



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Mestrado em Maneio e Conservação da Biodiversidade

**AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA A PARTIR DE
QUEIMADAS FLORESTAIS NOS ECOSISTEMAS DE MOPANE E MIOMBO NA
PROVÍNCIA DE MANICA**

Estudante: Remigio Rangel Nhamussua

Supervisora: Prof. Doutora. Romana R. Bandeira

Co-Supervisora: Prof. Doutora. Natasha Ribeiro

Maputo, Outubro de 2015

Índice

AGRADECIMENTOS	i
LISTA DAS TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	iii
RESUMO	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema e Justificação de Estudo.....	3
1.2. Objectivos.....	5
1.2.1. Objectivo Geral.....	5
1.2.2. Objectivos Específicos	5
2. REVISÃO BIBIOGRÁFICA	6
2.1. Genaralidades sobre os incêndios florestais.....	6
2.1.2. Causas dos incêndios florestais	9
2.1.3. Consequências dos incêndios florestais.....	10
2.1.4. Factores que determinam a propagação do fogo	13
2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS	14
2.2.1. Principais gases de efeito estufa (GEE).....	14
2.2.2. Alguns indicadores do aquecimento global.....	16
2.2.3. Factores de emissão de carbono (CO ₂) nos ecossistemas terrestres.....	17
2.2.4. Principais métodos usados para quantificar o estoque de carbono.....	18

2.2.5 Protocolo de Quioto.....	19
2.2.6 Histórico REDD+	20
3. MATERIAS E MÉTODOS.....	23
3.1. Descrição da área de estudo	23
3.1.1. Clima e Topografia.....	24
3.1.2. Vegetação	25
3.1.3. População.....	26
3.3.1 Amostragem	27
3.3.3. Estimativa da perda da biomassa e o estoque carbono devido às queimadas florestais	28
3.3.3.1. Biomassa e o estoque carbono antes da queima	28
3.3.3.2. Caracterização do material combustível disponível em termos de biomassa, distribuição e conteúdo de humidade	31
3.3.4. Determinação das emissões de gases de efeito estufa a partir das queimadas florestais (CO ₂ , CO, e NH ₄)	32
3.4. Análise de dados.....	33
3.4.1. Determinação da biomassa lenhosa e o estoque carbono	33
3.4.2. Determinação da biomassa para herbáceas e liteira na área de controle	34
3.4.3. Determinação da biomassa para herbáceas na área queimada.	34
3.4.4. Determinação de conteúdo de humidade.....	34
3.4.5. Estimativa de emissões de CO ₂	35
3.5. Análises estatísticas.....	35
3.5.1. Regressão linear para calibração do disco.....	35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Distribuição diamétrica das árvores nos três distritos em estudo.....	38
4.2 Caracterização do material combustível disponível em termos do tipo, distribuição e conteúdo de humidade.....	39
4.2.1 Tipo e distribuição do material combustível	39
4.3 Estimativa da perda da biomassa e estoque de carbono devido às queimadas florestais....	43
4.3.1 Comparação do estoque de carbono	45
4.4 Determinação das emissões de gases de efeito estufa a partir das queimadas florestais (CO ₂ , N ₂ O, E NH ₄).....	46
4.4.2 Emissões de GEE nos três distritos estimados pelo método indirecto	47
4.4.3 Emissões de GEE nos três distritos estimado pelo método directo.....	49
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	52
5.1. CONCLUSÕES.....	52
5.2. RECOMENDAÇÕES	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	54

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao grandioso DEUS pela saúde, protecção e sabedoria que tem me dado ao longo da minha vida e na minha formação académica.

Agradeço também aos meus pais Rangel Siviriano Nhamussua e Eliza Bazar Guirruta, aos meus irmãos Orlando Rangel, Arminda Rangel, António Rangel e Baltazar Rangel pelo amor e apoio moral durante a minha formação.

Um especial agradecimento a minha esposa Júlia Fernanda Mateve juntamente com os meus filhos Keneth e Miriam pela paciência, amor e apoio moral durante a minha formação.

Agradeço as minhas supervisoras Prof. Doutora Romana R. Bandeira e a Prof. Doutora Natasha Ribeiro na qual tenho uma grande admiração, pela orientação, atenção e paciência que demonstraram durante a realização deste trabalho. “O meu Muito Obrigado!”

Ao projeto REDD⁺ através do Prof. Dr. Almeida Siteo pelas orientações, apoio material e financeiro e a todos os docentes do programa de pós-graduação em Maneio e Conservação da Biodiversidade da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal pela dedicação na transmissão de conhecimentos ao longo da Formação.

Aos meus colegas, Agnaldo Ubisse, Antonieta Epifânia, António Sevene, Carlos Pagule, Flávia Tchauque, Luis Matavela, Nelson Rafael, Victorino Buramuge e os demais aqui não mencionados pela amizade, companhia e força que me transmitiram ao longo do curso.

A todos o meu muito obrigado

LISTA DAS TABELAS

A Tabela 1: Factores de emissão de CO₂ nas florestas e nas pradarias nas diferentes regiões do mundo em toneladas de carbono equivalente (tCeq).

Tabela 2: Critério para avaliação do material combustível.

Tabela 3: Classificação do material combustível (tipo e distribuição).

Tabela 4: Peso seco total em g/m² do material combustível por classe.

Tabela 5: Quantidade de biomassa e carbono total antes e depois da queimada.

Tabela 6.: Quantidade da biomassa e carbono na área queimada e de controle.

Tabela 7: Emissões de GEE a partir de queimadas florestais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo

Figura 2: Esquema de distribuição de parcelas no campo

Figura. 3: Esquema de distribuição de sub parcelas no campo

Figura 4 Medição da altura da biomassa

Figura 5: Analyzer CO₂ modelo 906 usado para estimar as emissões de CO₂

Figura 6: Distribuição diamétrica das árvores nos três distritos.

Figura 7: Representação de conteúdo humidade do material combustível

Figura 8: Emissões CO₂ devido as queimadas pelo método directo.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Tambara

Anexo 2: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Gondola

Anexo 3: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Manica

Anexo 4: Análise de variância do conteúdo de humidade do material combustível nos três distritos.

Anexo 5: Formulário para o levantamento de dados no campo

LISTA DE ABREVIATURAS

C - Carbono

CBFF- Congo Basin Forest

CO₂ - Dióxido de carbono

COP- Conferências das Partes

CH₄ - Metano

Cf- Factor de Combustão

DAP - Diâmetro à Altura do Peito

FAO - Fundo das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

FAS - Fundação Amazonas Sustentável

FCPF- Forest Carbon Partnership Facility

GEE - Gás Efeito Estufa

GEF- Global Environment Facility

GPS - Global Positioning System

Ggi- Factor de Combustão

g - Gramas

ha - Hectares

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPAM- Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

Km² - Quilómetro quadrado

MAE- Ministério de Administração Estatal

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MICOA- Ministério para a Coordenação e Acção Ambiental

ONU- Organização das Nações Unidas

ppm- partes por milhão

REDD+- Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

ton - Toneladas

tCeq - Toneladas de carbono equivalente

tC/ha - Toneladas de carbono por hectare

TM - Temperatura máxima

UTM - Universal Transversal Mercator

UR- Humidade relativa

VV- Velocidade de vento

VM- Variáveis meteorológicas

°C - Graus centígrado

%- Percentagem

RESUMO

As queimadas florestais constituem um dos problemas ambientais, económicos e sociais em Moçambique. Para além do possível efeito sobre a mudança na estrutura e composição do ecossistema florestal, as queimadas florestais são responsáveis pela emissão de gases de efeitos estufa (GEE) que são responsáveis pelas mudanças climáticas. O presente estudo foi realizado na província de Manica com objectivo principal de estimar as emissões de GEE e as mudanças de biomassa e carbono em florestas devido às queimadas florestais. Para o efeito, foram seleccionados três distritos, nomeadamente: Tambara, Gondola e Manica pertencentes aos ecossistemas de Mopane e Miombo respectivamente. Foram alocadas duas áreas de 1ha, sendo uma de controlo e a outra para queimada controlada. Em cada área foram estabelecidas 9 parcelas de 20x20m para colheita de dados de DAP (cm) das espécies arbóreas. Dentro das parcelas de 20x20m foram estabelecidas sub parcelas de 1x1m para colheita de amostras de plantas herbáceas e de liteira. As emissões resultantes da queima foram determinadas através método indirecto consistiu no uso da equação do IPCC o qual propõe a medição da biomassa florestal antes e depois da queimada e o método directo consistiu no uso aparelho Analyzer CO₂ modelo 906. Os resultados mostram que todo o material combustível era semi-perigoso distribuído de forma vertical e horizontal e o conteúdo de humidade estava acima de 20%. Durante as queimadas, no distrito de Gondola foram consumidos cerca de 0.32 ton/ha e 0.16 ton/ha de biomassa e carbono respectivamente e para o distrito de Manica perdeu-se 0.70 ton/ha de biomassa e 0.35 ton/ha de carbono e para Tambara foram perdidos 0.69 ton/ha e 0.345 de carbono respectivamente. Em relação as emissões de gases de efeito estufa, através do método indirecto foram emitidas cerca de 0.51, 0.002, 0.0006 ton de CO₂, CH₄, N₂O respectivamente para Gondola, para o distrito de Manica foram emitidos cerca de 1.1, 0.005, 0.00014 toneladas de CO₂, CH₄, N₂O respectivamente e no distrito de Tambara foram emitidas 1.09 ton de CO₂; 0.005 ton de CH₄ e 0.001 ton de N₂O. Para o método directo as emissões de CO₂ variam de 720-860 ppm nos distritos de Tambara e Manica para o distrito de Gondola variavam de 630-690 ppm. Conclui-se que o comportamento do fogo, isto é, menor intensidade e propagação do fogo foi influenciada pelas características do material combustível. Dadas quantidades das emissões encontradas neste estudo, nota-se que as queimadas foram menos intensas, quando comparadas com as ocorrem na época seca e que foram emitidas menores quantidades de CH₄ e N₂O. Para tal, recomenda-se que se faça estudos semelhantes em outras províncias do país e que num

intervalo de 2 anos volta-se a realiza-se o mesmo estudo nas mesmas áreas a fim de avaliar dinâmica da vegetação depois da passagem do fogo

Palavras-chaves: Queimadas florestais, gases de efeito estufa, mudanças climáticas

1. INTRODUÇÃO

Em Moçambique, as queimadas florestais constituem um dos problemas ambientais que preocupam toda a sociedade, agravado pelos índices elevados de pobreza em que vive a maioria da população rural do país. Mais de 50% da população vive na zona rural e depende exclusivamente dos recursos naturais para a sua sobrevivência e as queimadas fazem parte do modo de vida das populações rurais como meio de manejo da terra e dos recursos naturais. Muitas destas queimadas acabam tornando-se descontroladas, devido às grandes proporções que atingem, por falta de alternativas do uso das melhores práticas e às vezes por simples negligência da população (MICOA, 2007).

Além do impacto sobre a mudança da estrutura e composição do ecossistema florestal, as queimadas florestais são responsáveis pela emissão de gases de efeitos estufa (GEE) que são responsáveis pelas mudanças climáticas concretamente o aquecimento global. Segundo ZOLHO (2010), as projecções sobre as mudanças climáticas e seus impactos sobre os ecossistemas numa maneira geral e particularmente sobre as florestas torna-se preocupante tomando em consideração a dependência da maior parte da população rural (85%), conversão de usos de terra e às queimadas descontroladas. MARZOLI (2007), afirma que no país inteiro, a taxa anual de desflorestação é estimada em cerca de 219.000 ha por ano, correspondente a uma taxa de mudança de 0.58% o que pode ter um impacto nas mudanças climáticas.

O relatório apresentado pelo IPCC (2007a) mostra que a concentração atmosférica global de gás carbónico (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) aumentaram de 1990 a 2005 em cerca de 280 ppb para 379 ppb, 715 ppb para 1774 e 270 ppb para 719 ppb, respectivamente devido às actividades humanas como por exemplo a queima de combustíveis fósseis e degradação florestal provenientes das queimadas florestais. Por conseguirem absorver parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, causando aquecimento global e mudanças climáticas, esses gases são chamados de gases de efeito estufa (GEE). O mesmo relatório mostra que as mudanças climáticas são evidentes e refletem-se no aumento da temperatura do ar e do mar, aumento do nível médio dos oceanos, derretimento da neve e gelo. Estas mudanças

climáticas provocam danos ambientais e socio-económicos levando a que maior número de população esteja exposto a cheias, ciclones, secas, extinção de espécies, entre outros.

Moçambique ratificou através da Assembleia da República a Convenção das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC), pela Resolução nº 1/94 de Agosto com objectivo principal de estabilizar as concentrações dos Gases de Efeito de Estufa (GEE) na atmosfera a níveis que previnam interferências antropogénicas perigosas ao sistema climático (www.convambientais.gov.mz).

Com vista a mitigar os impactos das mudanças climáticas e com o reconhecimento de seu papel crucial para evitar interferências perigosas ao sistema climático, a redução de emissões por desmatamento e degradação florestal (REDD⁺) foi formalmente reconhecida como uma opção de mitigação dentro da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) em 2007 (UNFCCC, 2007).

Segundo SITOIE *et al.* (2012) como forma de responder aos interesses globais para financiar esforços REDD+ nos países em vias de desenvolvimento, Moçambique iniciou o processo de engajamento nacional neste mecanismo, em 2008. A sua implementação baseia-se em fundamentos ou preceitos com os quais as políticas e as actividades realizadas no terreno pelas comunidades, governo, sector privado e sociedade civil devem estar alinhadas. Para SITOIE e GUEDES (s/d), estes princípios incluem: (i) os requisitos básicos para a existência de iniciativas do REDD+; (ii) o facto de os benefícios do mecanismo REDD+ terem de transcender a redução de emissões em si incluindo outros benefícios sociais e ambientais; (iii) questões de equidade e governação com a participação, clareza sobre os direitos de carbono e partilha de benefícios; e (iv) o facto de que o REDD+ requer concentração de todos os sectores que directa ou indirectamente contribuem para as emissões e harmonização de políticas e intervenções.

1.1. Problema e Justificação de Estudo

Segundo MARZOLI (2007) Moçambique é um dos países na região da região Austral que ainda mantém uma proporção considerável da sua área coberta com floresta estimada em cerca de 40 milhões de hectares (51.4 % de terra), mas ao mesmo tempo, é um dos países mais pobre do mundo, com uma elevada taxa de desmatamento e degradação de florestas. A exploração de lenha e fabrico de carvão; a agricultura comercial e de subsistência; a exploração comercial da madeira, mineração e queimadas descontroladas constituem as principais causas de mudança da cobertura florestal em Moçambique (SITOE *et al.*, 2012). Para estes autores as queimadas descontroladas são uma fonte de emissões de CO₂ e outros GEE. Durante a queimada, quantidades de biomassa florestal, particularmente a biomassa herbácea, arbustos, e liteira são carbonizados.

Segundo ARGOLA (2004) com o fim da guerra em Moçambique, as infra-estruturas e o crescimento da população aumentam diariamente, tal como a expansão industrial e o regresso da população às suas zonas de origem. Os distritos de Gondola e Manica são atravessados pelo Corredor da Beira, uma região com elevado potencial florestal mas contudo o aumento da pressão sobre os recursos florestais tornou-se evidente devido ao abate das árvores para construção de casas, a expansão de áreas agrícolas, caça e produção de carvão vegetal aumentando deste modo o uso das queimadas e a redução da biomassa florestal.

Resultados do inventário florestal nacional (MARZOLI 2007), da Província de Manica indicaram que um total de 433,462 hectares de florestas foram desmatadas nesta província entre 1990 e 2004 dos quais 348.330 hectares correspondem as florestas densas, o que corresponde a uma taxa anual de 1.27%, e 85,132 hectares corresponde as florestas abertas. Estudo feito por Júnior (2014) mostra uma diminuição das florestas abertas no distrito de Gondola, posto administrativo de Macate com uma variação de 551 e 533 há o que correspondente a 91.8 e 88.8 ha/ano respectivamente no intervalo de 2006 a 2012. A maior parte das áreas florestais foram queimadas e convertidas para terras agrícolas contribuindo para emissões de gases de efeito estufa. As queimadas florestais contribuem com 16-44% das emissões globais de CO₂ na

atmosfera e quase com metade das emissões globais de CH₄. Segundo ZOLHO (2010) a contribuição do continente Africano nas emissões de GEE é estimada em cerca de 7% dos valores globais, resultantes principalmente das queimadas descontroladas, deflorestamento e conversões da terra. Com vista a entender como as queimadas florestais influenciam no sistema terrestre, informações quantitativas sobre as emissões de gases de efeito estufa e estimativas de redução de biomassa são necessárias para se obter uma ideia sobre a contribuição de acúmulo de CO₂ na atmosfera.

