliófitas, e isso faz com que nesta formação tenha-se um reduzido número de árvores, mas de tamanho maior quando comparado com a FSDIM, pese embora a alta riqueza de espécies, visto que existem sempre condições para crescimento e estabelecimento das espécies.

Por sua vez a FSDIM por apresentar um déficit hídrico prolongado, acaba tendo a água como factor limitante para o estabelecimento e desenvolvimento de certas espécies, e as poucas espécies que conseguem se estabelecer tendem a investir mais na quantidade e tamanho (sementes pequenas) o que faz com que tenham maior área de dispersão, e como consequência tem-se maior número de indivíduos arbóreos nesta formação florestal. Apesar de a FSDIM ter apresentado indivíduos de menor tamanho quanto à FSSV, a alta densidade arbórea encontrada contribuiu para a maior expressão da área basal na FSDIM.

3.2. Estrutura diamétrica

Embora a diferença na expressão da densidade arbórea entre os dois estratos, ambos estratos apresentaram mesmas características no que se refere a distribuição das abundâncias por classes de diâmetro dos seus indivíduos arbóreos e arbustivos, com maior número de indivíduos concentrados nas classes de menor diâmetro, e indo decrescendo à medida que se avança para as classes de maior diâmetro (tabela 6), ou seja, uma distribuição diamétrica do tipo *J-invertido* perturbado (figura 2).

A tabela 6 abaixo ilustra a distribuição da abundância por classe de diâmetro observados na floresta semi-decídua incluindo Miombo e floresta semi-sempre verde.

Tabela 5: Distribuição das abundâncias por classe de diâmetro nos dois estratos

Classe	Densidade		
	FSDIM	FSSV	População
[5-10[	64.73	63.49	64.42
[10-15[	135.44	124.09	132.6
[15-20[	93.44	84.89	91.31

[20-25[	60.96	45.4	57.07
[25-30[	36.95	37.7	37.14
[30-35[	23.78	22.01	23.33
[35-40[	14.19	20.32	15.72
[40-45[	11.46	9.79	11.05
[45-50[	8.05	6.58	7.68
[50-55[	6.25	3.52	5.57
[55-60[	3.13	1.6	2.74
[60-65[	1.75	0.99	1.56
[65-70[	1.77	0.93	1.56
≥70	2.87	1.25	2.47
Total (DAP ≥ 5 cm)	464.79	422.56	454.23
Total (DAP ≥ 10 cm)	400.06	359.07	389.81

Nos dois estratos, as árvores de regeneração estabelecida ($10 \text{ cm} > \text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$) representaram cerca de 14% do total da densidade arbórea dos estratos, enquanto que as árvores com requisito legal para o corte ($\text{DMC} \geq 40 \text{ cm}$) representaram apenas cerca de 8 e 5% do total da densidade na FSDIM e FSSV, respectivamente. A menor expressão da abundância verificada nas classes de diâmetro superiores nos dois estratos, está associada ao efeito da mortalidade e da fisionomia das próprias árvores (árvores que por natureza não atingem tamanhos maiores).

A figura 2 abaixo ilustra a distribuição quase que decrescente (*J-invertido*) observada na floresta semi-decídua incluindo Miombo e floresta semi-sempre verde da província da Zambézia.

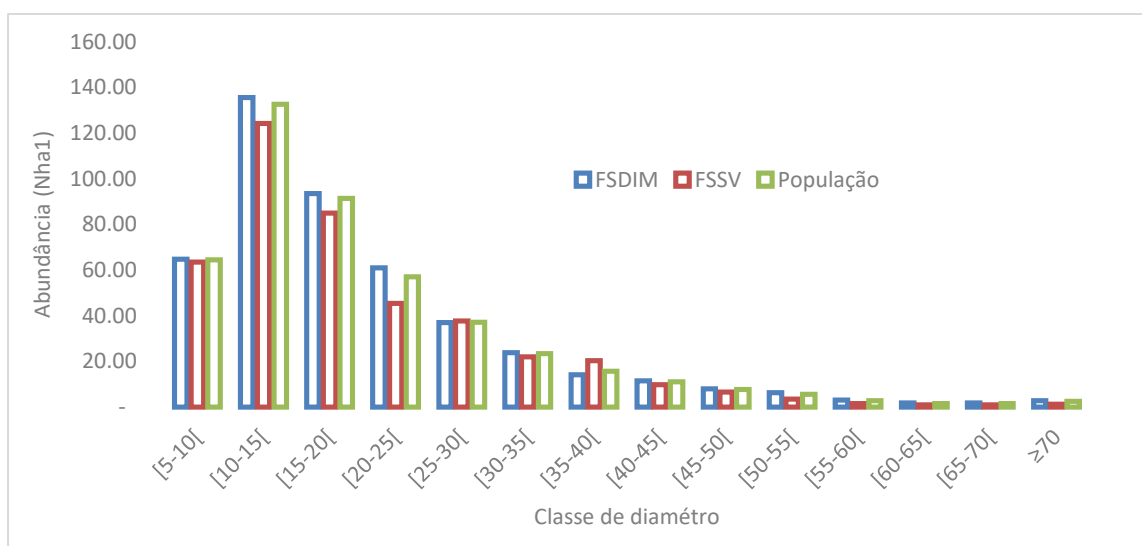


Figura 2: Histograma da distribuição diamétrica

Embora o gráfico acima ilustre um crescimento da densidade arbórea da primeira classe para a segunda classe, de forma geral pode-se considerar que o tipo de distribuição encontrado nas duas formações é uma distribuição do tipo “*J-invertido*”, que é um modelo de distribuição característico das florestas naturais multiâneas, e esse tipo de distribuição tem sido usado como indicador da garantia a primeira vista da perpetuação das florestas ao longo do tempo, pois assume-se que o elevado número de indivíduos nas classes de diâmetros inferiores tende a compensar os efeitos da mortalidade e suprir árvores para futuros cortes selectivos (Kalaba *et al.*, 2013).