O presente trabalho foi realizado na província de Manica e é o primeiro do género a ser realizado no país. O mesmo está inserido no projecto FNI/TREDD, o qual visa a implementação a testar as metodologias para implementação do mecanismo REDD⁺ em Moçambique. Este estudo irá contribuir para o entendimento sobre a contribuição das queimadas florestais na emissão dos gases de efeitos estufa (GEE) através da avaliação do comportamento das queimadas florestais e verificação se esse comportamento interfere ou não com a biomassa e estoque de carbono florestais. Através da avaliação das tendências de padrões de emissão, irá contribuir, no contexto do mecanismo REDD+, para o estabelecimento de uma linha de referência das emissões elevando deste modo a sensibilidade de todos intervenientes envolvidos na gestão e conservação dos recursos naturais em especial os recursos florestais sobre o perigo das mudanças climáticas em todos os sectores e especificamente ao sector da Biodiversidade em Moçambique.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo Geral

- Estimar as emissões de gases de efeito estufa causadas por queimadas florestais

1.2.2. Objectivos Específicos

- Caracterizar o material combustível disponível em termos de biomassa, distribuição e conteúdo de humidade.
- Estimar a perda da biomassa e carbono devido às queimadas florestais; e
- Estimar as emissões de GEE (CO₂, N₂O e NH₄) a partir das queimadas florestais

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre os incêndios florestais

Segundo SOARES e BATISTA (2007), incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível existente em uma floresta. Para INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL (2009) incêndio florestal é o fogo fora de controle em qualquer tipo de vegetação seja em plantações, pastos ou áreas de cerrado. SOARES e BATISTA (2007) afirmam que apesar de não ser muito apropriado, o termo incêndio florestal é muitas vezes generalizado para definir incêndios em outros tipos de vegetação tais como arbustiva, campos e pradarias.

Os incêndios florestais classificam-se em superficiais, subterrâneos e de copa. Os incêndios superficiais propagam-se na superfície do piso florestal, queimando os restos vegetais não decompostos, como por exemplo folhas e galhos caídos, gramíneas, arbustos. Durante a época seca, o material combustível é bastante inflamável daí que os incêndios superficiais propagam-se rapidamente, mas quando comparados com os outros tipos, estes tipos de incêndios florestais facilmente podem ser combatidos. Os incêndios subterrâneos propagam-se através das camadas de húmus ou turfa que se encontra sobre solo mineral e abaixo do piso florestal. Os incêndios subterrâneos ocorrem geralmente em floresta que apresentam grande acumulação de húmus e em áreas como pântanos que, quando secas, formam espessas camadas de turfa abaixo da superfície. Os incêndios de copa caracterizam-se pela propagação de fogo através das copas das árvores e quando ocorre em combustível acima de 1.8 m de altura (SOARES e BATISTA, 2007).

Fogo controlado ou prescrito define-se como a aplicação deliberada e exacta do fogo sob condições meteorológicas conhecidas e definidas e conducentes à satisfação de objectivos de gestão específicos e bem formulados (FERNANDES *et al.*, 2002). Os mesmos autores referem que o fogo controlado envolve:

- A especificação de uma prescrição, isto é, definição do ambiente de queima desejado;

- Estabelecimento de um plano de queima (a descrição dos procedimentos a adoptar) para uma determinada operação em função dos seus objectivos;
- Um processo de avaliação, que distingue o fogo controlado das queimadas tradicionais e o equipara a uma experiência científica onde os resultados permitem melhorar a prática futura.

PARR *et al.*, (2004) considera que a queimada controlada é uma ferramenta de gestão nas áreas de conservação. Por exemplo no Parque Nacional de Kruger na África do Sul a queimada controlada é utilizada para estimular o rejuvenescimento da pastagem, estimular o crescimento de pastagens fora da época, reduzir o excesso do material combustível o que pode provocar as queimadas descontroladas. Também no Parque Nacional de Kruger a queimada controlada foi usada para investigar as respostas de aglutinação das formigas a um regime de queima de longo prazo.

Comportamento do fogo é uma expressão usada para indicar como o fogo se propaga, isto é, para descrever as principais características de um incêndio florestal ou por outras palavras, refere-se à maneira como o material entra em combustão, como se desenvolvem as chamas, como o fogo se propaga e outros aspectos dos incêndios (SOARES e BATISTA, 2007). Por exemplo, CHIDUMAYO (1994) citado por KALL (2006) afirma que na época seca dado as características do material combustível, as chamas podem atingir 2.5 metros e o fogo se propaga rapidamente uma vez que a velocidade média do vento é mais alta. Segundo TROLLOPE (1978), citado por ZOLHO (2005), a taxa de propagação de incêndios de savana é altamente variável e é influenciada por diferenças na velocidade do vento, topografia e da quantidade de humidade do material combustível.

Material combustível é a biomassa que vai arder como fogo. Chama-se combustível disponível, aquele que efectivamente vai ser eliminado pela combustão, em oposição ao combustível total. A quantidade de combustível disponível depende do seu arranjo estrutural, distribuição de humidade no complexo-combustível e intensidade do fogo criada pelas condições meteorológicas (FERNANDES *et al.*, 2002).

2.1.1. Queimadas nos ecossistemas de miombo e mopane

Segundo SITO E RIBEIRO citado por RIBEIRO *et al.*, (2002), o miombo é o principal tipo florestal de Moçambique e ocupa aproximadamente 2/3 da superfície total. Essa formação vegetal, é dominada pelas espécies de gênero *Brachystegia*, *Julbernardia*, e *Isoberlina angolensis*. A floresta de Miombo fornece produtos e serviços de ecossistema como mel, lenha, proteção do solo. Segundo CHIDUMAYO (1994), muitos dos incêndios que ocorrem no ecossistema do miombo são da origem antropogénico, por exemplo na abertura das machambas, colecta do mel, produção de carvão, caça, entre outros.

RIBEIRO *et al.* (2002) referem que o fogo é um elemento frequente e importante no miombo, quer como factor ecológico, mas também como instrumento de manejo. Por exemplo algumas espécies como *Pterocarpus angolensis* so germinam depois de passagem do fogo. O impacto do fogo sobre miombo depende da época e a frequência de ocorrência e da quantidade de material combustível existente na floresta.

CHIDUMAYO (1994) citado por KALL (2006) afirma que o maior impacto do fogo verifica-se na época seca, visto que nesta época todo material combustível encontra-se em estado seco. Por sua vez, RIBEIRO (2007), no seu estudo sobre a interação entre o fogo, combustível e elefantes (*Loxodonta africana*) afirma que as queimadas florestais em miombo ocorrem nos meses de Abril/Maio-Outubro/Novembro mas o seu pico se verifica no fim da estação seca (Agosto e Outubro). Segundo CAMPBELL (1996), a intensidade do fogo no miombo varia de acordo com a estação do ano e da quantidade do material combustível. Incêndios que ocorrem na estação seca são mais intensos e destrutivos uma vez que grande parte da vegetação está seca. Um estudo feito por ROBERTSON (1993), citado por CAMPBELL (1996), mostra que no início da estação seca (Março-Junho) a intensidade de fogo foi menor (100-300 W/m) em comparação com época seca (Outubro) onde a intensidade de fogo variou de 500-5000 W/m. Resultados do estudo feito por CANGELA (2014) mostra um registo histórico da ocorrência de queimadas na Reserva Nacional do Niassa (RNN) na qual cerca 91% área total foi queimada durante o período entre Novembro de 2000 até Julho de 2012, dos quais, 14 % queimou-se anualmente, 29% de 2 em 2

anos, 27% em cada 3 a 4 anos, 21% em cada 5 a 12 anos e, apenas 9% corresponde a área que não foi queimada.

Ecosistema de Mopane é um tipo de vegetação caracterizada pela dominância da espécie arbórea *Colophospermum mopane*. Em savanas da África Austral, onde o *C. mopane* cresce, os incêndios são frequentes e podem influenciarem a estrutura dessa formação vegetal (MLAMBO e MAPAURE 2006). Segundo Frost & Robertson (1987) citados por MLAMBO e MAPAURE (2006), assim como nos ecossistemas de miombo, o fogo é uma característica comum em savanas africanas onde ocorre o *Colophospermum mopane* e tem um papel importante na ecologia e evolução de flora. Muitas espécies lenhosas em savanas tropicais são bem adaptados ao fogo e têm uma capacidade de rebrotação muito vigorosa o que lhe permite resistir o fogo.

Um estudo feito por GANDIW e KATIVU (2009) sobre a influência da frequência do fogo na estrutura e composição de *Colophospermum mopane* e *Combretum apiculatum* verificou-se uma alteração na estrutura da floresta com o aumento da frequência de fogo tanto para *C. mopane* assim como *C. apiculatum*. Os resultados do estudo mostraram uma tendência decrescente na altura média da árvore associada com o aumento da frequência do fogo em florestas de *C. mopane* e *C. apiculatum*. Também foram registadas mais arbustos nos locais frequentemente queimados o que demonstra que o fogo limita o crescimento de árvores em altura. Por sua vez, os resultados mostraram que a densidade de plantas em floresta de *C. mopane* aumentou com aumentos da frequência do fogo.

2.1.2. Causas dos incêndios florestais

O conhecimento das causas dos incêndios florestais é extremamente importante e pode servir como ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção. Para VALLEJO (s/d) os incêndios florestais são um dos processos que regem os ecossistemas naturais em muitas regiões do mundo. As causas podem ser naturais e antropogênicas, sendo esta última vista como a principal. O mesmo autor acrescenta que as actividades humanas em áreas densamente povoadas são frequentemente a causa dos incêndios e constituem uma das principais causas da desertificação e estas aumentaram a frequência dos incêndios e modificaram os regimes do fogo

em muitas regiões do mundo. Segundo MICOA (2007), geralmente cerca de 90% das queimadas em Moçambique são resultados das actividades humanas e os restantes 10% são gerados por causas naturais.

SOARES e BATISTA (2007) apresentam as seguintes causas dos incêndios florestais: raios, incendiários, queimas para limpeza (agricultura itinerante), fumantes, fogos de recreação, estradas de ferro, operações florestais e diversos. Um estudo feito CANGELA (2014) demonstra que a chance de ocorrência de queimadas na Reserva Nacional do Niassa é determinada pelo tipo de uso e cobertura da terra, densidade dos elefantes precipitação, temperatura, distância em relação às vias de acesso e densidade populacional. Para CANGELA (2014), de forma decrescente, os mais importantes preditores da ocorrência de queimadas na Reserva Nacional do Niassa são: o tipo de cobertura de terra, distância em relação as vias de acesso e densidade de elefantes.

SITOE *et al.* (2012) e RIBEIRO (2007) sustentam que em Moçambique o problema dos incêndios florestais está relacionado com as práticas de actividades agrícolas impróprias, caça, produção tradicional de mel, necessidade de combustível lenhoso principalmente em grandes aglomerados populacionais e questões sócio-culturais. A pobreza é tida como sendo uma das causas fundamentais das queimadas descontroladas, pois a população das zonas rurais usa o fogo como o meio mais rápido e barato para a abertura dos campos para agricultura.

2.1.3. Consequências dos incêndios florestais

A preocupação com os incêndios florestais é uma realidade global, porque muito mais do que os prejuízos financeiros trazem prejuízos imensuráveis à biodiversidade e aos ecossistemas. Tais prejuízos reduzem os serviços ambientais que a floresta, mantida em seu padrão actual, poderia proporcionar ao planeta (MOTTA, 2008). Os incêndios florestais constituem um dos factores mais importantes na redução de bosques e florestas no mundo, provocando vários problemas como a destruição da cobertura vegetal, destruição de húmus, morte de microrganismos, destruição da fauna silvestre, eliminação das sementes em estado de latência, perdas de

nutrientes, ressecamento do solo, aceleração do processo de erosão e assoreamento de rios, lagos e lagoas.

As consequências e impactos negativos das queimadas descontroladas constituem preocupação nacional e internacional por serem não só fontes de emissões de GEE que contribuem para as mudanças climáticas, mas também de degradação dos recursos naturais. Segundo DE CASTRO-NEVES (2007) as queimadas são um dos factores que contribuem com a emissão de GEE, pois o fogo altera estoques e fluxos de carbono, ao emitir para atmosfera o CO₂ da queima da vegetação. HOUGHTON (2005) acrescenta que uma das consequências das queimadas é que o carbono originalmente armazenado em florestas é libertado para atmosfera, ou imediatamente quando as árvores são queimadas e mais lentamente à medida que há decomposição da matéria orgânica restante. A maior parte do carbono é lançado como CO₂ mas pequenas quantidades de monóxido de carbono e metano podem ser resultado da decomposição e da queimada.

Segundo SCHUMACHER *et al.*, (2005) a combustão completa do combustível florestal liberta calor, vapor de água e dióxido de carbono. Quando ocorre um incêndio florestal, além da água e do CO₂ vários outros elementos são lançados na atmosfera, como por exemplo, monóxido de carbono, hidrocarbonos e outras partículas contribuindo desta maneira para a poluição do ar e emissão dos GEE. Para além dos danos mencionados acima que os incêndios causam, a FAO (2010) refere que os incêndios florestais têm impactos negativos sobre os ecossistemas uma vez que contribuem para a redução ou perda da biomassa florestal e também tem impacto na mudança da estrutura e composição dos ecossistemas. Um estudo feito por RIBEIRO *et al.*, (2008) na Reserva Nacional do Niassa (RNN), concluiu que a actividade de fogo aumenta durante o ano e 50% da área na RNN arde anualmente o que pode ter um impacto negativo na conservação da biodiversidade, por exemplo no total das árvores danificadas, 42% tiveram a copa queimada e 28% dos indivíduos tiveram o seu tronco queimado. Por sua vez CANGELA (2014), no seu estudo na RNN constatou que número de indivíduos com tronco queimado e mortos pelo fogo tende a aumentar com o aumento de frequência de queimadas.

De acordo com FROST (1996) citado por ZOLHO (2005) as queimadas florestais reduzem a biomassa vegetal e liteira, alterando deste modo a energia dos nutrientes e fluxo de água entre solo e plantas. Estas alterações por sua vez podem afectar o nível de nutrientes a longo prazo. Os incêndios também matam organismos individuais, destroem tecidos vivos das espécies, modificam as taxas de crescimento e de reprodução, alteram a disponibilidade e o uso dos recursos. Para os mesmos autores a longo prazo os incêndios podem contribuir nas mudanças na estrutura e composição de um ecossistema florestal.

Para além dos danos sobre os ecossistemas as queimadas provocam perda de vidas humanas e destruição de casas. Por exemplos fontes do INGC citado por noticias.mmo.co.mz (2012), indicam que pelo menos 19 famílias no distrito de Macossa província de Manica ficaram desalojadas como consequência da destruição de casas e celeiros por queimadas florestais. A fonte afirma que as famílias perderam a pouca colheita da campanha agrícola 2011.

Com base nos dados de 118 países, que representam 65% da área florestal global, uma média de 19,8 milhões de hectares de florestas foram afectados pelo fogo anualmente. Moçambique, Estados Unidos da América, Madagáscar, Portugal, Federação Russa, Espanha, Argentina e Hungria figuram no topo da lista dos países com uma média de mais de 10 000 incêndios de vegetação por ano (FAO 2010). Os principais ecossistemas florestais do mundo, com excepção das florestas húmidas dos trópicos, têm sido submetidos à acção do fogo, em menores ou maiores intervalos.

Para SITOIE (2003) em Moçambique os fogos constituem uma das grandes fontes de variação da vegetação. Normalmente todas as florestas decíduas do norte e centro de Moçambique sofrem pelo menos uma queimada no período seco do ano. Apesar dos efeitos malévolos das queimadas sobre a vegetação, actualmente se reconhece que certos ecossistemas dependem do fogo para a manutenção do seu estado de equilíbrio. As queimadas são vistas como benéficas uma vez que estimulam a germinação das sementes de algumas espécies arbóreas, mas também as queimadas estimulam a regeneração das pastagens.

2.1.4. Factores que determinam a propagação do fogo

Segundo SOARES e BATISTA (2007) a propagação do fogo é determinada por vários factores nomeadamente material combustível existente, humidade de material combustível, condições meteorológicas, topografia e tipo de floresta.

O material combustível é fundamental para ocorrência e propagação do fogo. A quantidade de material combustível determina a propagação do fogo e define a intensidade de calor libertada pelo fogo durante o incêndio. Segundo SOARES e BATISTA (2007) para que um fogo superficial possa se propagar deve existir no mínimo cerca de 1,2 ton/ha de material combustível fino e seco disperso em uma área. O arranjo do material combustível é também importante na propagação dos incêndios, principalmente os aspectos de continuidade, compactação e distribuição vertical.

A humidade do material combustível também constitui uma variável chave, uma vez que dela depende a ignição a propagação e a sustentação do fogo, além de influenciar em muito o seu comportamento e determinar o consumo de combustível. Segundo DA EIRA (2008) a humidade do combustível (HC%) define-se normalmente como a quantidade de água no combustível. Nos combustíveis vivos o teor de humidade varia de espécie para espécie e depende dos processos fisiológicos com taxa de absorção de água e transpiração, que por sua vez são influenciadas por factores do solo e factores climáticos. Devido à sua elevada humidade, os combustíveis vivos funcionam como entraves ao desenvolvimento do fogo, isto é, quanto maior o seu teor de humidade, maior é o tempo para a ignição e por sua vez mais baixa será a propagação e a velocidade do fogo.

Por sua vez a humidade nos combustíveis mortos é muito variável no tempo uma vez que reage às alterações diárias e horários das condições meteorológicas. Para DA EIRA (2008) as estimativas da humidade do combustível morto são pouco precisas, devido à heterogenidade dos combustíveis mortos mas também porque a perda de humidade ocorre através de três mecanismos diferentes (evaporação, difusão capilar e libertação da água). O teor de humidade

dos combustíveis mortos é geralmente inferior a 30%, embora com este valor de humidade dificilmente estejam disponíveis para arder e considerar-se aptos para arder quando o valor está abaixo dos 25%.

As condições meteorológicas incluem vários factores importantes na propagação dos incêndios que devem ser analisados duma maneira separada e estes factores incluem temperatura do ar, humidade relativa do ar, vento e precipitação. Quanto ao tipo de florestas, geralmente a propagação dos incêndios é menor nas florestas densas e fechadas uma vez que as florestas fechadas interceptam a radiação solar, reduzindo a temperatura do ar e a evaporação de água contido no material combustível no interior da floresta. Também as florestas fechadas funcionam como uma barreira, evitando a livre passagem de correntes de ar e reduzindo a velocidade do vento (SOARES e BATISTA 2007).

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

2.2.1. Principais gases de efeito estufa (GEE)

O efeito de estufa é a concentração de vapor de água, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e outros gases residuais na atmosfera que absorvem a radiação terrestre emitida. As mudanças nas concentrações atmosféricas de gases de efeito estufas podem alterar o equilíbrio de transferência de energia entre a atmosfera, espaço, terra e o oceano (IPCC 2006).

O dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O), o metano (CH₄) e o ozono (O₃) e vapor de água (H₂O) são considerados os principais gases de efeito estufa na atmosfera. As concentrações atmosféricas do dióxido de carbono, metano e óxido nitroso têm aumentado para os níveis sem precedentes, pelo menos nos últimos 800 mil anos. O CO₂, CH₄, N₂O são continuamente emitidos para e removidos da atmosfera por meio de processos naturais do planeta. As actividades antrópicas podem causar quantidades adicionais destes e de outros gases de efeito estufa a serem emitidos ou sequestrados, alterando deste modo as suas concentrações atmosféricas médias globais (U.S. Environmental Protection Agency, 2013).

Segundo relatório de IPCC (2013) de 1750 a 2011, as emissões de CO₂ devido à queima de combustíveis fósseis foram uma média de 375 Gt C para atmosfera, enquanto que o desmatamento e outras mudanças no uso da terra são estimados em uma média de 180 Gt C o que resulta em emissões antrópicas acumuladas de uma média de 555 GtC. Dessas emissões 240 Gt C acumularam-se na atmosfera, 155 Gt C foram retomadas pelo oceano e 160 Gt C acumularam-se em ecossistemas terrestres naturais.

Dióxido de Carbono (CO₂) - é considerado o gás de efeito estufa de origem antropogénica onde a sua concentração global aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm para 389 ppm em 2011. As emissões fósseis anuais deste gás aumentaram de uma média de 23.5 Gt por ano na década de 90 para 26.4 Gt por ano no período de 2000 a 2005 e as emissões relacionadas com a mudança no uso da terra são estimadas em 5.9 por ano na década de 90. Segundo a IPCC (2013) o CO₂ atmosférico representa a principal fase atmosférica do mundo do ciclo de carbono. Os ecossistemas terrestres contêm carbono em compostos orgânicos na vegetação viva (biomassa) (450-650 Pg C) e em matéria orgânica morta e solos (1500-2400 Pg C). A fonte predominante de emissões antropogénicas de CO₂ é a queima de combustíveis fósseis enquanto o desmatamento da floresta, queima da biomassa e alguns processos de produção não-energéticos (por exemplo a produção de cimento) emitem quantidades substanciais deste gás (IPCC 2007b). No quarto relatório do IPPC (2007 b) constatou-se que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde os meados do século 20 muito provavelmente é devido ao aumento observado nas concentrações de gases de efeito estufa antropogénicos do qual o CO₂ é o mais importante.

Metano (CH₄) – também é considerado o gás de efeito estufa de origem antropogénica emitido através de vazamento, extração e uso de combustíveis fósseis (gás natural, carvão e da indústria do petróleo), mas também através da queima de combustíveis fósseis e biomassa vegetal (ambos os incêndios naturais e antropogénicos). Este gás também é produzido através da decomposição anaeróbica da matéria orgânica em sistemas biológicos, processos agrícolas como o cultivo de arroz nas zonas húmidas, fermentação entérica em animais e da decomposição de resíduos de animais, etc. As concentrações atmosféricas de CH₄ aumentaram cerca de 158% desde 1750, de

um valor pré-industrial de cerca de 700 ppm para 1750-1871 ppm em 2010 (U.S. Environmental Protection Agency, 2013).

Óxido Nitroso (N₂O) - é retirado principalmente da atmosfera pela acção da luz solar fotolítica na atmosfera. A concentração atmosférica global de óxido nitroso aumentou em de cerca de 270 ppm para 322-323 ppm de 1970 a 2010. As fontes antropogénicas de emissão de N₂O incluem solos agrícolas, especialmente a produção de culturas e forrageiras fixadoras de nitrogénio, uso de fertilizantes sintéticos e estrume de animais, deposição de adubo por gado, queima de combustíveis fósseis, tratamento de efluentes, incineração de resíduos e queima de biomassa (IPCC 2007a).

O ozono (O₃) – está presente tanto na estratosfera superior, onde protege a terra dos níveis nocivos de radiação ultravioleta, e em baixas concentrações na troposfera, onde é o principal componente da fotoquímica antropogénica “ poluição”. Durante as últimas duas décadas, as emissões antropogénicas de cloro e halocarbonos contendo bromo esgotaram as concentrações de ozono estratosférico. Esta perda de ozono na estratosfera resultou em força radiativa negativa, o que representa um efeito indirecto das emissões antropogénicas de composto de cloro e bromo (IPCC, 1996).

O vapor de água (H₂O) - é o gás de efeito estufa mais abundante e dominante na atmosfera. A água atmosférica pode existir em vários estados físicos, incluindo a forma gasosa, líquida e sólida. As actividades humanas não são consideradas causas que afectam directamente a concentração média global de vapor de água, mas, a força radiativo produzido pelo aumento das concentrações de outros gases de efeito estufa pode afectar indirectamente o ciclo hidrológico. O aumento da concentração de vapor de água afecta a formação de nuvens, que podem tanto absorver e reflectir a radiação solar e terrestre (IPCC, 1996).

2.2.2. Alguns indicadores do aquecimento global

Os degelos nos Andes Meridionais, é um dos indicadores entre vários que podem ser citados para mostrar a evidência do processo do aquecimento global. As ocorrências de furacões em áreas não usuais, aumento de temperaturas no hemisfério norte, estiagens severas em regiões

habitualmente húmidas e outros distúrbios de sazonalidade, são interpretados pelos cientistas como produtos da desestabilização climática (CONTI 2005). Estudos feitos BESSAT (2003) citado por ARAÚJO e RAHBK (2006) baseado em modelos climáticos concebidos a partir dos GEE, identificaram cinco tendências para o próximo século nomeadamente aumento de 2.0° C, em média, entre 1990 a 2100, elevação da precipitação de inverno nas latitudes mais elevadas, intensificação do ciclo hidrológico (maior incidência de secas e inundações) e perturbações no ciclo de carbono.

As evidências científicas apontam que caso a concentração de CO₂ continue crescendo, a temperatura média da terra poderá aumentar causando deste modo o derretimento do gelos nos polos, aumento do nível médio do mar e conseqüentemente inundações das cidades, secas prolongadas, perda considerável da biodiversidade, entre outros. Desta maneira, o problema de mudanças climáticas é iminente tornando-se pertinente que sejam tomadas medidas urgentes de modo a se evitarem impactos graves sobre a biodiversidade e a produção de alimentos garantindo desta maneira a segurança alimentar. Segundo MUNIZ (2010) actualmente muitos fenómenos naturais que estão ocorrendo estão relacionados ao aquecimento global. De 1995 a 2005 o aumento da temperatura nos continentes foi de 0.27°C e nos oceanos foi de 0.13°C. No locais mais quentes haverá maior quantidade de chuvas devido à maior quantidade de vapor de água.

Segundo LOSJO *et al.* (2006) os estudos realizados na bacia do pungúe, província de Sofala indicaram a possibilidade do decréscimo da precipitação em cerca de 10% nos próximos 50 anos, culminando com alongamento do período seco condicionando assim a ocorrência de queimadas frequentes e com altas intensidades no futuro.

2.2.3. Factores de emissão de carbono (CO₂) nos ecossistemas terrestres

Os factores de emissão correspondem a coeficientes que quantificam as emissões por unidade de actividade ou seja factor de emissão é um número que fornece diretamente a quantidade de emissão de um dado composto químico em função da quantidade de biomassa queimada. Os factores padrão de emissão são baseados no conteúdo de carbono de cada combustível, assumindo-se que todo o carbono do combustível é emitido sob a forma de CO₂. Os factores de

emissão de carbono nos ecossistemas florestais podem ser usados para estimar as emissões anuais deste gás, associados com mudanças de uso e cobertura de terra. Estes factores são utilizados para a conversão de mudanças de uso e cobertura de terra em emissões de carbono. Quando as emissões são determinadas a partir de medições (directas ou não) são consideradas emissões directas, e indirectas quando são determinadas apenas através factores pré-definidos (TYNER *et al.*, 2010).

Tabela 1. Factores de emissão de CO₂ nas florestas e nas pradarias nas diferentes regiões do mundo em toneladas de carbono equivalente (tCeq).

Regiões	Factores de emissão de C nas florestas	Factor de emissão nas pradarias
EUA	16.9	3.7
Canada	15.3	5.7
América do Sul	16.1	2.5
Europa	18.6	6.6
Rússia	14.1	7.0
África do Norte e Central	12.2	2.2
Africa Sub Sahariana	10.4	1.5
Este da Asia, Japão	13.2	3.5
Sul da Ásia, Malásia e Indonésia	23	6.6

Fonte: TYNER *et al.*, (2010)

2.2.4. Principais métodos usados para quantificar o estoque de carbono

A quantificação dos estoques de carbono florestal pode ser feita com base nas informações resultantes de inventários florestais (volume das árvores), medição de biomassa (peso das plantas) e imagens de satélite. A biomassa florestal pode ser estimada utilizando métodos directos (destrutivos) e métodos indirectos (não destrutivos). No primeiro método, as árvores precisam ser derrubadas para que seus componentes sejam separados e pesados. Este método demanda muito tempo em campo e possui um alto custo, porém fornece estimativas mais

precisas de biomassa para cada árvore. No segundo, as estimativas são feitas por meio de equações alométricas existentes na literatura (desenvolvidas pelo método direto) e utilizam dados colectados no inventário florestal, como DAP, altura, volume, densidade, etc., sem a necessidade de derrubar árvores (SITOE e TCHAÚQUE, 2006). No método indirecto deve se levar em conta vários critérios, dentre eles, a utilização de equações que tenham sido desenvolvidas em locais com condições climáticas semelhantes à área do estudo, que parte das espécies utilizadas para desenvolver as equações também estejam presentes na área de estudo e que as características (diâmetro e altura) dos indivíduos utilizados para desenvolver as equações sejam semelhantes às características dos indivíduos da área de estudo.

2.2.5 Protocolo de Quioto

Protocolo de Quioto é um acordo internacional cujo objectivo principal resulta na redução de emissões de seis dos principais gases causadores de efeito estufa: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs). O protocolo foi o resultado de uma conferência realizada em 1997 no Quioto (Japão) onde se decidiu por consenso que os países industrializados deveriam reduzir as suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008-2012 (LACASTA e BARATA 1999). Além das metas estabelecidas este protocolo possui três mecanismos de mercado que podem ser utilizados pelos países signatários com vista a estimular o cumprimento das metas estabelecidas nomeadamente:

a) Mecanismo de comércio de emissões

O comércio de emissões, tal como estabelecido no artigo 17 do Protocolo de Quioto, permite que os países possam negociar o excedente das metas de emissões entre si, isto é, vender o excesso de capacidade para os países que estão a buscar do cumprimento das suas metas (UNFCCC, 2014). Este mecanismo permite que os países que não alcancem a sua meta de redução possam utilizar o excedente de redução de outro país. Em outras palavras países do anexo I estabelecem um acordo onde o País “B”, que conseguiu diminuir as suas emissões para níveis abaixo da sua meta, pode vender o seu excesso das suas reduções para o País “C” que não conseguiu alcançar a sua meta.

b) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O MDL é o mecanismo de flexibilização definido no artigo 12 do protocolo de Quioto que consiste em que cada tonelada de CO₂ equivalente deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por parte dos países do anexo I pode ser negociada no mercado mundial, fazendo com que haja reduções das emissões globais promovendo deste modo o desenvolvimento sustentável (UNFCCC, 2014). O mecanismo estimula o desenvolvimento sustentável e reduções de emissões, ajudando os países industrializados a dar alguma flexibilidade em como atingir as suas metas de limitação de redução de emissões. O MDL é a principal fonte de renda para o Fundo de Adaptação da UNFCCC, que foi criado para financiar projectos e programas de adaptação em países em desenvolvimento parte do Protocolo de Kyoto, que são particularmente vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas.

c) Implementação Conjunta

Este mecanismo dá possibilidade de um determinado país ou uma empresa em financiar projectos com eficiência energética com vista a reter GEE em florestas num outro país. Cada projecto de implementação conjunta gera unidades de redução de emissões que poderão ser posteriormente usadas pelo país investidor (LACASTA e BARATA 1999). As unidades de redução de emissões adquiridas pelo país investidor são adicionadas à sua quota de emissões e deduzidas à quota de emissão do país beneficiado pelo projecto.

2.2.6 Histórico REDD+

2.2.6.1 Surgimento do REDD+

Segundo o UNFCCC (2014) o desmatamento, principalmente a conversão de florestas em terras agrícolas, está cada vez mais preocupante sendo que aproximadamente 13 milhões de hectares mundialmente (para o período 1990-2005) são desmatados anualmente. Como resultados do desmatamento, toneladas de carbono armazenadas nas árvores são libertadas particularmente quando as árvores são queimadas (UNFCCC 2014 citando a FAO 2005). O IPCC observa que a reduzir e / ou prevenir o desmatamento é a opção de mitigação do impacto maior e mais imediato do estoque de carbono no curto prazo, por hectare e por ano, a nível mundial.

O conceito de REDD+ (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), nasceu de parceria entre cientistas brasileiros e americanos com uma proposta conhecida como “Redução Compensada de Emissões” e a mesma foi apresentada durante a COP-9, em 2003 em Milão, Itália. Com base neste conceito, os países em desenvolvimento com florestas tropicais seriam compensados financeiramente se conseguirem promover reduções das suas emissões nacionais provenientes de desmatamento (IPAM, 2012). Em 2005 no Canadá durante a COP-11, realizado em Canadá, liderado por Papua Nova Guiné e Costa Rica, foi apresentada uma proposta com objectivo de discutir formas de incentivar a redução do desmatamento nos países em desenvolvimento principalmente para os que possuem florestas tropicais uma vez que estas formações florestais são responsáveis na estabilização climática.