O reduzido número de indivíduos arbóreos encontrados na primeira classe das duas formações florestais, a princípio sugere uma floresta perturbada do ponto de vista ecológico, visto que se espera que a mesma classe tenha mais indivíduos arbóreos em relação as classes subsequentes, que são o requisito para a sustentabilidade das formações florestais, conforme referido acima. Tendo em conta que os indivíduos destes tamanhos raramente são alvo de uma exploração, a baixa densidade arbórea desta classe pode estar ligada ao aumento da frequência das queimadas (intervalo de retorno) que é tida como uma das formas de perturbação que afecta bastante os indivíduos de regeneração, ou mesmo a fisionomia de algumas espécies arbóreas e arbustivas, que por natureza nunca atingem tamanhos maiores.

Embora a distribuição diamétrica encontrada nos dois estratos sugira uma perpetuação dessas formações florestais quando bem manejadas, a análise minuciosa através do quociente De Liocurt (q) mostrou existir certo desequilíbrio na taxa de passagem de indivíduos de uma classe para a outra, tendo essa taxa um comportamento irregular (variação entre crescente e decrescente), e esse comportamento irregular nem sempre pode sugerir uma exploração insustentável, pois algumas vezes certas espécies por causa da sua fisionomia e longevidade (exemplo são as espécies heliófitas “*Terminalia sericea*”) não passam de uma classe para outra, contribuindo assim para a flutuação do quociente De Liocurt.

3.3. Volumetria

3.3.1. Volume total e comercial

A tabela 7 abaixo ilustra a média, erro padrão e intervalo de confiança do volume total e comercial por unidade de área e *stocks* totais encontrado na FSDIM e FSSV. O volume total (V_t) e comercial (V_c) médio está expresso em metros cúbicos por unidade de área (m^3ha^{-1}), enquanto que os volumes total

(V_t) e comercial (V_c) estão expressos em milhões de metros cúbicos (M.m³). O intervalo de confiança foi determinado a um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 6: Volume total e comercial por estrato

Estrato	Vt [m ³ ha ⁻¹]	Vc [m ³ ha ⁻¹]	Vt [M.m ³ .]	Vc [M.m ³ .]
	SE	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
Floresta Semi-decidua	169.66	68.75	578.72	234.50
	17.91	9.24	61.08	31.52
	36.81	19.12	125.56	65.22
Floresta Semi-sempre verde	129.35	52.32	150.92	61.05
	12.64	6.39	14.74	7.45
	25.58	12.74	29.85	14.86
População	159.58	64.64	730.54	295.92
	16.59	8.53	75.94	39.04
	33.95	17.49	155.41	45.67

Com base na tabela abaixo, o volume médio total encontrado na FSDIM foi cerca de 31% mais expressivo que o encontrado na FSSV, e o mesmo se verificou com relação ao volume médio comercial da FSDIM que também foi cerca de 31% mais expressivo que o encontrado na FSSV. A alta expressão do volume médio total na FSDIM quando comparado a FSSV pode em parte ser explicada pela presença de árvores de maior altura total na FSDIM (pese embora a mesma formação/estrato tenham apresentado árvores de menor tamanho em relação a FSSV) e a alta densidade arbórea. Embora a FSSV tenha apresentado maior altura comercial e árvores de maior tamanho, a menor expressão do volume comercial médio em relação a FSDIM pode ser explicada pela baixa densidade arbórea das espécies de valor comercial na FSSV quando comparada a FSDIM.

Com relação aos *stocks* totais do volume total e comercial disponível na província da Zambézia, a maior participação foi encontrada na FSDIM (cerca de 79% para volume total e comercial, respectivamente) e menor expressão na FSSV (cerca de 21% para volume total e comercial, respectivamente). Embora os valores médios (volume total e comercial por unidade de área) tenham ligeira contribuição na diferença dos *stocks* totais dos volumes, a alta expressão volumétrica da FSDIM em relação a FSSV deve-se em grande parte à extensa área ocupada pela FSDIM em relação a FSSV, que corresponde a cerca de 75% da área total de florestas da província da Zambézia.

3.3.2. Distribuição volumétrica

A tabela 8 abaixo ilustra as participações das classes comerciais nos valores médios do volume total e comercial encontrados na FSDIM e FSSV na província da Zambézia. O volume total e comercial médio está expresso em metros cúbicos por unidade de área (m^3ha^{-1}). Com base na mesma tabela, verificou-se que as espécies da segunda classe são as que mais contribuem para o volume total e comercial médio na FSDIM (60 e 77% para o volume total e comercial, respectivamente) e FSSV (41 e 54% para o volume total e comercial, respectivamente), e as espécies da quarta classe são as que menos contribuem para o volume total e comercial na FSDIM (0.3 e 0.3% para o volume total e comercial, respectivamente) e na FSSV (0.5 e 0.5% para o volume total e comercial, respectivamente).

Tabela 7: Distribuição do volume total e comercial por classe comercial

Classe comercial	Volume total [m^3ha^{-1}]			Volume comercial [m^3ha^{-1}]		
	FSDIM	FSSV	População	FSDIM	FSSV	População
Não classificadas	32.99	28.88	31.96	0.00	0.00	0.00
Preciosas	0.84	2.17	1.63	0.39	1.05	0.56
Primeira classe	15.38	10.43	12.42	6.99	6.36	6.83
Segunda classe	101.97	50.10	71.02	53.22	30.14	47.45
Terceira classe	18.02	30.12	25.24	7.90	17.73	10.36
Quarta classe	0.47	0.59	0.54	0.24	0.26	0.25
Total	169.66	122.29	142.82	68.75	55.55	65.45

A alta contribuição das espécies da segunda classe deve-se a alta densidade arbórea das mesmas espécies, com destaque para as espécies dos géneros *Brachystegia* e *Julbernardia*, que por sinal são quase que inexploradas para a produção de madeira, salvo casos localizados de produção de travessas, cujo impacto acaba sendo quase que insignificante. Facto que não acontece com as espécies das duas classes comerciais acima da segunda classe, que são espécies cujos indivíduos acabam sendo explorados mesmo tendo diâmetros abaixo do mínimo estabelecido pela lei, o que se deve a alta procura pela madeira destas espécies no mercado nacional e internacional, colocando as mesmas numa situação de insustentabilidade.