Segundo IPAM (2012) em 2007 foi realizada em Bali (Indonésia) a COP-13 onde se tomou a decisão 1/CP 13 com objectivo de discutir como inserir o conceito REDD a fim de alcançar um consenso sobre novas metas e compromisso no início de 2012, ano em que termina o primeiro período do Protocolo de Quioto. O conceito REDD, foi ampliado e hoje é conhecido como REDD+ com objectivo de garantir a promoção de incentivos positivos aos países em desenvolvimento para a mitigação das mudanças climáticas nomeadamente: Redução das emissões derivadas do desmatamento e degradação florestal, aumento das reservas florestais de carbono, gestão sustentável das florestas e conservação florestal.

2.2.6.2 REDD + em Moçambique

Segundo SITOIE *et al.* (2012) Moçambique começou com o processo de REDD+ no ano de 2008 com o desenvolvimento e submissão da proposta de estratégia sobre REDD+, através de um acordo entre Fundação Amazonas Sustentável e Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental – MICOA no âmbito de uma colaboração Sul-Sul entre as duas instituições durante a COP 14. Em 2010 desenhou-se a Estratégia Nacional de REDD+ conjuntamente com Plano de Preparação da Prontidão (R-PP) do Banco Mundial. Para estes autores, o Governo através do MICOA, MINAG, instituições de ensino (UEM), sociedade civil (CTV) e o sector privado, constituem os actores mais dinâmicos do processo de REDD+ em Moçambique. Para elaboração

da estratégia nacional de REDD+ em Moçambique muitos encontros estão a ser realizados como forma de envolver todos actores para que haja uma participação durante a elaboração da estratégia. A título de exemplo em 2012 realizou-se na cidade de Chimoio o primeiro encontro de planificação do Projeto testando REDD+ (TREDD) e em 2013 na cidade de Quelimane, Província de Zambézia foi realizado o segundo encontro com a participação da Fundação Amazonas Sustentável (FAS). Ambos encontros tiveram como os seguintes objectivos:

(i) a partilha de informação sobre esta iniciativa; (ii) a construção de um entendimento comum sobre o alcance, objectivo e complementaridade das diversas componentes da iniciativa e discussão das melhores formas de operacionalização; (iii) a análise das metodologias anteriormente usadas e a usar (NHANTUMBO *et al.*, 2013).

Segundo NHANTUMBO (2012) o mecanismo REDD+ em Moçambique é uma boa opção uma vez que este é mais abrangente visto que para além da redução de emissões contribui também activamente para a conservação, manejo das florestas e aumento do estoque de carbono. Também irá contribuir para geração de postos de empregos através de projectos de reflorestamento, produção de fontes alternativas de energia, plantação de espécies leguminosas para enriquecimento do solo. Para Nhantumbo (s/d), implementar o REDD+ permite a criação gradual da capacidade necessária para medir a redução das emissões e a escala de implementação deve ser nacional e subnacional.

2.2.6.3. Iniciativas Ligadas ao Mecanismo REDD+

Desde a sua criação em Abril de 2008, a iniciativa Climática e Florestal estabeleceu uma série de parcerias com vários países e contribui para avanços significativos no desenvolvimento do mecanismo REDD+ no âmbito UNFCCC. O mecanismo REDD+ é vista como uma alternativa para a redução das emissões dos GEE e muitos países e organizações já estão a se envolver em vários projectos e iniciativas. Dentre várias iniciativas destacam-se as seguintes: Iniciativa Internacional da Noruega para florestas e Clima; o Programa das Nações Unidas (UN-REDD), o Mecanismo de Parceria do Carbono Florestal (FCPF), a acção do Global Environment Facility (GEF), Fundos Amazônia, a parceria REDD+ e Congo Basin Forest (CBFF) (CLIMATE FUNDS UPDATE, 2014).

3. MATERIAS E MÉTODOS.

3.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Província de Manica concretamente nos distritos de Tambara, Gondola e Manica. Estes distritos ocupam uma superfície de 3.892 km²; 5739km²; 4.594 km² respectivamente. Segundo MAE (2005^a), o distrito de Tambara está situado a Norte da província de Manica, tendo como limites a Norte o rio Zambeze que separa da província de Tete; a Este os distritos de Chemba e Maringue, da província de Sofala; a Sul o distrito de Macossa e a Oeste o distrito do Guro. O distrito de Gondola está situado a Leste da província de Manica, tendo como limites: a Sul o rio Revué, a Este o distrito de Nhamatanda e a Sudeste o distrito de Buzi e a Oeste confina com distrito de Manica (MAE 2005b). Por sua vez o distrito de Manica localiza-se na parte central a Oeste da província de Manica, limitado a Norte pelo distrito de Bárue, a Sul pelo distrito de Sussundenga, a Este pelo distrito de Gondola (MAE 2005c).

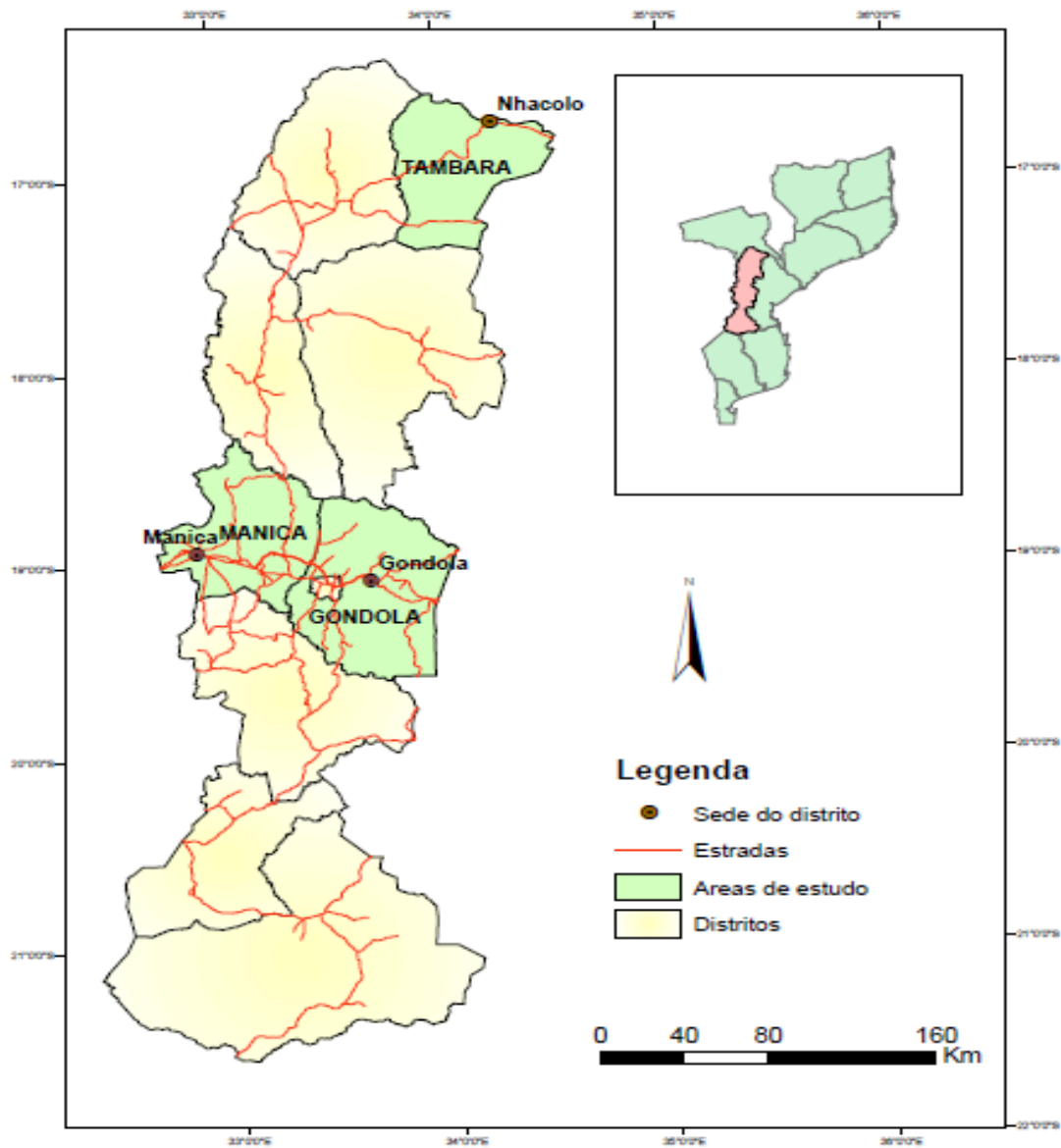


Figura 1: Localização da área de estudo

3.1.1. Clima e Topografia

O distrito de Tambara possui clima seco de estepe com inverno seco, as precipitações médias anuais variam de 500 a 800mm, a temperatura média anual é de 26.5 °C, sendo a máxima de 32.5°C e a mínima de 20.5°C. Este distrito situa-se na região semi-árida adjacente ao Vale do

Zambeze, com terrenos de declives quase planos e fortemente ondulados e localmente dissecados. É dominado por solos residuais derivados na maioria, de rochas metamórficas de textura variável, profundos a muito profundos, localmente pouco profundos, castanhos-avermelhados, excessivamente drenados ou moderadamente bem drenados e por vezes localmente mal drenados (MAE, 2005a).

O distrito de Gondola possui precipitações médias anuais que variam de 1000 a 1500 mm, os solos neste distrito variam, por exemplo as partes planas e os declives superiores do planalto e da zona de transição são caracterizados pelos solos avermelhados de textura franco-argilo-arenosa, enquanto os declives médios e inferiores são pouco profundos com a presença de cascalho e pedras á superfície. A cor do subsolo muda em função de classe de drenagem onde a fase melhor drenada possui cor avermelhada, moderadamente drenado cor amarela e imperfeitamente drenada cor acinzentada (MAE, 2005b).

O distrito de Manica possui clima temperado húmido com uma precipitação média anual que varia de 1000 a 1020 mm, a temperatura média anual é de 21.2°C com máxima de 30.9° C e mínima de 14.0°C. Os solos do distrito de Manica mostram uma estreita relação com a geologia e clima da região e são localmente modificados pela topografia e o regime hídrico mas em geral os solos são basicamente argilosos vermelhos ou castanhos avermelhados, profundos, bem drenados, a topografia é suavemente ondulada (MAE, 2005c).

3.1.2. Vegetação

Nos ditritos de Manica e Gondola o tipo de vegetação predominante é a floresta de miombo, onde se destacam espécies dos géneros *Brachystegia* e *Julbernardia*. O tipo de floresta nestes distritos oferece, potencialidades de exploração de material de construção, carvão e lenha e a possibilidade de desenvolver apicultura. Segundo CAMPBELL (1996) e RIBEIRO *et al.* (2013) a vegetação do miombo é a mais extensa da floresta tropical em África, abrangendo uma área de 2.7 milhões de km², é dominada por espécies como *Julbernardia globiflora*, *Brachystegia boehmii*, *Burkea africana*. Esta formação se distingue de outras formações das savanas africanas, pela predominância de espécie da família Fabacea, sub-família Caesalpinioideae, particularmente

os géneros *Brachystegia*, *Julbernardia* e *Isoberlinia*. MAE (2005) acrescenta que, os distritos de Gondola e Manica possuem uma vegetação do tipo miombo com uma grande diversidade de espécies sendo de se destacar as seguintes: *Diplorhynchus condylocarpon* (Mutoa), *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (Mussondzoa), *Brachystegia spiciformis* (messassa), *Brachystegia boehmmii* e *Pterocarpus angolensis* (Umbila).

O tipo de vegetação predominante no distrito de Tambara é do tipo mopane com a predominância de *Colophospermum mopane*. A área do estudo do distrito de Tambara caracteriza-se pela passagem de cursos de águas, com terreno pedregoso onde era notório a exploração de estacas pelas comunidades locais. Segundo MAE (2005a), a falta de sementes/mudas, a destruição das árvores pelos elefantes e a insuficiente qualidade da terra são questões que impedem um maior desenvolvimento da vegetação arbórea. Pelas observações feitas no local do estudo, em todas áreas do estudo, foi possível verificar vestígios de ocorrência de fogo nos anos anteriores, situação confirmada pelos guias locais.

3.1.3. População

Segundo MAE (2005a), no ano de 2005 o distrito de Tambara possui uma população estimada em 42 mil habitantes, com uma densidade populacional de 11 hab/km². A população é maioritariamente jovem (51%). No ano de 2005, o distrito de Gondola possuía 238 mil habitantes com uma densidade populacional de 41 hab/km² onde 46% são jovens. A estrutura etária da população do distrito de Gondola reflecte uma relação de dependência económica de 1:1, isto é, por cada 10 crianças ou anciões existem 10 pessoas em idade activa. Por sua vez o distrito de Manica em 2005 possuía 199 mil habitantes e uma densidade populacional de 43 hab/km², com um índice de masculinidade nas zonas periféricas e a estrutura etária da população do distrito de Manica reflecte uma relação de dependência económica de 1: 1, isto é, por cada 10 crianças ou anciões existem 10 pessoas em idade activa.

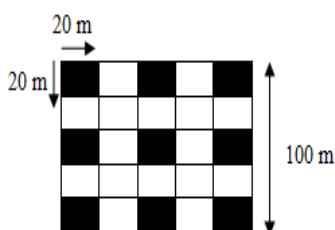
Segundo fontes orais obtidas nos três distritos, a população tem como principais actividades sócio- económicas: agricultura, produção de mel, caça e produção do carvão vegetal. Verificando

as actividades praticadas pela população, a mesmas estão relacionadas com as causas de ocorrência de queimadas descontroladas nos três distritos que se realizou o presente estudo.

3.2 Amostragem e métodos de recolha de dados

3.2.1 Amostragem

A recolha de dados baseou-se na metodologia do IPCC (2006) onde em cada distrito foi identificada uma área de 2 ha. Esta área foi dividida por 2, em que em 1 ha fez-se a queimada controlada e no outro 1ha serviu de controlo. A área de controlo foi usada para efeito de comparação de biomassa e estoque de carbono na área queimada, desenvolver modelos para a determinação da biomassa das herbáceas na área queimada, mas também a área de controlo permitirá fazer-se uma comparação em termos de crescimento da biomassa na área queimada depois de 1 ou 2 anos. As parcelas foram estabelecidas usando uma amostragem sistemática, onde em cada 1ha foram estabelecidas 9 parcelas de 20x20m separadas em 20m cada (como mostra a figura 2), totalizando 54 parcelas nos três distritos e 18 parcelas por cada distrito. A localização dos pontos amostrais na área de estudo foi feita com auxílio de um GPS (Global Positioning System).



- Representa as parcelas onde foram feitas as medições da biomassa.

Figura 2. Esquema de distribuição de parcelas no campo

3.2.2. Descrição da queima controlada

A queimada controlada foi realizada no início de estação seca nos dias 4, 9 e 11 de Junho de 2014 (Tambara, Gondola e Manica respectivamente). Para o distrito de Tambara a queima teve início no dia 4 de Junho de 2014 as 10:50 h e terminou as 12:35h do mesmo dia. Antes do início da queimada as variáveis meteorológicas foram as seguintes: 44.5% de humidade relativa (UR), 27.6 °C de temperatura máxima (TM) e velocidade de vento (VV) estava entre 0.6-1.1 m/s.

No distrito de Gondola, a queima foi realizada no dia 9 de Junho de 2014 às 11:07 h e terminou às 12:30 h. Antes do início da queima as variáveis meteorológicas foram as seguintes: 25.8 °C de temperatura; 51.6 % de humidade relativa e 0.1m/s de velocidade de vento. Por sua vez no distrito de Manica a queimada foi realizada no dia 11 de Junho de 2014 as 11:35h e terminou às 13:10h, as variáveis meteorológicas foram 51.7 % de humidade relativa, 23.6°C de temperatura e a velocidade do vento estava entre 0.7 a 1.5 m/s. Em todos distritos recorreu-se a queima em manchas como técnica de queima uma vez que a progressão do fogo era lenta. Esta técnica segundo SOARES E BATISTA (2007), consiste em acender uma série de pontos ou círculos de fogo os quais queimam em todas direções, mas vão se encontrando antes que se tornem muito grandes e se propaguem violentamente.

3.2.3. Estimativa da perda da biomassa e o estoque carbono devido às queimadas florestais

Com vista a alcançar-se o presente objectivo estimou-se a biomassa antes e depois da queimada, como se explica a seguir com detalhes.

3.2.3.1. Biomassa e o estoque carbono antes da queima

a) Biomassa lenhosa

O método directo (destrutivo) e método indirecto (não destrutivo) é a metodologia utilizada para a estimação da biomassa florestal. Segundo SITO E TCHAUQUE (2006) o método directo ou destrutivo tem sido usado para estimar a biomassa em circunstâncias em que não existem equações alométricas. O método indirecto ou não destrutivo é usado por meio de equações alométricas existentes desenvolvidas pelo método directo. No presente trabalho usou-se o

método indirecto que consistiu na medição do diâmetro altura do peito (DAP) dos indivíduos dentro da área de amostragem. Baseou-se nesse método uma vez que o DAP é uma variável de fácil medição o que não necessita de destruição do material vegetal uma vez que já existia equação alométrica desenvolvida especificamente nas áreas de estudo (equação 1 e 2).

b) Seleção da vegetação herbácea

Para selecção do material herbáceo, dentro das parcelas de 20x20m foram estabelecidas 5 sub-parcelas de 1x1m onde, as quatro sub-parcelas localizam-se em cada extremo da parcela (figura 3) e a quinta sub-parcela localizava-se no centro. Na área de controlo fez-se o corte de todo material herbáceo que se encontrava dentro da quadrícula usando uma tesoura. Com o auxílio da balança de precisão de 15 kg, extraiu-se o peso verde total da sub parcela no campo e o peso verde da amostra. Por fim, o saco de papel com o peso verde da amostra foi enumerado com marcador para facilitar a sua identificação e posteriormente obter-se o peso seco no laboratório.

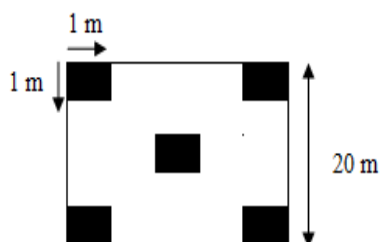


Figura 3. Esquema de distribuição de sub-parcelas no campo

O levantamento da biomassa do material herbáceo na área em que foi feita queimada baseou-se no método indirecto, que consistiu no uso do disco medidor do pasto na qual segundo TAINTON (1999) consiste de uma haste metálica graduada que corre um disco ou prato de alumínio onde é colocado solto sobre a vegetação a uma determinada altura. Para tal dentro das sub-parcelas de 1x1m, usando o disco, mediu-se a altura das gramíneas (Fig.4) e posteriormente fez-se a calibração da leitura da altura em biomassa através da equação calibrada na área de controlo.



Figura 4 Medição da altura da biomassa

c) Amostra da Serapilheira

Para amostra da liteira, nas mesmas sub-parcelas onde foi selecionado o material herbáceo, foram retirados todo material decomposto, frutos secos, e outros escombros das plantas, os mesmos foram colocados em saco de papel ou plásticos devidamente identificados. Com o auxílio da balança de precisão de 15kg, extraiu-se o peso verde total da sub-parcela e o peso verde da amostra. Por fim, o saco de papel com o peso verde da amostra foi enumerado com marcador para facilitar a sua identificação, e posteriormente obter-se o peso seco no laboratório.

d) Perda da biomassa e o estoque carbono

Depois da realização da queimada controlada, estimou-se a biomassa e o carbono remanescente. Fazendo a diferença entre a quantidade de biomassa e carbono antes da queima e depois da queima obteve-se a quantidade de biomassa e carbono perdido devido as queimadas florestais.

3.2.3.2. Caracterização do material combustível disponível em termos de biomassa, distribuição e conteúdo de humidade

O conhecimento do tipo e das características do material combustível é imprescindível para a estimação dos parâmetros ligados ao comportamento do fogo uma vez que o material combustível é um dos factores que influenciam na propagação do fogo. Segundo SOARES e BATISTA (2007), o material combustível varia em quantidade, tipo, tamanho, posição e arranjo. Para fazer-se a caracterização e classificação do material combustível usou-se os seguintes critérios:

a) Tipo do material combustível

Para avaliação do tipo de material combustível usou-se o seguinte critério (Tabela 2):

Tabela 2: Critério para avaliação do Material Combustível

Categoria	Características
Combustíveis perigosos	Pequenos galhos com diâmetro ≤ 1 cm, folhas, musgos e gramíneas, todos em estado seco
Combustíveis semi-perigosos	Galhos acima de 1 cm de diâmetro, troncos caídos mortos, húmus e turfa
Combustíveis verdes	Vegetação viva existente na floresta.

Fonte: SOARES e BATISTA (2007).

O arranjo do material combustível foi avaliado directamente no campo através da observação directa. Para tal, avaliou-se a continuidade e distribuição dos combustíveis tanto na forma horizontal assim como na forma vertical. Esta avaliação foi feita com base no critério do ANDERSON (1982) o qual afirma que os materiais combustíveis geralmente são orientados em duas direcções básicas nomeadamente: verticalmente como gramíneas e arbustos e

horizontalmente como Serapilheira resíduos de exploração. A compactação (proximidade das partículas de combustíveis uma das outras em relação à livre circulação do ar) foi avaliada com base na quantidade de material combustível disponível por unidade de área.

3.2.4. Determinação das emissões de gases de efeito estufa a partir das queimadas florestais (CO₂, CO, e NH₄)

Segundo SUN *et al.*, (2011) quantidades significativas de carbono são libertados por ano para atmosfera a partir dos incêndios florestais, o que tem uma influência significativa no ciclo e armazenamento do carbono. Neste estudo a estimativa das emissões do CO₂ baseou-se em dois métodos, directo e indirecto. Usou-se os dois métodos para permitir comparação entre eles em termo da sua eficácia, o que vai permitir decidir sobre o método a usar nos estudos posteriores.

a) Método indirecto

Para a determinação dos GEE por este método usou-se a metodologia do IPCC (2006) referente a directrizes para realização de inventários nacionais de GEE, método que combina os valores de biomassa com factores de emissão. Para o efeito, na área de 1 ha (100x100 m) que foi usada para estimar-se a biomassa e estoque de carbono, após levantamento de dados sobre a biomassa, fez-se queimada controlada e depois determinou-se a biomassa remanescente. Antes de se efectuar a queimada primeiro abriu-se aceiros de 4-5 m para se evitar a propagação de fogo para outras áreas e desta forma as queimadas tornarem-se descontroladas. Antes do início da queimada, com auxílio do aparelho Anemómetro de marca KRESTEL 4000, mediu-se as condições meteorológicas (temperatura, humidade relativa, velocidade de vento).

b) Método directo

Para estimar as emissões de CO₂ por este método, usou-se um aparelho Analyzer CO₂ modelo 906 (figura 5). Este aparelho automaticamente faz leitura das emissões CO₂ usando um sensor que se encontra dentro do mesmo. As leituras das emissões foram feitas num intervalo de 5 a 5 minutos. Após a queimada fez-se avaliação das condições meteorológicas e biomassa remanescente/morta.

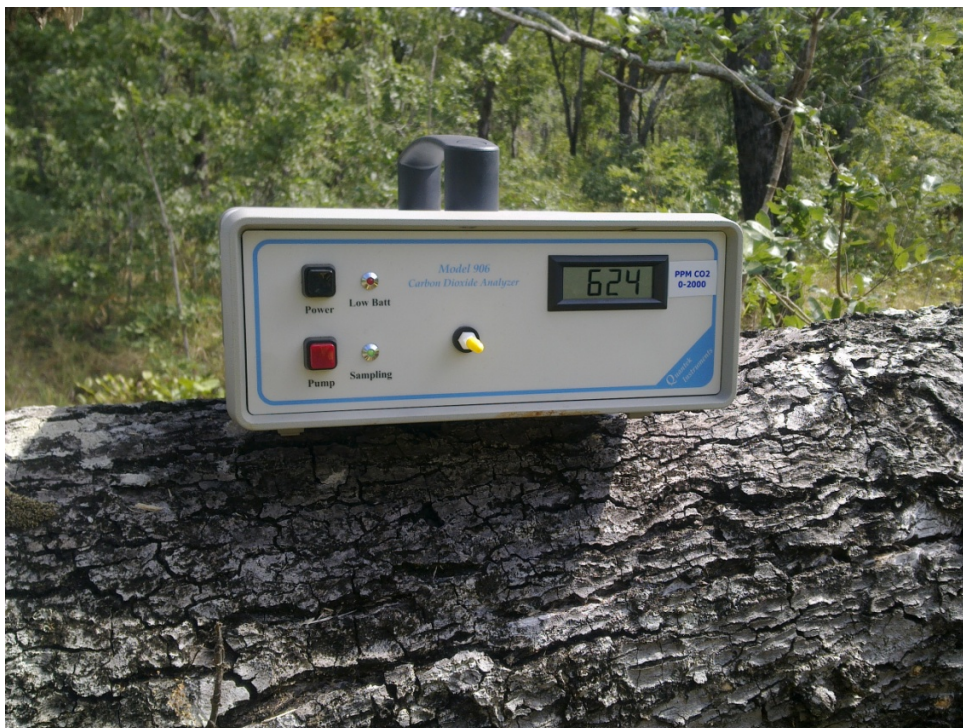


Figura 5: Analyzer CO₂ modelo 906 usado para estimar as emissões de CO₂.

3.4. Análise de dados

3.4.1. Determinação da biomassa lenhosa e o estoque carbono

Uma vez tendo o DAP das árvores, usou-se equação (1) desenvolvida por TOMO (2012) nos ecossistemas de miombo para determinação da biomassa (peso seco) por ha. Para ecossistemas de mopane usou-se equação (2) desenvolvida por SEVENE (por publicar). Uma vez que os valores da biomassa encontravam-se em kg, os mesmos foram convertidos para toneladas. Para obtenção da biomassa por ton/ha, dividiu-se o resultado da biomassa em toneladas pela área total das parcelas estabelecidas que foi de 0.36 ha. Tendo-se o valor da biomassa determinou-se o conteúdo do carbono sequestrado usando factores de conversão recomendados pela IPCC (2006) neste caso 0.5.

$$PST = 0.056 \times DAP^{2.599} \quad \text{Equação 1, TOMO, (2012)}$$

Onde: **PST** – Peso seco de tronco (kg) **DAP** (cm) – Diâmetro altura do peito (1.3 m)

$$PST = 0.35033 \times DAP^{2.1134} \quad \text{Equação 2: SEVENE (por publicar)}$$

Onde: PST – Peso seco de tronco (kg) DAP (cm) – Diâmetro altura do peito (1.3 m)

3.4.2. Determinação da biomassa para herbáceas e serapilheira na área de controle

Com o peso seco de amostra obtida no laboratório, usou-se a equação (3) desenvolvida por PEARSON *et al.*, (2005) para determinação da biomassa das herbáceas e serapilheira

$$PSP = \frac{\text{Peso seco de sub amostra}}{\text{Peso verde da sub amostra}} \times \text{peso fresco de toda amostra}; \quad \text{Equação 3}$$

Onde: PSP-Peso seco da biomassa (herbácea ou liteira) em kg.

3.4.3. Determinação da biomassa para herbáceas na área queimada.

Para determinação da biomassa da componente herbácea usou-se as seguintes equações abaixo que foram calibradas na área de controle:

$$Y = 0.0078559 + 0.008X; \quad \text{para ecossistema de Mopane (Tambara)}; \quad \text{Equação (4)}$$

$$Y = 0.02994848 + 0.017449X; \quad \text{Para ecossistema de Miombo (Manica)}; \quad \text{Equação (5)}$$

$$Y = -0.0028 + 0.002329X; \quad \text{para ecossistema de Miombo (Gondola)}; \quad \text{Equação (6)}$$

Onde: Y- Biomassa em kg; X- altura do disco

3.4.4. Determinação de conteúdo de humidade

Para determinação do conteúdo de humidade do material combustível usou-se a equação (7) desenvolvida por SOARES e BATISTA (2007).

$$TU\% = \frac{PF - PS}{PF} \times 100; \quad \text{Equação 7}$$

Onde: TU- Teor de humidade (%); PF – Peso fresco (kg); PS- Peso Seco (kg)

3.4.5. Estimativa de emissões de CO₂

Para determinação das emissões de GEE usou-se a equação (8) desenvolvida pelo IPCC (2006).

$$EBQ = A_i * B_i * C_f * G_{gi} * 10^{-3} \quad \text{Equação 8}$$

onde:

EBQ= Quantidade de emissões dos GEE (ton),

A_i=área queimada (ha),

B_i=biomassa antes da queimada (T/ha);

C_f =factor de combustão (proporção do material combustível queimado –t/ha),

G_{gi}= factor de emissão – (IPCC, 2006).

3.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.5.1. Regressão linear para calibração do disco

Segundo PETERNELI (s/d) a análise de regressão tem o objectivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes, ou seja, consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação do nível da variável independente. As equações para determinação da biomassa da componente herbácea na área queimada, foram desenvolvidas a partir dos dados de altura do disco e da biomassa obtidos na área do controlo.

Para obtenção da equação que explica a variação da variável dependente pela variável independente considerou-se a biomassa (peso seco) obtido no laboratório como variável dependente e a altura disco como variável independente. Para permitir a previsão da variável dependente (biomassa) a partir da variável independente (altura do disco) desenvolveu-se o seguinte modelo de regressão linear simples:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon_t, \text{ sob a assumpção de que } \varepsilon_t \sim N(0, \delta^2); \quad \text{Onde:}$$

Y= biomassa (medida em kg);

β_0 = Intercepto. Este representa a biomassa mínima quando a altura do disco for igualmente mínima;

β_1 = Coeficiente de inclinação. Este mostra em quantos kilogramas irá variar a biomassa se a altura do disco variar em um centímetro a dados níveis de outras variáveis

ε_t = Termo de erro. Este representa todas outras variáveis não observáveis e, portanto, não incluídas no modelo e,

X = altura do disco.

Usando o programa estatístico STATA 10, fez-se a análise de correlação e teste t -student com nível de significância 0.05 para se apurar a significância da altura do disco na biomassa, para tal, foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

H_0 : $\beta_1 = 0$, a quantidade de biomassa não está associada a altura do disco,

H_a : $\beta_1 > 0$, a quantidade de biomassa está associada a altura do disco.

3.5.2. Comparação do conteúdo de humidade nos três distritos

Depois da determinação da média do conteúdo de humidade de material combustível, para cada distrito, fez-se a análise de variância (ANOVA) com objectivo de verificar se estatisticamente existem diferenças significativas na média de conteúdo de humidade do material combustível nos três distritos. Para tal formulou-se as seguintes hipóteses:

H_0 : A média de humidade do material combustível nos três distritos é semelhante,

H_a : A média de humidade do material combustível nos três distritos é diferente.

3.5.3. Comparação do teor de carbono na área de controlo e queimada

A fim de verificar se estatisticamente, existem diferenças significativas de estoques de carbono entre a área de controlo e queimada, usou-se teste *t*-student a nível de significância 0.05 para comparação de média. Para tal, formulou-se as seguintes hipóteses:

H_0 : A média do carbono é igual nas duas áreas

H_a : A média de carbono é diferente nas duas áreas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Distribuição diamétrica das árvores nos três distritos em estudo

A figura 6 mostra a distribuição diamétrica das árvores em cada distrito. A curva da distribuição mostra que os diâmetros das árvores variam de 5 a 55 cm e pela mesma verifica-se que quando o diâmetro aumenta há uma redução de números de árvores. O diâmetro máximo medido foi 55 cm e o diâmetro mínimo foi de 5 cm. Observando o gráfico constata-se que a estrutura da floresta (J-invertido) é típica de florestas de miombo. CAMPBELL (1996) e HESS *et al.*, (2010) citado por REIS *et al.*, (2014) e Louman *et al.*, (2001) citados por RIEIRO *et al.*, (2002) afirmam que numa maneira geral a estrutura de florestas naturais é do tipo J-invertido, o que significa que estas formações vegetais apresentam uma estrutura horizontal dissentânea. Analisando a curva da distribuição também verifica-se que as áreas em que se fez o estudo eram dominadas por árvores do pequeno porte (DAP <30 cm), isto é, a maioria das árvores estavam concentradas nas classes diamétricas de 5-25 cm. Cenário idêntico também foi constatado GUEDES (2004) no seu estudo sobre a caracterização silvicultural e comparação das reservas florestais na província de Manica onde a maioria das árvores nas reservas estavam concentradas nas primeiras três classes diamétricas (5-30 cm), o que significa que, a maioria das árvores eram jovens.