As tabelas 9 e 10 abaixo ilustram as participações das classes de diâmetro nos valores médios do volume total e comercial encontrados na FSDIM e FSSV na província da Zambézia. O volume total e comercial médio está expresso em metros cúbicos por unidade de área (m^3ha^{-1}). Com

base nas tabelas, verificou-se que as árvores de regeneração compartilham com cerca de 0.7% no volume total e 0.3% no volume comercial na FSDIM, e cerca de 1.0% no volume total e 0.8% no volume comercial na FSSV; sendo as restantes participações atribuídas às árvores adultas. Por sua vez, as árvores maduras ($DAP \geq 40$ cm) compartilham com cerca de 48.9 e 35.0% no volume total e comercial, respectivamente na FSDIM, e cerca de 53.3 e 31.8% no volume total e comercial, respectivamente na FSSV.

Tabela 8: Distribuição do volume total por classe de diâmetro

Classe de diâmetro	FSDIM	FSSV	População
[5-10[	1.117	1.168	1.13
[10-15[	7.871	7.68	7.824
[15-20[	12.97	11.885	12.699
[20-25[	16.257	11.697	15.117
[25-30[	17.012	15.912	16.737
[30-35[	17.041	13.572	16.174
[35-40[	14.469	17.629	15.259
[40-45[	14.914	11.645	14.096
[45-50[	14.053	9.707	12.966
[50-55[	14.41	6.758	12.497
[55-60[	8.194	3.503	7.021
[60-65[	5.935	2.038	4.961
[65-70[	7.552	2.873	6.382
≥ 70	17.866	6.219	14.954
Total ($DAP \geq 5$ cm)	169.66	122.288	157.817
Total ($DAP \geq 10$ cm)	168.543	121.12	156.687

Tabela 9: Distribuição do volume comercial por classe de diâmetro

Classe de diâmetro	FSDIM	FSSV	População
[5-10[	0.21	0.42	0.26
[10-15[	1.91	2.83	2.14
[15-20[	4.04	4.88	4.25
[20-25[	5.48	5.06	5.38
[25-30[	7.04	7.72	7.21
[30-35[	7.28	7.37	7.3
[35-40[	6.28	9.61	7.12
[40-45[	6.32	5.56	6.13
[45-50[	6.17	4.59	5.77
[50-55[	6.06	2.68	5.21
[55-60[	3.26	1.14	2.73

[60-65[	3.00	0.95	2.49
[65-70[	4.06	0.79	3.25
≥70	7.64	1.96	6.22
Total (DAP ≥ 5 cm)	68.75	55.55	65.45
Total (DAP ≥ 10 cm)	68.54	55.13	65.19

Nos dois estratos (FSDIM, FSSV) e nos dois volumes em análise (volume total, volume comercial), verificou-se uma distribuição dos volumes semelhante a uma distribuição normal, com maiores participações verificadas nas classes diamétricas médias, e menor participação nas classes de menor e maior diâmetro. Embora a maior densidade arbórea por unidade de área nas classes de menor diâmetro, a menor participação nos volumes destas é atribuída ao menor tamanho das árvores que as caracterizam (menor diâmetro e altura); já as classes de maior diâmetro, a sua menor participação na volumetria é atribuída à baixa densidade arbórea por unidade encontrada nestas classes de diâmetro.

As tabelas 11 e 12 abaixo ilustram as cinco espécies de valor comercial que mais participam para o volume médio total e comercial na FSDIM e FSSV na província da Zambézia. A participação do volume total e comercial médio está expresso em valores percentuais (%). Com base na tabela, as cinco espécies representaram cerca de 63 e 80% do volume médio total e comercial na FSDIM, e cerca de 34 e 49% do volume médio total e comercial na FSSV.

Tabela 10: Participação das espécies arbóreas na volumetria na FSDIM

Espécies	Classe	% [Vt]	% [Vc]
FSDIM			
<i>Brachystegia spiciformis</i>	4SC	32.81	44.85
<i>Julbernardia globiflora</i>	4SC	10.91	14.06
<i>Brachystegia boehmii</i>	4SC	9.53	10.41
<i>Pterocarpus angolensis</i>	3PC	5.88	6.71
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	5TC	3.61	3.51

Tabela 11: Participação das espécies arbóreas na volumetria na FSSV

Espécies	Classe	% [Vt]	% [Vc]
FSSV			
<i>Julbernardia globiflora</i>	4SC	12.70	16.78
<i>Brachystegia spiciformis</i>	4SC	7.06	10.69
<i>Brachystegia boehmii</i>	3PC	5.22	7.99

<i>Uapaca kirkiana</i>	5TC	5.08	7.51
<i>Pterocarpus angolensis</i>	3PC	4.16	5.96

As cinco espécies que mais contribuíram para o volume médio nas duas formações florestais são na sua maioria espécies de segunda classe, sendo essas espécies menos procuradas ao nível da província para o consumo doméstico e internacional (Mackenzie, 2006; EIA, 2014), facto esse que pode explicar em parte a sua alta comparticipação no volume total médio nas duas formações, pese embora as espécies características do Miombo sejam exploradas de forma insustentável para a produção de carvão vegetal pelas comunidades locais que residem dentro ou em áreas circunvizinhas a estas florestas (Hammarstrand e Sarnberger, 2013). Embora a *Pterocarpus angolensis* seja uma das espécies mais explorada para consumo doméstico e internacional (espécie da primeira classe comercial), essa espécie continua sendo uma das espécies que mais comparticipa no volume médio (total, comercial), e isso pode ser explicado pela alta densidade arbórea encontrada nos dois estratos, que está aliado ao facto do distúrbio (queimadas descontroladas) favorecer a regeneração da mesma.

3.4. Corte anual admissível

A tabela 13 abaixo ilustra o volume comercial disponível (VCD) médio e total, e o corte anual admissível (CAA) para todas as espécies comerciais encontradas nas áreas produtivas na FSDIM e FSSV da província da Zambézia. O intervalo de confiança foi determinado a um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 12: Volume comercial disponível e corte anual admissível na FSDIM e FSSV

Estrato	VCD [m^3ha^{-1}]	VCD _t [m^3]*10 ⁶	CAA [m^3ano^{-1}]
	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)
Floresta Semi-decídua	27.54	56.94	854,085.01
	5.53	11.44	171,528.42
	15.36	31.76	476,370.20
Floresta Semi-sempre verde	23.38	12.52	187,775.21
	4.07	2.18	32,651.46
	9.61	4.85	72,750.00
População	26.68	69.46	1,041,860.23
	5.23	13.61	204,179.88
	12.25	31.89	553,539.46

O volume comercial disponível por unidade de área encontrado na FSDIM foi cerca de 18% mais expressivo que o encontrado na FSSV, e esta superioridade está relacionada à alta densidade arbórea das espécies comerciais que alcançaram o diâmetro mínimo de corte encontradas na FSDIM quando comparada a densidade arbórea encontrada na FSSV.

Com relação ao CAA, a FSDIM apresentou maior expressão do volume anual máximo disponível de madeira para uma exploração sustentável, quando comparado a FSSV, representando cerca de 82% do total da província (tabela 12), e essa alta expressão está directamente relacionada com a maior área produtiva da FSDIM em relação a FSSV, que representa 79% de toda área produtiva da província da Zambézia.

A tabela 14 abaixo ilustra a comparticipação de cada classe comercial das espécies no corte anual admissível nas áreas produtivas na FSDIM e FSSV da província da Zambézia. Com base na mesma tabela, a segunda classe das espécies comerciais é a classe que mais comparticipa no corte anual admissível total na FSDIM (84.1%) e FSSV (52.9%), seguida pelas espécies da terceira classe (7.7 e 36.8% para FSDIM e FSSV, respectivamente), primeira classe (6,8 e 9.7% para FSDIM e FSSV, respectivamente); e a menor comparticipação para corte anual admissível nos dois estratos foi encontrada na classe das espécies da quarta classe (0.8 e 0.4% para FSDIM e FSSV, respectivamente), seguido das espécies da classe das preciosas (0.6 e 0.2% para FSDIM e FSSV, respectivamente).

Tabela 13: Corte anual admissível por classe comercial na FSDIM e FSSV

Estrato	2CP [m³ano ⁻¹]	3PC [m³ano ⁻¹]	4SC [m³ano ⁻¹]	5TC [m³ano ⁻¹]	6QC [m³ano ⁻¹]	Total [m³ano ⁻¹]
FSDIM	5,171.53	58,247.36	718,052.10	66,128.71	6,485.24	854,084.94
FSSV	294.61	18,232.11	99,340.53	69,120.63	787.37	187,775.24
População	5,466.14	76,479.47	817,392.62	135,249.34	7,272.61	1,041,860.18

As diferenças das comparticipações das classes comerciais na FSDIM e FSSV podem ser explicadas em parte pelo número de espécies de valor comercial que atingiram o diâmetro mínimo de corte (tabela 15-19) em cada classe comercial. Um exemplo disso é a classe das espécies preciosas (tabela 15), na qual, na FSSV foi encontrada apenas uma espécie, enquanto que na FSDIM foram encontradas três espécies, resultando desta forma numa comparticipação no corte anual admissível

diferenciado entre as duas formações florestais (comparticipação de 0.6% para a FSDIM e 0.2% para a FSSV).

As tabelas 15-19 abaixo ilustram as participações das espécies no corte anual admissível segundo as suas classes comerciais na FSDIM e FSSV na província da Zambézia. Ao todo foram encontradas 36 espécies de valor comercial que alcançaram o diâmetro mínimo de corte, sendo 8 espécies restritas a FSDIM e 10 espécies restritas a FSSV.

Do total das espécies encontradas na província da Zambézia, 3 espécies contribuíram com cerca de 74% (765,705.13 m³/ano) no corte anual admissível (espécies pertencentes a segunda classe comercial), e essa expressividade justifica-se pelo facto destas espécies serem consideradas dominantes nos ecossistemas florestais da província da Zambézia.

Tabela 14: Corte anual admissível para espécies preciosas na FSDIM e FSSV

Nome científico	FSDIM [m ³ ano ⁻¹]	FSSV [m ³ ano ⁻¹]	População [m ³ ano ⁻¹]
<i>Berchemia zeyheri</i>	2487.73	0.00	2487.73
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	2335.49	294.61	2630.09
<i>Diospyros kirkii</i>	348.31	0.00	348.31

Tabela 15: Corte anual admissível para espécies da primeira classe na FSDIM e FSSV

Nome científico	FSDIM [m ³ ano ⁻¹]	FSSV [m ³ ano ⁻¹]	População [m ³ ano ⁻¹]
<i>Albizia versicolor</i>	6290.35	1370.38	7660.73
<i>Balanites maughamii</i>	596.18	0.00	596.18
<i>Cordyla africana</i>	0.00	391.30	391.30
<i>Pterocarpus angolensis</i>	46538.89	15888.38	62427.27
<i>Swartzia madagascariensis</i>	4821.95	211.49	5033.43

Tabela 16: Corte anual admissível para espécies da segunda classe na FSDIM e FSSV

Nome científico	FSDIM [m ³ ano ⁻¹]	FSSV [m ³ ano ⁻¹]	População [m ³ ano ⁻¹]
<i>Albizia adianthifolia</i>	0.00	1854.42	1854.42
<i>Amblygonocarpus andongensis</i>	3024.61	0.00	3024.61
<i>Brachystegia boehmii</i>	79014.25	15400.13	94414.38
<i>Brachystegia bussei</i>	1185.47	7200.17	8385.63
<i>Brachystegia manga</i>	4286.46	0.00	4286.46
<i>Brachystegia spiciformis</i>	471915.40	35497.53	507412.93
<i>Burkea africana</i>	21152.76	9659.55	30812.31
<i>Julbernardia globiflora</i>	135322.32	28555.50	163877.82

<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	1449.58	580.42	2030.00
<i>Sclerocarya birrea</i>	701.37	592.79	1294.16