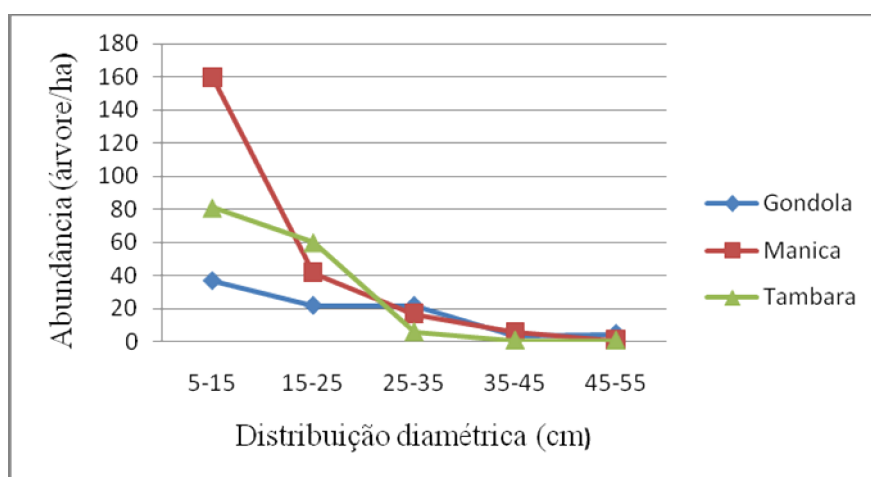


Figura 6: Distribuição diamétrica das árvores nos três distritos.

Pelo comportamento das curvas, verifica-se que existe muita pressão nas árvores com diâmetros maiores (35-55 cm) nos ecossistemas dos três distritos principalmente no distrito de Gondola onde em algumas parcelas deste distrito não foram encontradas árvores o que pode dever-se á queimadas frequentes. Pelas observações feitas no terreno, constatou-se que no ecossistema de Mopane no distrito de Tambara fazia-se exploração de estacas. Segundo os guias locais, para além de exploração de estacas também fazia-se exploração de madeira o que pode ter contribuído para a redução das árvores com diâmetros superiores, cenário defendido por REIS *et al.*, (2014) quando no seu estudo sobre a dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies após a exploração constataram que a exploração florestal reduz a densidade das espécies com diâmetros maiores.

Os resultados do presente estudo, também assemelham-se aos os resultados encontrados por SITO E *et al.*, (2009) no seu estudo sobre a estimativa de carbono em Dombe-Manica, onde a estrutura da floresta encontrada pelos autores era do tipo “J” e a maioria das árvores eram de tamanho pequeno, com DAP que variavam de 10-20 cm.

4.2 Caracterização do material combustível disponível em termos do tipo, distribuição e conteúdo de humidade

4.2.1 Tipo e distribuição do material combustível

Após a uma avaliação qualitativa (observação directa no local), constatou-se que todo material combustível era semi-perigoso e era constituído por galhos finos e semi-secos, folhas e raízes em estado de decomposição. Em termo de arranjo, o material combustível estava distribuído numa forma vertical e horizontal (Tabela 3). Dado que o estudo foi feito no início da época seca, o tipo do material (semi-perigoso) encontrado justifica-se, uma vez que nesta época quase a maioria do material material combustível nos ecossistemas florestais encontra-se no estado semi-verde, facto que contribui para propagação lenta do fogo. Nos distritos de Tambara e Manica constatou-se que havia descontinuidade na distribuição do material combustível causada pela existência de

terrenos rochosos, pedregosos e cursos de água o que dificultou a propagação do fogo. SOARES e BATISTA (2007) afirmam que havendo descontinuidade do material combustível, causada por afloramento de rochas, solo exposto, a propagação do fogo é dificultada ou, em certos casos é interrompida.

A quantidade do material combustível especificamente de herbácea e serapilheira variou de 0.58-2.04 ton/ha nas três áreas de estudo. Com base na quantidade do material combustível disponível e nas observações feitas na área de estudo constatou-se que o grau de compactação do material combustível foi baixo, uma vez que, segundo ANDERSON (1982), quando a carga do material combustível estiver entre 0.5 a 3 ton/ha, o grau de compactação é baixo o que permite a livre circulação do ar entre as partículas. Dado que o grau de compactação era baixo, esperava-se observar uma maior intensidade do fogo e uma maior taxa de propagação do fogo, facto que não foi constatado devido, eventualmente ao tipo do material que era semi-verde e baixa velocidade do vento o que é associado a época de realização do estudo. Situação idêntica foi constatado por TROLLOPE (1978) citado por ZOLHO (2005) no seu estudo sobre o comportamento do fogo na África do Sul onde, a propagação dos incêndios nas savanas foi altamente variável e foi influenciada pela quantidade de humidade do material combustível, diferenças na velocidade de vento e topografia.

Tabela 3. Classificação do material combustível (tipo e distribuição) (Vide classificação da tabela 2).

Descrição do material	Distritos		
	Gondola	Manica	Tambara
Tipo	Semi-perigoso	Semi-perigoso	Semi-perigoso
Distribuição	Vertical e Horizontal	Vertical e Horizontal	Vertical e Horizontal
Continuidade	Continua	Descontinua	Descontinua
Grau de compactação	Baixo	Baixo	Baixo

Por sua vez, CARVALHO (2005) citado por da SILVA (2008) e LUKE & MCARTHUR (1978), citado por TAINTON (1999) afirmam que quanto menor for a taxa de compactação, maior a

quantidade de oxigênio disponível para a combustão e portanto mais rápido se torna o processo de queima como consequente aumento da intensidade do fogo e da sua velocidade de propagação. As características do material combustível encontrado neste estudo também assemelham-se aos resultados encontrados por BATISTA (1995) no seu estudo sobre avaliação da queima controlada em povoamentos florestais. O autor constatou que compactação é uma característica importante do material combustível e quando os espaços entre as partículas for menor, o grau de compactação será maior e quando o material tiver mais espaços entre as partículas, o grau de compactação será menor. SOARES e BATISTA (2007) acrescentam que a compactação do material combustível nos ecossistemas florestais afecta a secagem e consequentemente a velocidade de propagação, e quanto mais compactado o material estiver menos será o calor e velocidade de propagação devido à falta de oxigênio em volta das partículas.

4.2.2 Humidade do material combustível

A humidade dos combustíveis vegetais influenciou na propagação e comportamento do fogo e foi um dos factores mais importantes na determinação da intensidade do fogo. A figura 7 apresenta o conteúdo de humidade do material combustível nos três distritos. As análises estatísticas efectuadas (tabela 4, anexo 4), mostraram que a humidade do material combustível nos três distritos é estatisticamente diferente. Na figura 7 verifica-se que o material combustível do distrito de Gondola apresenta alto teor de humidade com uma média de 42.48% seguido do distrito de Manica com 32.36 % de humidade e Tambara com aproximadamente 25% de humidade. Apesar do teor de humidade do material combustível ser diferente nos três distritos, todos os distritos apresentaram altos teores de humidade o que influenciou na baixa propagação e intensidade do fogo. FROST (1984) citado por ZOLHO (2005), Ward *et al.* (1996) citados por DESANKER *et al.* (1997) e CHENEY *et al.*, (1998) citado por WILLIAMS e RYAN (2011) afirmam que a intensidade do fogo depende da época que ocorre as queimadas, o que está relacionado com o teor de humidade, quantidade e tipo do material combustível e das condições meteorológicas. Situação idêntica também foi constatada por TROLLOPE e TROLLOPE (2002) no seu estudo sobre o comportamento do fogo nas savanas de Africa do Sul, onde os autores

constatarem que quanto maior for a teor de humidade nos materiais combustíveis menor é a intensidade do fogo.

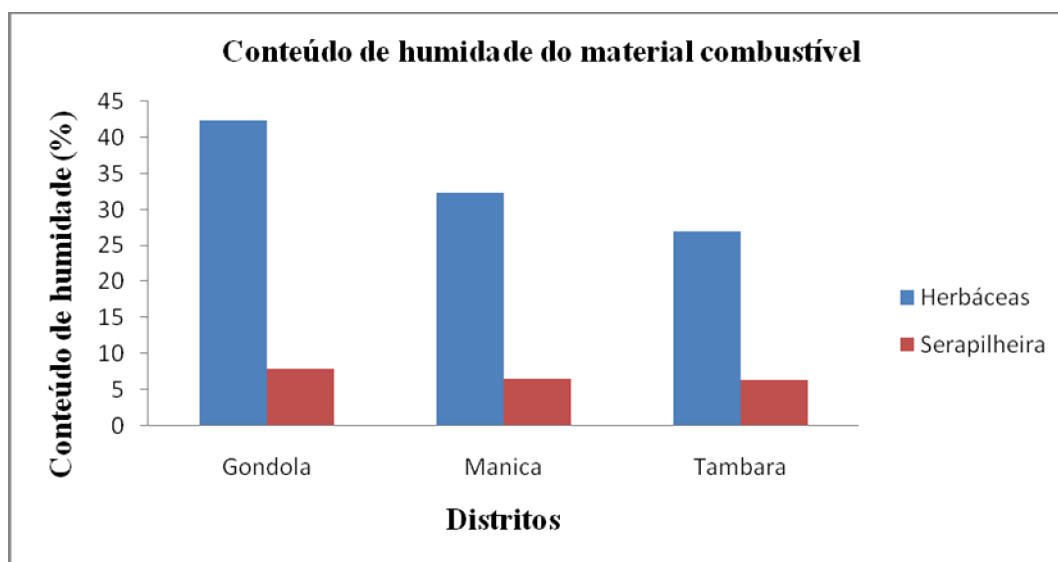


Figura 7: Representação de conteúdo humidade do material combustível.

Durante a queimada, verificou-se que a intensidade e a propagação do fogo nos três distritos era lenta e irregular o que pode ser explicado pelo excesso da humidade no material combustível. De acordo com FANNER e LIMA (1992), citados por SOUTO *et al.*, (2009) quando os teores de humidade dos materiais combustíveis florestais encontrarem-se na faixa de 25 a 30% são considerados perigosos e nessa faixa há uma alta probabilidade de ignição. Para WADE e LUNSFORD (1989) citados por BATISTA (1995), e RODRÍGUEZ (2010), quando a humidade estiver acima de 30% a propagação do fogo é muito lenta e irregular podendo resultar em queimas incompletas. Portanto, os teores de humidade do material combustível encontrado no presente estudo encontram-se abaixo de perigo referenciado pelos autores, indicando um menor risco de ocorrência de incêndio, facto que pode ser justificado pela época do ano em que foi feito o presente estudo, que é considerado uma época não é o pico das queimadas.

Duma maneira geral, o comportamento das queimadas (baixa intensidade e velocidade de propagação do fogo) verificado no presente estudo, foi determinado pela combinação dos

parâmetros que caracterizaram o material combustível, isto é, o tipo, a distribuição, o grau de compactação e a humidade do material combustível, facto referenciado por TAINTON (1999) e SOARES e BATISTA (2007), que o comportamento do fogo é o resultado da interação entre o clima e características do material combustível.

4.3 Estimativa da perda da biomassa e estoque de carbono devido às queimadas florestais

A Tabela 5 apresenta a quantidade de biomassa e carbono antes e depois da queimada. Na mesma tabela observar-se que a maior quantidade da biomassa arbórea e carbono total verificou-se no distrito de Gondola com uma percentagem de 35.70% seguido de Tambara com uma percentagem de 32.78% e por fim Manica (31.91 %). A área de estudo do distrito Gondola apresenta maior estoque de carbono quando comparado com a área de estudo do distrito de Manica, apesar de, as duas áreas pertencerem o mesmo ecossistema (miombo). A maior quantidade da biomassa e carbono no ecossistema florestal de Gondola deve-se ao tamanho das árvores que o ecossistema possui, isto é, durante a recolha de dados observou-se que a área de estudo do distrito Gondola apresentava árvores com diâmetros grandes com uma média de 21 cm, ao contrário do distrito de Tambara e Manica que apresentavam um diâmetro médio de 15 e 12 cm respectivamente, quando comparado com a área de estudo do distrito de Manica. SITOIE *et al.*, (2009) no seu estudo sobre a estimativa de carbono em Dombe constatou que as parcelas que apresentavam maior biomassa, eram aquelas que tinham uma ou duas árvores com DAP > 50cm.

Os resultados de biomassa e carbono encontrados no presente estudo assemelham-se aos resultados encontrados por RIBEIRO *et al.*, (2013), WILLIAMS *et al.*, (2008) e SITOIE *et al.*, (2009). Por exemplo RIBEIRO *et al.*, (2013) no seu estudo sobre monitoramento da dinâmica da vegetação e densidade de estoque de carbono em floresta de miombo encontraram aproximadamente 63 ton/ha de biomassa total e 31.5 ton/ha de carbono médio. Por sua vez WILLIAMS *et al.*, (2008) no estudo feito no miombo de Gorongosa encontrou 33.4 ton/ha de carbono total e SITOIE *et al.*, (2009) no seu estudo sobre a estimativa de carbono em Dombe-Manica, encontraram 31.04 ton/ha de carbono.

Tabela 5: Quantidade de biomassa e carbono total antes e depois da queimada.

Distrito	Componente	Antes da queima		Depois da Queima	
		Biomassa total (ton/ha)	Carbono total (ton/ha)	Biomassa total (ton/ha)	Carbono total (ton/ha)
Gondola	Arbórea	61.34	30.67	61.34	30.67
	Herbácea e liteira	0.58	0.28	0.26	0.13
	Total	61.92	30.95	61.60	30.80
Manica	Arbórea	54.50	27.25	54.50	27.25
	Herbácea e liteira	1.5	0.73	0.76	0.38
	Total	55.96	27.98	55.26	27.63
Tambara	Arbórea	55.46	27.73	55.46	27.73
	Herbácea e liteira	2.04	1.02	1.35	0.675
	Total	57.5	28.75	56.81	28.405

Após a queimada fez-se novamente a contabilização da biomassa e carbono remanescente com vista a determinar a quantidade de carbono perdido após a passagem de fogo. Os dados da Tabela 5, indicam que o distrito de Gondola perdeu 0.32 ton/ha de biomassa e 0.16 ton/ha de carbono devido às queimadas, por sua vez no distrito de Manica perderam-se 0.70 ton/ha de biomassa e 0.35 ton/ha de carbono e finalmente no distrito de Tambara foram perdidos 0.69 ton/ha de biomassa e 0.345 ton/ha de carbono. Com base nos resultados apresentados na tabela 5 constata-se que componente lenhosa não foi afectada, o carbono perdido é o resultado da queima da componente herbácea e serapilheira. Dada a quantidade da biomassa que se perdeu, pode se afirmar que as queimadas foram menos intensas, quando comparado com as queimadas mais

intensas que ocorrem na época seca. A menor intensidade das queimadas e conseqüentemente menor perda da biomassa justifica-se pela época do ano em que foi feito o presente estudo, dado que no fim da época seca geralmente ocorrem queimadas frias, queimadas consideradas menos intensas e que causam menos danos aos ecossistemas florestais uma vez que o conteúdo de humidade do material combustível é alto e velocidade de vento é baixo.

Cenário idêntico foi constatado por BRENDER e COOPER (1968) citados por SOARES e BATISTAS (2007), ao compararam o efeito das queimadas frias e quentes sobre as florestas tropicais, os autores constataram que o consumo do material combustível principalmente a serapilheira foi maior durante as queimadas feitas na época seca em comparação com as queimadas feitas no início da época seca. AMINA *et al.*, (2005) SNYDER e BELLES (2000) salientam que as queimadas que ocorrem no início da época seca têm menos impacto sobre a componente lenhosa limitando-se apenas na queima da componente herbácea e regeneração natural favorecendo o estabelecimento de espécies não desejáveis. Por outro lado, MARTINS *et al.*, (2012) afirmam que quantidade da biomassa que se perde por unidade de área está relacionada com as altas frequências de queimadas numa determinada área.

4.3.1 Comparação do estoque de carbono entre a área de controlo e queimada

A tabela 6 apresenta o estoque de carbono total e a respectiva média, na área queimada e controlo. Na área queimada o estoque de carbono variou de 27.98 a 30.95 ton/ha e na área de controlo o estoque de carbono variou de 20.66 a 25.06 ton/ha. Também na tabela, observa-se que os coeficientes de variação são altos, uma vez que, segundo GARCIA (1989), quando o valor de coeficiente de variação estiver acima de 30% é considerado alto. Os altos coeficientes de variação pode se justificar pelo facto de, em algumas parcelas, encontrarem-se árvores com diâmetros maiores e outras com diâmetros menores ou ainda em outras parcelas sem a componente lenhosa, caso que se verificou na área de estudo de Gondola.