Tabela 17: Corte anual admissível para espécies da terceira classe na FSDIM e FSSV

Nome científico	FSDIM [m ³ ano ⁻¹]	FSSV [m ³ ano ⁻¹]	População [m ³ ano ⁻¹]
<i>Parinari curatellifolia</i>	12215.64	8195.05	20410.69
<i>Pericopsis angolensis</i>	8195.12	14533.09	22728.21
<i>Piliostigma thonningii</i>	0.00	37.73	37.73
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	13660.81	5535.53	19196.35
<i>Sideroxylon inerme</i>	5078.61	0.00	5078.61
<i>Syzygium cordatum</i>	0.00	259.44	259.44
<i>Terminalia sericea</i>	0.00	295.75	295.75
<i>Terminalia stenostachya</i>	0.00	692.49	692.49
<i>Uapaca kirkiana</i>	8954.30	24968.74	33923.04
<i>Uapaca nitida</i>	9942.49	8741.01	18683.50
<i>Uapaca sansibarica</i>	3190.41	4847.15	8037.55
<i>Vitex doniana</i>	0.00	384.06	384.06
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	4891.35	630.58	5521.93

Tabela 18: Corte anual admissível para espécies da quarta classe na FSDIM e FSSV

Nome científico	FSDIM [m ³ ano ⁻¹]	FSSV [m ³ ano ⁻¹]	População [m ³ ano ⁻¹]
<i>Acacia karroo</i>	0.00	513.09	513.09
<i>Acacia nilotica</i>	1795.38	0.00	1795.38
<i>Acacia tortilis</i>	0.00	137.01	137.01
<i>Hirtella zanguebarica</i>	4689.86	0.00	4689.86
<i>Lecaniodiscus fraxinifolius</i>	0.00	137.27	137.27

Das 7 principais e mais exploradas espécies produtoras de madeira na província da Zambézia (*Millettia stuhlmannii*, *Azelia quanzensis*, *Combretum imberbe*, *Pericopsis angolensis*, *Pterocarpus angolensis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Swartzia madagascariensis*), apenas 4 espécies (as últimas 4 espécies) participaram para o corte anual admissível, e essa participação deve-se ao facto destas espécies terem conseguido alcançar o diâmetro mínimo de corte, facto que não aconteceu com as outras três espécies que embora tenham sido encontradas, as mesmas não alcançaram o diâmetro mínimo de corte, e isso deve-se a exploração insustentável que outrora caracterizou a província da Zambézia (Mackenzie, 2006).

Embora os resultados tenham evidenciado uma redução no corte anual admissível das três espécies acima citadas, a contribuição das quatro espécies para o CAA (8.91%), ainda se encontra dentro do intervalo (5-20%) reportado por Mackenzie (2006).

3.5. Stocks de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente

A semelhança do volume (total, comercial), o *stock* médio e total de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente também foi mais expressivo na FSDIM em relação a FSSV. O *stock* médio de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente encontrado na FSDIM foi cerca de 17.51, 18.31 e 17.71% (abaixo, acima e total, respectivamente) superior ao encontrado na FSSV, facto que torna a FSDIM no maior reservatório de carbono médio (por unidade de área); enquanto o *stock* médio de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente abaixo do solo representam cerca de 34.54 e 34.31% na FSDIM e FSSV, respectivamente, e estes valores estão fora dos intervalos reportados por Mercier *et al.* (2016) (15-30%) para a província da Zambézia.

A superioridade do *stock* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente encontrada na FSDIM em relação a FSSV está associada aos mesmos factores que explicam a superioridade da variável volume acima citada. E alta superioridade do *stock* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente abaixo do solo na FSDIM em relação a FSSV está relacionada ao factor humidade, pois as árvores e/ou arbustos encontrados na FSDIM tendem a ter raízes mais profunda devido a grande profundidade que elas penetram em busca da água (investem mais no crescimento subterrâneo como mecanismo de sobrevivência).

A tabela 19 abaixo ilustra os valores médios e totais da biomassa arbórea acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB) e biomassa total (TB) encontrados na FSDIM e FSSV. A biomassa média está expressa em toneladas por unidade de área ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), enquanto que a biomassa total está expressa em milhões de toneladas (M.ton.). O intervalo de confiança foi determinado a um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 19: Stocks de biomassa abaixo e acima do solo na FSDIM e FSSV

Estrato	AGB [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	BGB [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	TB [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	AGBT [M.ton.]	BGBT [M.ton.]	TBT [M.ton.]
	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
Floresta Semi-decídua	144.69	49.95	194.67	493.54	170.48	664.02
	13.93	4.02	17.98	47.52	13.71	61.34

	28.54	8.28	36.84	97.34	28.25	125.65
Floresta Semi-sempre verde	123.13	42.06	165.37	143.67	49.29	192.95
	8.78	2.53	12.09	10.24	2.99	14.1
	22.57	7.03	38.35	76.97	23.98	130.83
População	139.19	47.94	187.20	637.21	219.46	856.98
	12.62	3.64	16.48	57.76	16.66	75.44
	27.02	7.96	37.22	123.69	36.45	170.41

A tabela 21 abaixo ilustra os valores médios e totais de carbono arbóreo acima do solo (AGC), carbono abaixo do solo (BGC) e carbono total (TC) encontrados na FSDIM e FSSV. O teor de carbono médio está expresso em toneladas por unidade de área ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), enquanto que o carbono total está expresso em milhões de toneladas (M.ton.). O intervalo de confiança foi determinado a um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 20: Carbono armazenado na biomassa abaixo e acima do solo na FSDIM e FSSV

Estrato	AGC [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	BGC [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	TC [$\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$]	BGCT [M.ton.]	AGCT [M.ton.]	TCT [M.ton.]
	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
Floresta Semi-decídua	66.44	23.48	89.92	226.62	80.12	306.74
	6.51	1.89	8.36	22.2	6.44	28.53
	13.33	3.89	17.13	45.47	13.28	58.44
Floresta Semi-sempre verde	56.22	19.77	76.08	65.6	23.17	88.76
	4	1.19	5.17	4.67	1.4	6.04
	10.28	3.3	13.26	35.08	11.27	45.27
População	63.84	22.53	86.39	292.23	103.16	395.49
	5.87	1.71	7.55	26.87	7.84	34.55

	12.55	3.74	16.14	57.46	17.12	73.90
--	-------	------	-------	-------	-------	-------

A tabela 22 abaixo ilustra os valores médios e totais de dióxido de carbono equivalente acima do solo ($CO_{2e(A)}$), dióxido de carbono equivalente abaixo do solo ($CO_{2e(B)}$) e dióxido de carbono equivalente total ($CO_{2e(T)}$) encontrados na FSDIM e FSSV. O dióxido de carbono equivalente médio está expresso em toneladas por unidade de área ($ton.ha^{-1}$), enquanto que o dióxido de carbono equivalente total está expresso em mil milhões de toneladas (M.ton.). O intervalo de confiança foi determinado a um nível de significância de 5%, o equivalente a 95% de confiança.

Tabela 21: Dióxido de carbono equivalente na FSDIM e FSSV

Estrato	$CO_{2e(A)}$ [$ton.ha^{-1}$]	$CO_{2e(B)}$ [$ton.ha^{-1}$]	$CO_{2e(T)}$ [$ton.ha^{-1}$]	$CO_{2e(A)}$ T [M.ton.]	$CO_{2e(B)}$ T [M.ton.]	$CO_{2e(T)}$ T [M.ton.]
	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)	(IC)
Floresta Semi-decídua	243.6	86.13	329.72	830.92	293.79	1,124.71
	23.86	6.93	51.42	81.39	23.62	175.41
	48.88	14.27	62.82	166.72	48.65	214.29
Floresta Semi-sempre verde	206.15	72.48	278.95	240.53	84.94	325.47
	14.67	4.36	29.73	17.12	5.15	34.69
	37.71	12.11	48.62	128.63	41.32	165.83
População	234.06	82.65	316.78	1,071.47	378.36	1,450.17
	21.52	6.27	45.89	98.50	28.73	210.09
	46.03	13.72	59.20	210.73	62.81	271.01

A expansão do teor de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente para a província da Zambézia mostrou uma vez mais que a FSDIM continua sendo o estrato que mais comparticipa nos *stocks* de carbono, com cerca 77%, sendo os restantes 23% das participações atribuídas a FSSV. Essa diferença deve-se em grande parte a diferença da área florestal entre os dois estratos, que foi superior em cerca de 75% na FSDIM em relação a FSSV.

Os valores dos *stocks* médios de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente encontrados na província de Zambézia (187.34 ton.B/ha ou 86.46 ton.C/ha ou 317.03 ton.CO₂e/ha) como todo, aproximam-se aos valores reportados por Mercier *et al.* (2016) para a mesma província (180.2 ton.B/ha ou 84.7 ton.C/ha ou 310.7 ton.CO₂eq/ha), pese embora os autores tenham usado uma equação global para estimativa de biomassa¹, e tenham agregado a FSDIM e FSSV como uma única formação florestal², neste caso, a floresta de Miombo.

3.6. Precisão das estimativas

As tabelas 23 e 24 ilustram o erro de amostragem para as variáveis densidade arbórea, área basal, volume total, volume comercial, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente acima do solo, abaixo do solo e total na FSDIM e na FSSV.

De forma geral, excepto para a densidade arbórea, a FSDIM apresentou altas incertezas (erro de amostragem) em relação a FSSV, e isso pode estar associado ao tamanho da amostra alocado em cada um dos estratos.

Tabela 22: Erro amostragem do número de árvores, área basal e volumes por estrato

Estrato	N [Arv.ha-1]	G [m2ha-1]	Vt [m3ha-1]	Vc [m3ha-1]
Floresta Semi-decídua	6.31	7.77	10.55	13.44
Floresta Semi-sempre verde	7.02	5.64	6.57	7.21
População	6.49	7.24	9.56	11.88

Tabela 23: Erro padrão e de amostragem do stock de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente por estrato

Estrato	AGB [ton.ha-1]	BGB [ton.ha-1]	TB [ton.ha-1]
	AGC [ton.ha-1]	BGC [ton.ha-1]	TC [ton.ha-1]
	CO ₂ e(A) [ton.ha-1]	CO ₂ e(B) [ton.ha-1]	CO ₂ e(T) [ton.ha-1]
Floresta Semi-decídua	9.63	8.04	9.24
	9.80	8.04	9.30
	9.80	8.04	15.60
Floresta Semi-sempre verde	7.13	6.02	7.31
	7.12	6.02	6.80
	7.12	6.02	10.66
População	9.01	7.55	8.76
	9.13	7.55	8.68
	9.13	7.55	14.37

De forma geral, o inventário produziu um erro de amostragem aceitável, isso porque o erro de amostragem para o volume total, que é a variável de interesse para a estimativa do tamanho da amostra foi de 9.56%, valor abaixo do erro de amostragem máximo permitido para este inventário, que é de 10%, o que valida os resultados deste inventário

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo levaram as seguintes conclusões:

Ocorrem na província da Zambézia 275 espécies arbóreas e arbustivas, das quais 63 são espécies de valor comercial distribuídas entre as 5 classes comerciais existentes no país. Ao nível dos estratos ocorrem 222 e 185 espécies arbóreas e arbustivas na FSDIM e FSSV, respectivamente, das quais 55 e 51 são espécies de valor comercial na FSDIM e FSSV, respectivamente.

A província da Zambézia apresenta uma densidade arbórea estimada em cerca de 454.18 arv.ha⁻¹ e uma área basal de cerca de 19.04 m²ha⁻¹; distribuída entre uma densidade arbórea de 464.89 e 422.88 arv.ha⁻¹, e uma área basal de 19.83 e 16.74 m²ha⁻¹ para a FSDIM e FSSV, respectivamente. A província e os estratos apresentam a partir da segunda classe de diâmetro uma redução das abundâncias das classes de menor diâmetro para as classes de maior diâmetro (curva exponencial negativa “*J-invertido*”), e caracterizadas por desequilíbrio na taxa de passagem de uma classe para outra (*Quociente De Liocurt*).