Tabela 6. Quantidade da biomassa e carbono na área queimada e de controle

	Distrito de Manica		Distrito de Gondola		Distrito de Tambara	
	Área queimada	Área de Controle	Área queimada	Área de Controle	Área queimada	Área de Controle
Total de carbono (ton/ha)	27.98	25.06	30.95	33.24	28.75	20.66
MCP* (ton/ha)	3.11	2.78	3.44	3.69	3.20	2.30
Desvio padrão	1.41	1.61	1.02	2.58	1.36	2.65
CV (%)	45.23	57.68	29.70	69.81	42.44	115.41
Valor de <i>P-value</i>	0.41		0.39		0.19	

*- Média de carbono por parcela

Na tabela 6, verifica-se que após as análises estatísticas, o valor de *P-value* é maior, quando comparado a nível de significância (5%). Uma vez que o valor do *P-value* é maior ($0.41 > 0.05$; $0.39 > 0.05$; $0.19 > 0.05$), pode se concluir que existem evidências suficientes para se aceitar a hipótese nula, isto é, o média de carbono na área queimada não é diferente da média de carbono na área de controle nos três distritos. Essas semelhanças podem ser explicadas pelas semelhanças entre as duas áreas em termo das características da vegetação e mesmo grau de cobertura.

4.4 Determinação das emissões de gases de efeito estufa a partir das queimadas florestais (CO₂, N₂O, E NH₄)

4.4.1 Variação dos factores meteorológicos após a queimada

Depois da queimada controlada fez-se novamente a medição dos factores meteorológicos com o objectivo de apurar-se a influência das queimadas sobre os factores meteorológicos. Para o distrito de Gondola a temperatura aumentou em 2.4 °C, isto é, passou de 25.8 °C para 28.2 °C e humidade relativa reduziu de 42% para 39%. No distrito de Tambara, depois da queimada houve um aumento em 4.4 °C de temperatura, a humidade relativa reduziu de 44.5% para 38%. Para o distrito de Manica também houve um aumento de temperatura em 4.1 °C, uma redução de humidade relativa em 7.4%, isto é de 51.7% para 44.3%. Observando esses resultados, constata-

se que de facto as queimadas contribuíram para alteração dos factores meteorológicas no local do estudo. Um estudo semelhante feito por BATISTA (1995) sobre a queima controlada mas em povoamento do *Pinus taeda* mostrou a influência de queimada sobre os factores meteorológicos, por exemplo antes da realização da queimada a temperatura rondava nos 20° C e durante a queima a temperatura flutuo entre 25 e 30° C, a humidade relativa estava em 70% antes da queimada mas durante a queimada a mesma ficou abaixo de 60%.

4.4.2 Emissões de GEE nos três distritos estimados pelo método indirecto

Os resultados apresentados na tabela 7 mostram as quantidades de GEE (ton) que foram emitidos devido às queimadas florestais com base no método indireto nos três distritos. Na tabela, pode se verificar que numa área queimada de 1ha, as emissões de CO₂, foram, 0.51; 1.09 e 1.1 toneladas para os distritos de Gondola, Tambara e Manica respectivamente. Com base nos resultados da tabela, verifica-se que os distritos de Manica e Tambara apresentam valores semelhantes de emissões CO₂, justificando-se por apresentar aproximadamente mesma quantidade de carbono na componente herbácea e serapilheira, o que não acontece no ecossistema do distrito de Gondola. O distrito de Gondola apresentou valores reduzidos de emissões de CO₂ quando comparado com os outros distritos, o que pode se justificar pela menor quantidade da biomassa da componente herbácea e serapilheira disponível na área de estudo de Gondola. Durante a queimada também constatou-se que o fogo atingiu quase toda área de estudo em Manica e Tambara o que não aconteceu na área de estudo de Gondola devido ao alto teor de humidade do material combustível neste distrito o que está relacionada com elavada precipitação que cai neste distrito, o que pode ter contribuído nas quantidades reduzidas das emissões de CO₂.

Constatou-se também que foram emitidas quantidades reduzidas de CH₄ e N₂O comparativamente com CO₂, o que pode explicado pelo facto de as emissões de CH₄ e N₂O acontecerem como resultado da decomposição da matéria orgânica em sistemas biológicos, processos agrícolas, decomposição dos resíduos de animais e produção de culturas forrageiras fixadoras de nitrogénio. Segundo a IPCC (2007b) e U.S. Environmental Protection Agency (2013), o gás CH₄ é produzido através da decomposição anaeróbica da matéria orgânica em

sistemas biológicos, processos agrícolas como o cultivo de arroz nas zonas húmidas, fermentação estérica em animais e da decomposição de resíduos de animais.

Tabela 7: Emissões de GEE a partir de queimadas florestais.

	Distritos		
	Gondola	Manica	Tambara
Biomassa antes da queima (Bi) em ton/ha	61.92	55.96	57.5
Biomassa depois da queima ton/ha	61.6	55.26	56.81
Area queimada (Ai) em hectar	1	1	1
Factor de combustão (Cf)	0.005	0.03	0.01
Factor de emissão (Ggi)	1580	1580	1580
Emissões de CO ₂ (ton)	0.51	1.11	1.09
Emissões de CH ₄ (ton)	0.002	0.005	0.0052
Emissões de N ₂ O (ton)	0.00006	0.0001	0.0001

Dado que as queimadas feitas no presente estudo foram consideradas frias, os resultados apresentados na tabela 7, justificam-se uma vez que este tipo de queimadas tem menor impacto sobre a vegetação, caso que se observou depois da queimada. Por exemplo resultados preliminares de um estudo semelhante, feito no fim da época seca por BANDEIRA *et al.*, (ainda por publicar) indicam altos valores (aproximadamente 2 toneladas) de CO₂ emitido. Geralmente, as queimadas que ocorrem no início da estação seca (queimadas frias) têm menos impacto sobre a vegetação, quando comparado com as queimadas que ocorrem na estação seca devido a alta humidade e baixa intensidade do fogo, facto referenciado por WILLIAMS e RYAN (2011) que queimadas em condições de baixa intensidade podem preservar a biomassa em floresta de miombo.

Os resultados deste estudo assemelham-se aos resultados de um estudo feito por DIAS *et al.*, (2005), relacionado com as emissões de queimadas em ecossistemas florestais, onde os autores concluíram, que em cada 1kg de biomassa queimada emite-se em torno de 1500 a 1700 g de CO₂ assumindo que 50% da biomassa é queimada. Para HOUGHTON (1990) citado por DIAS *et al.*,

(2005), as emissões CH₄ estão na ordem de 1% da quantidade de CO₂. Também estudo feito por HIGUCHI (s/d) citado por GRECCO (2011), mostram que se uma árvore de 100kg de carbono for queimada, vai acrescentar 367 quilos de CO₂ na atmosfera, isto é, se são queimados 100 kg de carbono, haverá emissão de 367 kg de CO₂ na atmosfera.

4.4.3 Emissões de GEE nos três distritos estimado pelo método directo

A figura 9 ilustra as variações das emissões de CO₂ medidas pelo aparelho CO₂ Analyser, num determinado intervalo do tempo devido às queimadas florestais nos três distritos. Através da queima directa da biomassa, as emissões variavam de 720-824 ppm nos distritos de Manica e Tambara enquanto que no distrito de Gondola as emissões variavam de 630-690 ppm. As diferenças das quantidades das emissões verificadas nos distritos justificam-se pelas diferenças em termos da quantidade de biomassa encontrada em cada distrito. Através dos gráficos, também verifica-se que o distrito de Manica, mesmo tendo baixos valores da biomassa, quando comparado com o distrito de Gondola, teve altos valores de emissões em relação ao distrito de Gondola. Esse facto deve-se pela quantidade da biomassa que foi consumida pelo fogo, isto é, no distrito de Manica toda área de 1ha foi atingida pelo fogo o que não aconteceu no distrito de Gondola.

Pelo comportamento dos gráficos da figura 9, constata-se que existe uma relação sigmoideal nos gráficos principalmente para o distrito de Tambara. Por exemplo, para curva que representa as emissões no distrito de Tambara, no intervalo de 0-35 minutos, há uma tendência de aumento das emissões de CO₂, onde a partir dos 35-45 minutos as emissões estabilizam-se, facto que acontece nos outros distritos.

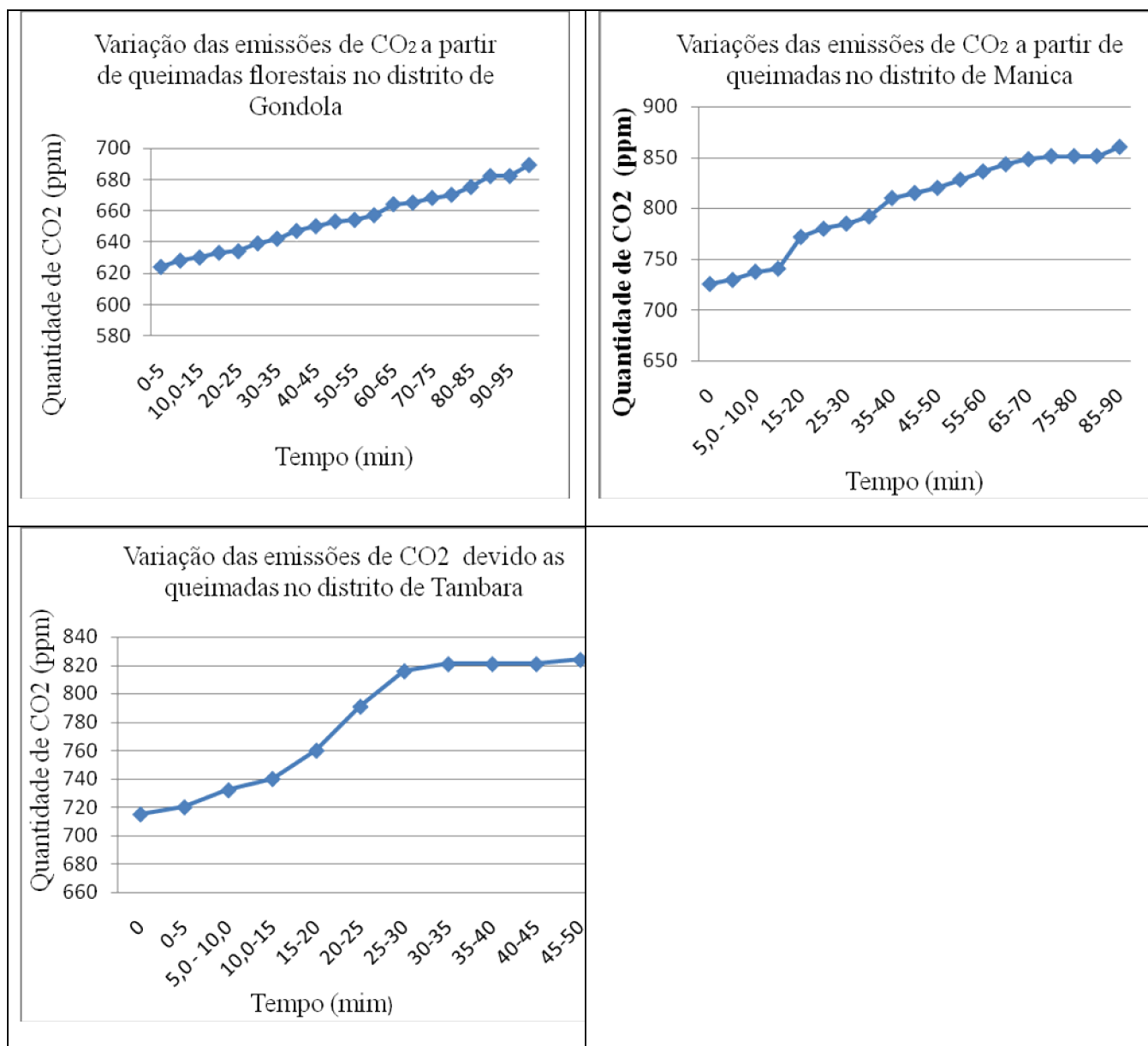


Figura 8: Emissões CO₂ devido às queimadas pelo método directo.

Segundo FEARNSIDE (2002) os incêndios representam uma grande fonte adicional de emissões de gases de efeito estufa. BAILIS *et al.*, (s/d) afirmam que estudos recentes mostram que o gás de efeito estufa (GEE) provenientes da queima de biomassa pode rivalizar ou exceder as emissões de gases de efeito estufa com base em combustíveis fósseis em muitos países menos

desenvolvidos. IPCC (2007a), considera que ano após ano, regista-se o aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera devido as actividades humanas, por exemplo no ano de 2011, as concentrações oscilavam nos intervalos de 389 ppm. No distrito de Gondola foram emitidas aproximadamente 690 ppm, o que significa que em um milhão de moléculas que se encontrava distribuídas na atmosfera 690 moléculas foram de CO₂. Na área de estudo de Manica foram emitidas cerca de 860 moléculas de CO₂ em um milhão de moléculas concentradas na atmosfera. As características do material combustível podem ter contribuído nas diferenças em termos de emissões de CO₂, em cada distrito facto que se constatou no método indirecto. Segundo FARQUHAR *et al.*, (s/d), as altas taxas de aumento de CO₂ são explicadas pela redução da absorção da terra, causa em parte pelos efeitos das altas temperaturas e queimadas sobre os ecossistemas terrestres nos trópicos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo indicam que o material combustível presente na áreas de estudo era semi-perigoso e apresentava alto teor de humidade (acima de 20%), o que limitou a progressão do fogo. Também foi constatado que todo material combustível estava distribuído numa forma vertical e horizontal com espaçamento entre as partículas indicando grau de compactação baixo. Fazendo uma combinação dos parâmetros em estudo nomeadamente o teor de humidade, tipo, distribuição e grau de compactação do material combustível, concluiu-se que essas características tiveram influência no comportamento do fogo isto é, na fraca propagação e intensidade do fogo. A técnica da queima usada foi determinada pelas condições meteorológicas e das características do material combustível.

Pela quantidade da biomassa e estoque de carbono que se perdeu concluiu-se também que as queimadas não provocaram maiores danos à componente lenhosa, mesmo após da passagem de fogo as componentes herbácea e serapilheira não foram totalmente afectada, esperando-se que recupere em pouco tempo. Também foi constatado que o ecossistema do distrito Gondola, devido ao tamanho das árvores que eram maiores, apresentou quantidades relativamente maiores da biomassa total e estoque de carbono em relação aos outros distritos.

As quantidades das emissões verificadas no presente estudo tanto no método directo assim como no método indirecto, é o reflexo da quantidade da quantidade do material que foi afectada pelo fogo. Pelo método indirecto os valores das emissões do CO₂ variaram de 0.5 a 1 tonelada nas três áreas de estudo e que as áreas de estudo do distrito de Tambara e Manica apresentaram resultados semelhantes em termo das quantidades das emissões (1 tonelada). Os resultados deste estudo mostram que as queimadas florestais tem impacto principalmente na emissão de CO₂ o principal gás de efeito estufa e que as emissões de CH₄ e N₂O e outros gases e resultados das outras actividades. Embora os resultados deste estudo mostram valores menores em termos da perda da biomassa e estoque de carbono, as queimadas florestais constituem uma grande preocupação no que diz respeito a degradação florestal e emissões de gases de efeito estufa.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se;

A realização do mesmo estudo em outras províncias do país, principalmente em locais com maior frequência de queimadas, com vista aperfeiçoar a metodologia usada no presente estudo.

Recomenda-se também, após um ou dois anos faça-se estudo idêntico nas mesmas áreas a fim de avaliar a dinâmica da vegetação depois da passagem do fogo e fazendo uma comparação da área queimada e a área de controlo.

O uso de método indirecto para estimativas de emissões de CO₂, visto que este método já foi testado, recomendado pelo IPCC e por facto deste método mostrar uma relação entre a quantidade de biomassa e carbono perdido e quantidades de emissões. Também o método indirecto é mais preciso dado que fornece resultado das emissões proveniente da queima directa da biomassa enquanto que o método directo, para além de captar emissões provenientes da queima da biomassa, pode captar emissões provenientes de outras fontes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINA, J. B. R; GARZA, E.J.T.; CHAIDEZ, J.de J. N; CALDRRÓN, O. A. A; SILVA, I. C. 2005. Caracterización de Combustibles Leñosos en el Ejido Pueblo Nuevo, Durango. Revista Chapingo. Vol. 11. Universidade Autónoma Chapingo- México

ANDERSON H. E. 1982. Aids to Determining Fuel Models For Estimating Fire Behavior. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station Ogden, UT 84401. General Technical Report INT-122

ARGOLA, J. F. G. 2004, Causas de Mudança de Cobertura Florestal No Corredor da Beira. Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal,

ARAÚJO, M. B. & RAHBEK C. 2006. How does climate change affect biodiversity? Science 1396-1397.