O volume total e comercial por unidade de área está estimado em cerca de 159.58 e 64.64 m³ha⁻¹ para a província da Zambézia, 169.66 e 68.75 m³ha⁻¹ para a FSDIM, e 129.35 e 52.32 m³ha⁻¹ para a FSSV. Estão disponíveis na província da Zambézia cerca de 730.54 milhões de m³ do volume total, dos quais 79% encontra-se na FSDIM e 21% na FSSV; e cerca de 295.92 milhões de m³ do volume comercial, dos quais 79% encontra-se na FSDIM e 21% na FSSV.

As classes de diâmetro intermédias são as com maior participação para o volume total e comercial por unidade de área, enquanto que as classes inferiores e superiores são as que menos participam nos volumes. As espécies da segunda classe comercial são as espécies que mais participam para o volume comercial e total por unidade de área na FSDIM e FSSV.

O volume comercial disponível para espécies comerciais dentro das áreas produtivas na Zambézia é estimado em cerca de 26.68 m³ha⁻¹ (27.54 m³ha⁻¹ na FSDIM e 23.38 m³ha⁻¹ na FSSV), o correspondente a um CAA de cerca de 1,041,860.23 m³, dos quais, 82% se encontram na FSDIM e os restantes 18% encontram-se na FSSV. A segunda classe apresenta maior expressão do CAA (78.5%), seguida pela terceira classe (13.0%), primeira classe (7.3%), quarta classe (0.7%), e classe das preciosas (0.5%).

A província da Zambézia tem um *stock* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente por unidade de área estimado em cerca de 182.32 ton.ha⁻¹, 84.25 ton.ha⁻¹ e 308.91 ton.ha⁻¹, respectivamente, sendo 73.35% encontrado acima do solo. A FSDIM tem um *stock* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente por unidade de área estimado em cerca de 192.54 ton.ha⁻¹, 89.06 ton.ha⁻¹ e 326.55 ton.ha⁻¹, respectivamente; enquanto que a FSSV tem um *stock* de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente por unidade de área estimado em cerca de 151.63 ton.ha⁻¹, 69.82 ton.ha⁻¹ e 256.00 ton.ha⁻¹, respectivamente.

O *stock* de biomassa, carbono e carbono equivalente total para a província está estimado em cerca de 857.63 milhões de toneladas, 395.81 milhões de toneladas e 1,451.31 milhões de toneladas, respectivamente, sendo 77% encontrados na FSDIM.

4.2. Recomendações

Os resultados obtidos e as conclusões neste estudo levaram as seguintes recomendações:

Embora a precisão aceitável das estimativas obtidas resultando da análise numa abordagem provincial, há que lembrar que as unidades amostrais foram alocadas recorrendo à abordagem nacional (estratos nacionais). Tendo em conta a abordagem de alocação usada, recomenda-se que a condução de próximos inventários seja numa abordagem provincial, com objectivo de actualizar periodicamente o ponto de situação dos recursos florestais, e ao mesmo tempo aumentar a precisão das estimativas.

Das 7 espécies citadas por Mackenzie (2006) como sendo a mais exploradas devido a sua alta demanda no mercado nacional e internacional, os resultados deste inventário mostraram que as espécies *Millettia stuhlmannii*, *Azelia quanzensis* e *Combretum imberbe* tiveram um corte anual admissível nulo. Face a isso, se recomenda que seja vedada por completo a emissão de licenças de exploração para as três espécies, até que outro inventário seja levado a cabo e os resultados dos mesmos provem o contrário.

Os resultados mostraram que as espécies da segunda classe contribuem com cerca de 77% do CAA da província da Zambézia, e em contrapartida são as espécies menos exploradas para a produção da madeira quando comparadas com as espécies da classe das preciosas e primeira classe. Tendo em conta esses aspectos, se recomenda que estudos sobre propriedades físicas e mecânicas da madeira sejam feitos para identificar espécies com características similares as das espécies

preciosas e as da primeira classe, com objectivo de promover essas espécies e assim reduzir a pressão sobre as espécies mais procuradas actualmente na província.

5. REFERÊNCIA

Bechtold, W. A. & Patterson, P.L. 2005. *The Enhanced Forest Inventory and Analysis Program-National Sampling Design and Estimation procedures*. Southern Research Station. 98pp.

CEC. 2008. *Addressing the Challenges of Deforestation and Forest Degradation to Tackle Climate Change and Biodiversity Loss: Impact Assessment*. Brussels, Bélgica: CEC (Commission of the European Communities). 68pp.

Condit, R. 2008. *Methods for estimating above-ground biomass of forest and replacement vegetation in the tropics*. Center for Tropical Forest Science Research. 73 pp.

Cuambe C. 2005. *Inventário florestal da província de Inhambane*. DNFFB, Maputo, Moçambique.

Cuambe C. 2005. *Inventário florestal da província de Zambézia*. DNFFB, Maputo, Moçambique.

Decreto 12/2002. *Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia*. Maputo, Moçambique: DNFFB. Maputo. 30pp.

Dittus, W. 1977. The ecology of a semi evergreen forest community in Sri Lanka. *BIOTROPICA*. 9 (4): 268-286.

Dittus, W. P. J. 1977. The ecology of semi-evergreen forest community in Sri Lanka. *BIOTROPICA*. 9 (4). 268-286.

EIA. 2014. *Crise de primeira classe: A criminoso e insustentável intervenção chinesa nas florestas de Miombo em Moçambique*. Maputo, Moçambique: EIA (Environmental Investigation Agency). 16pp.

Falcão M. P., Noa M. 2016. *Definição de florestas, desmatamento e degradação florestal no âmbito do REDD+*. FUNAB, Maputo, Moçambique.

FAO. 2018. *The state of the world's forest - Forest pathways to sustainable development*. Rome, Italy: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 139pp.

FAO. Sd. Sustainable Forest Management (SFM) Toolbox. Disponível em: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/mountain-forests/basic-knowledge/en/>

GNTF. 2012. *Tropical forests: taking stock and new challenges: What guidance for French stakeholders?*. 3rd report. France, GNTF (The National Group on Tropical Forests). 192pp.

Hammarstrand, L., e Sarnberger, A. 2013. *Comparative Evaluation of Two Forest Systems Under Different Management Regimes in Miombo Woodlands: A Case Study in Kitulngalo Area, Tanzania - Master of Science Thesis in Industrial Ecology*. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology/ Department of Energy and Environment. 74pp.

IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IGES, Hayama, Kanagawa: IPCC (intergovernmental Panel of Climate change).

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IGES, Hayama, Kanagawa: IPCC (intergovernmental Panel of Climate change).

Kalaba, F. K., Quinn, C. H., Dougill, A. J., e Vinya, R. 2013. Floristic Composition, Species Diversity and Carbon Storage in Charcoal and Agriculture Fallows and Management Implications in Miombo Woodlands of Zambia. *Forest Ecology and Management*, 309, 99-109.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura nos Trópicos*. Alemanha: GTZ. 343pp.

Lisboa, S. N., Guedes, B. S., Ribeiro, N., and Siteo, A. 2018. Biomass allometric equation and expansion factor for mountain moist evergreen forest in Mozambique. *Carbon Balance and Management*. 1-16.

Mackenzie, C. 2006. *Administração da Floresta na Zambézia: Um Take-Away Chinês*. FONGZA. 101pp.

Marzoli, A. 2007. *Inventário Florestal Nacional “Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique-AIFM”*. Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique. 92pp.

Mate R., Johansson T., Siteo A. 2014. Biomass equations for tropical forest tree species in Mozambique. *Forests*. 5:535– 556.

Mercier C., Grinand C., Randrianary T., Nourtier M. and, Rabany C., 2016. *Background study for the preparation of the Zambézia Integrated Landscapes Management Program. Report for Government of Mozambique and FCPF*. Etc Terra.

MICOA. 2009. *Relatório Nacional da Implementação da Convenção da Biodiversidade Biológica em Moçambique*. Maputo, Moçambique: MICOA (Ministério para Coordenação da Acção Ambiental). 94pp.

MITADER. 2016a. *Estratégia Nacional para a Redução de Emissões de Desmatamento e Degradação Florestal, Conservação de Florestas e Aumento de Reservas de Carbono Através de Florestas (REDD+) 2016-2030*. Maputo, Moçambique: MITADER (Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural). 56pp.

MITADER. 2016b. *Directrizes do inventário florestal nacional*. MITADER, Maputo, Moçambique: MITADER (Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural).

MITADER. 2018a. *Desmatamento em Moçambique (2003-2016)*. Maputo, Moçambique: MITADER (Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural). 37pp.

MITADER. 2018b. *Inventário Florestal Nacional: Relatório final*. Maputo, Moçambique: MITADER (Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural). 118pp.

Mokany K., Raison R. J., Prokushkin A. S. 2006. Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*. 12. 84–96.

Mugasha W. A., Eid T., Bollandas O. M., Malimbwi R. E., Chamshama S. A. O., Zahabu E., Katani J. Z. 2013. Allometric models for prediction of above- and belowground biomass of trees in the miombo woodlands of Tanzania. *Forest Ecology and Management*. 310. 87–101.

Muller, T., Siteo, A. and Mabunda, R. 2005. *Assessment of the forest reserve network in Mozambique*. 47pp.

Nhantumbo, I. 2012. *Âmbito e Escala do REDD+: Opções para Moçambique*. Maputo, Moçambique: IIED (Instituto Internacional do Meio Ambiente e Desenvolvimento). 42pp.

Palgrave, M. C., Wyk, A. E., Jordaan, M., White, J. A., e Sweet, P. 2007. A Reconnaissance Survey of the Woody Flora and Vegetation of the Catapú Logging Concession, Cheringoma District, Mozambique. *Bothalia*, 37 (1), 57-73.

Pearson T., Walker S., e Brown S. 2005. *Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects*. Bio/WI (Winrock International). 57pp.

Ribeiro N., Siteo A. A., Guedes B. S., Staiss C. 2002. *Manual de silvicultura tropical*. FAO, Maputo, Moçambique. 130pp.

Saket M. 1994. Report on the updating of the exploratory national forest inventory. DNFFB, Maputo, Moçambique.

Satterthwaite, F.E. 1946. An approximate Distribution of Estimates of Variance Components. *International Biometric Society*. 2 (6). 110-114.

SCBD. 2006. *Global Biodiversity Outlook 2*. Montreal, SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 81 + vii pages.

Siteo, A. A., Guedes; B. S., e Nhantumbo, I. 2013. *Linha de Referência, Monitoria, Relatório e Verificação para o REDD+ em Moçambique: Relatório do País*. Londres: IIED (Instituto Internacional do Meio Ambiente e Desenvolvimento). 66pp.

Siteo, A., Chidumayo, E., e Alberto, M. 2010. Timber and Wood Products. Em Chidumayo, E. N., Gumbo, D. J. (ed.). *The Dry Forest and Woodlands of Africa: Managing for Products Services*. Washington DC, USA. Earthscan. 288pp.

Timberlake, J., Chidumayo, E., N., e Sawadogo, L. 2010. Distribution and Characteristics of African Dry Forests and Woodlands. Em Chidumayo, E. N., Gumbo, D. J. (ed.). *The Dry Forests and Woodlands of Africa Managing for Products and Services*. London/Washington DC: Earthscan. 304pp.

TYBEL, D. 6 tipos de citação mais comuns em TCC. **Guia da Monografia**, 2017. Disponível em: <<http://guiadamonografia.com.br/tipos-citacao/>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

Veneklaas, E. J., Fajardo, A., Obregon, S. and Lozano, J. 2005. Gallery forest types and their environmental correlate in a Colombian savanna landscape. *Ecography*. 28: 236-252.

Walker, S. M., and Desanker, P. V. 2004. The Impact of Land Use on soil Carbon in Miombo Woodlands of Malawi. *Forest Ecology and Management*, 203, 345-360.

White, F. 1983. *The vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa*. Paris, França: Natural Resources/UNESXO. 351pp.