BATISTA, A. C. 1995. Avaliação da Queima Controlada em Povoamentos de *Pinus Taeda* L. no Norte do Paraná Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em Ciências Florestais. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

CAMPBELL. B. 1996. The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa. CIFOR

CANGELA. A, 2014. Estudo de Regime de Queimadas do Ecossistema de Miombo na Reserva Nacional do Niassa. UEM-FAEF. Tese de Mestrado

CONTI, J. B; 2005. Considerações Sobre as Mudanças Climáticas Globais. São Paulo.

CHIDUMAYO, E.N. 1994. Effect of wood carbonization on soil and seedling productivity in miombo woodland. Forest Ecology and Management.

CLIMATE FUNDS UPDATE , 2014. Disponível em: <<http://www.climatefundsupdate.org/>>. Acessado em 11 de Março de 2014.

DA EIRA. A. B. 2008. Humidade do combustível em tipos florestais contíguos. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.

DA SILVA, M.C.P.F. 2008. Caracterização dos combustíveis florestais em sobreirais de Trás-os-Montes e Alto Douro. Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro Vila Real.

DE CASTRO-NEVES. B. M; 2007. Efeito de Queimadas em Áreas de Cerrado Stricto Sensu e na Biomassa de Raízes Finas. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas- Departamento de Ecologia

DE MATOS, C.N.N; 2012. Dinâmica da Vegetação e Contúdo de Carbono no Miombo na Reserva Nacional no Niassa. Tese de mestrado.

DESANKER, P.V; FROST, C.O. JUSTICE, e SCHOLES, R.J. 1997. The Miombo Network: Framework for a Terrestrial Transect Study of Land-Use and Land-Cover Change in the Miombo Ecosystems of Central Africa. The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), Stockholm, Sweden.

DIAS, P. L. S.; LONGO, K. M; FREITAS S. R; DIAS M. A. F. 2005. Emissões de Queimadas em Ecossistemas da América do Sul. Vol.19 no.53 São Paulo

DONALD, M. e MAPAURE, I (2006). Post-re resprouting of *Colophospermum mopane* saplings in a southern African savanna. Journal of Tropical Ecology, 22, pp 231-234

FAO, 2001. International Forest Fire News. Disponível em www.fire.unitefreiburg.de/iffn/25.pdf acessado no dia 10/12/2014.

FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Rome, Italy. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>>.

FARQUHAR, G.D., FASHAM, M.J.R., M.L. GOULDEN, HEIMANN, M., JARAMILLO V.J., KHESHGI H.S., QUÉRÉ C. LE, SCHOLLES R.J., WALLACE, D.W.R. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide

FERNANDES P., BOTELHO. H., e LOUREIRO C., 2002. Manual de Formação para a Técnica do Fogo Controlado. Departamento Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro-Vila Real

FEARNSIDE, P. M, (2002), Fogo e emissão de Gases de Efeito Estufa dos Ecossistemas Florestais da Amazônia Brasileira. CNPq e Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-Brasil

FOGAÇA, J.R.V (2014), Concentração em Partes por Milhão (ppm). Disponível em <http://www.alunosonline.com.br/quimica/concentracao-partes-por-milhao-ppm.html>, Acessado no dia 25 de Novembro de 2014.

GARCIA, C.H. 1989. Tabela para Classificação de Coeficiente de Variação. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais.

GANDIW, E. e KATIVU, S. 2009, Influence of Fire Frequency on *Lophospermum Mopane* and *Combretum Apiculatum* Woodland Structure and Composition In Northern Gonarezhou National Park, Zimbabwe Koedoe, 51(1), Art. #685, 13 pages. DOI: 10.4102/koedoe.v51i1.685

GUEDES, S. B. 2004. Caracterização Silvicultural e Comparação das Reservas Florestais De Maronga, Moribane e Zomba, Província de Manica. Universidade Eduardo Mondlane-Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Tese de Licenciatura.

GRECCO, D. 2011. Reserva de carbono. Disponível em: Em <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/amazonia-emite-co2-absorve-problema-ciclo-fim-646275.shtml?func=2> Acessado no dia 23/09/2013.

HOUGHTON, R. A., 2005. "Tropical deforestation as a source of greenhouse-gas emissions", In Tropical Deforestation and Climate Change, Eds. P. Moutinho and S. Schwartzman, Belém: IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia ; Washington DC - USA : Environmental Defense. Disponível em: <www.environmentaldefense.org/documents/4930_TropicalDeforestation_and_ClimateChange.pdf>. Acesso em: 10 Março. 2014.

IPAM, 2012. REDD no Brasil: um enfoque amazônico Fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal – REDD

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL (IBA). 2009. Incêndios Florestais Causas, Conseqüências e Como Evitar.

IPCC 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

IPCC 2006. ; Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volume 4

IPCC. 2007a. Working Group contributions to the Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report.

IPCC. 2007b. Mudança do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

KALL, K. 2006. The role of fire in the Miombo forest. And the adaptation of the Community-based forest management to meet local needs. Environment and Development Educational Program. School of Life Sciences

KAUFFMAN, J.B.; MARTIN, R.E. 1989. Fire behavior, fuel consumption, and forest-floor changes following prescribed understory fires in Sierra Nevada mixed conifer forests. Can. J. For.Res., Ottawa.

LACASTA, N. S. e BARATA, P. M. 1999. O Protocolo de Quioto Sobre Alterações Climáticas: Análise e Perspectivas

MAE. (2005a). Perfil do Distrito de Tambara. Província de Manica. Série perfis distritais. Maputo.

MAE. (2005b). Perfil do Distrito de Gondola. Província de Manica. Série perfis distritais. Maputo.

MAE. (2005c). Perfil do Distrito de Manica. Província de Manica. Série perfis distritais. Maputo.

MARTINS, F. S. R. V.; XAUD, H. A. M.; DOS SANTOS, J. R.; GALVÃO, L.S. 2012. Effects of fire on aboveground forest biomass in the northern Brazilian Amazon. Journal of Tropical Ecology, v.28.

MARZOLI, A. (2007). Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique-Aifm. Inventário Florestal Nacional-Relatório Final. Maputo

MICOA 2007. Plano De Acção Para A Prevenção E Controlo Às Queimadas Descontroladas 2008-2018

MOTTA D. S. 2008. Identificação dos fatores que Influenciam no Comportamento do Fogo em Incêndios Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Engenharia Florestal Seropédica- RJ.

MUNIZ, R. M (2010), Aquecimento Global: Uma investigação das Representações Sociais e Concepções de alunos de escola básica. Universidade de São Paulo. Tese de mestrado.

NHANTUMBO I., Rombe. R. e Guedes .B. 2013. Implementação do Redd+ no corredor da Beira abrangendo as províncias de Manica, Sofala e Zambézia. Primeiro encontro de planificação do projecto: 5 e 6 de Novembro 2012

NHANTUMBO, I. 2012. Âmbito e Escala do REDD+ : Opções para Moçambique. IIED

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M., DOS REIS, P. C. M. DE CARVALHO, J. O. P; SOARES, M. H. M. 2014. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. Remista de Ciências Agrárias. Amazonia Journal os Agricultural and Enveronmental Sciences.

PARR, C.L; ROBERTSON, H. G; BIGGS, H.C; e CHOWN S. L; 2004. Response of African savanna ants to long-term fire regimes. Journal of Applied Ecology

RIBEIRO N.; SITOIE, A. GUEDES, B. STAISS C. 2002. Manual de Silvicultura Tropical. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de agronomia e engenharia Florestal. Maputo

RIBEIRO, N. 2007. Interaction among fire, fuel and Elephants (*Loxodonta africana blumenbach*) in miombo woodlands of northern Mozambique. University of Virginia, USA.

RIBEIRO, N. 2008. The effects of fire and elephants on species composition and structure of the Niassa Reserve, northern Mozambique. Forest Ecology and Management

RIBEIRO, N.; MATOS, N.C; MOURA, I.; ALLEN R; RIBEIRO, A. 2013. Monitoring vegetation dynamics and carbon stock density in miombo woodlands. Disponível em <http://www.cbmjournal.com/content/05/1/15>.

PARANTE, H. N & PARENTE, M. O. M. 2010; Impacto do Pastejo no Ecossistema Caatinga. Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR. Vol. 13. 120 pp

PETERNELLI, L.A; Regressão linear e correlação. Disponível em:

www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/.../CAPITULO9.pdf. Acessado no dia 24/11/14. 11pp

PEARSON, T.; SARAH, W., BROWN, S. 2005. Source book for Land use, Land-use change and forestry projects. Pag 1-57.

RYAN. C.M; WILLIAMS M. 2011. How does fire intensity and frequency affect miombo woodland tree populations and biomass? Ecological Society of America

RODRÍGUEZ, M. P. R. 2010. Manejo del fuego. Editorial Félix Varela, Calle A No. 703, esq. a 29 Vado, La Habana, Cuba.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; CALIL, F. N, 2005. Proteção Florestal. Ministério da Educação e Cultura. Universidade Federal De santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Ciências Florestais. Santa Maria.

SITOE, A. 2003. Bases ecológicas para agronomia e silvicultura. Universidade Eduardo Mondlane-Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

SITOE, A.; SALOMÃO, A. e Wertz-Kanounnikoff ; Sheila. 2012: O Contexto de REDD+ em Moçambique Causas, Actores e Instituições. Publicação Ocasional 76. CIFOR, Bogor, Indonesia

SITOE, A. e TCHAÚQUE, F. 2006. Medição da Biomassa Florestal em Moçambique. Maputo.

SITOE, A. e Guedes, B. Linha de Referência, Monitoria, Relatório e Verificação para o REDD+ em Moçambique. Universidade Eduardo Mondlane e International Institute for Environment and Development.

SITOE A.; GUEDES, B; MACHOCO, R; CAMBULE, A; CUNHETE, D; NACAMO, E e ROMANO, G. 2009. Baseline carbon estimation in Dombe, Manica Biofuel production area Mozambique Principle Energy. Gestão de Recursos Naturais e Biodiversidade. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal- Universidade Eduardo Mondlane.

SNYDER J. R. e BELLES H. A. 2000. Long-term Study of Fire Season and Frequency in Pine Forest and Associated Cypress Wetlands, Big Cypress National Preserve: Project Description and Preliminary Data. U. S. Geological, Sey Biological Resources Division Florida Caribbean Science Center, Big Cypress National Preserve Field Station Ochopee, Florida

SOARES, R. V. e BATISTA, A. C. (2007), Incêndios Florestais Controle, efeito e uso do fogo. Curitiba, Paraná, Brasil.

SOUTO P. C.; JÚNIOR J. E. V. C.; S; ALMEIDA, F. C. P. D ; MARTINS, S.; .ARAÚJO, I. E.L.D; SOUTO J. S. 2009. Quantificação do material combustível em plantios florestais e em remanescente de mata atlântica no brejo da Paraíba, Brasil . Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6.

SUN, L.; HU, H.; GUO.Q. & Lv , Xinshuang. 2011 Estimating carbon emissions from forest fires during 1980 to 1999 in Daxing'an Mountain, China. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China.

TAINTON N. M (1999). Veld Management in South Africa.University of Natal Press Pietermaritzburg

TOMO, F.A. 2012. Estimativas de Stock de Carbono nas Florestas de Miombo em Gondola. Universidade Eduardo Mondlane- Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal- Departamento de Engenharia Florestal. Tese de Licenciatura.

TORRES, F. T. P. 2006. Relações Entre Fatores Climáticos E Ocorrências De Incêndios Florestais Na Cidade De Juiz De Fora (Mg)

TYNER, W. E., Taheripour, Farzad; Zhuang, Qianlai; Dileep Birur, Uris Baldos. (2010) Land Use Changes and Consequent CO2 Emissions due to US Corn Ethanol Production: A Comprehensive Analysis. Department of Agricultural economics Purdue University.

TROLLOPE W.S.W. & TROLLOPE L.A, 2002. Fire behaviour a key factor in the fire ecology of African grasslands and savannas. Forest Fire Research & Wildland Fire Safety, Viegas. Department Livestock & Pasture Science, University of Fort Hare, Private Bag X1314, Alice, 5700, South Africa

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONFERENCE ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC), 2007. Report of the Conference of the Parties on its thirteenth session, held in Bali from 3 to 15 December 2007, Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its thirteenth session. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf>>.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONFERENCE ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC), 2014. What is the clean development mechanism, em <<http://cdm.unfccc.int/about/index.html>>. Acessado em: 11 Nov. 2014.

U.S. Environmental Protection Agency. 2013. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2011 1200 Pennsylvania Ave., N.W. Washington, DC 20460 U.S.A

VALLEJO, R. (s/d). O Fenómeno dos Incêndios no Mundo: Causas e Consequências. Land Care In Desertification Affected Areas Fron Science Towards Application.

WILLIAMS, M. C; RYAN, R.M. REES, E.; SAMBANE, J.; FERNANDO, J.; GRACE. 2008. Carbon sequestration and biodiversity of re-growing miombo woodlands in Mozambique. Forest Ecology and Management.

[Www.convambientais.gov.mz/index.php?option=com_docman](http://www.convambientais.gov.mz/index.php?option=com_docman). acessado no dia 06-07-2013).

Www. noticias.mmo.co.mz. 2012. Queimadas descontroladas desalojam 19 famílias em Manica. Acessado no dia 08-12-2014.

ZOLHO, R. 2005. Effect of Fire Frequency nn the Egeneration of Miombo Woodland In Nhambita, Mozambique. Tese de Mestrado. University of Edinburgh

ZOLHO, R. 2010. Mudanças Climáticas e as florestas em Moçambique. Edição: Amigos da Floresta/Centro de Integridade Pública.

Anexos

Anexo 1: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Tambara

Tabela 1

regress peso ad

Source	SS	df	MS	Number of obs = 45		
Model	.233212732	1	.233212732	F(1, 43) =	97.13	
Residual	.103246137	43	.002401073	Prob > F =	0.0000	
Total	.336458868	44	.007646792	R-squared =	0.6931	
				Adj R-squared =	0.6860	
				Root MSE =	.049	

peso	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ad	.0008	.0000812	9.86	0.000	.0006363	.0009638
_cons	.0078559	.0098657	0.80	0.430	-.0120402	.0277521

Variable	Shapiro-wilk w test for normal data				
	Obs	w	V	z	Prob>z
peso	45	0.77054	9.937	4.867	0.00000
ad	45	0.79858	8.722	4.590	0.00000

. summarize peso ad

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
peso	45	.0732111	.0874459	0	.425
ad	45	81.68889	90.99821	0	410

. correlate peso ad
(obs=45)

	peso	ad
peso	1.0000	
ad	0.8325	1.0000

Anexo 2: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Gondola

Tabela 2

Source	SS	df	MS	Number of obs = 45		
Model	.093135313	1	.093135313	F(1, 43) =	57.21	
Residual	.070002332	43	.001627961	Prob > F =	0.0000	
Total	.163137644	44	.003707674	R-squared =	0.5709	
				Adj R-squared =	0.5609	
				Root MSE =	.04035	

pesosecokg	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
adcm	.0023288	.0003079	7.56	0.000	.0017079	.0029498
_cons	-.0028332	.0140359	-0.20	0.841	-.0311393	.0254729

Variable	Shapiro-wilk w test for normal data				
	Obs	w	V	Z	Prob>z
peso	45	0.95472	1.961	1.427	0.07677
ad	45	0.91937	3.492	2.650	0.00402

. summarize peso ad

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
peso	45	.10383	.0691575	0	.2793
ad	45	215.5556	156.2094	0	460

. correlate peso ad (obs=45)

	peso	ad
peso	1.0000	
ad	0.6294	1.0000

Anexo 3: Resultado de equação de regressão e seus respectivos testes desenvolvido em Manica

Tabela 3

. regress peso ad

Source	SS	df	MS	Number of obs = 45		
Model	.070818742	1	.070818742	F(1, 43) =	102.41	
Residual	.029736502	43	.000691547	Prob > F =	0.0000	
Total	.100555244	44	.002285346	R-squared =	0.7043	
				Adj R-squared =	0.6974	
				Root MSE =	.0263	

peso	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ad	.0174485	.0017242	10.12	0.000	.0139713	.0209258
_cons	.0299476	.0080166	3.74	0.001	.0137806	.0461146

Variable	Shapiro-wilk w test for normal data				
	obs	w	V	z	Prob>z
peso	31	0.90231	3.182	2.398	0.00824
ad	31	0.93734	2.041	1.478	0.06969

. summarize peso ad

variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
peso	31	.0328387	.0238678	0	.069
ad	31	40.56452	32.76374	0	110

(obs=31)

	peso	ad
peso	1.0000	
ad	0.8506	1.0000

Anexo 4: Análise de variância do conteúdo de humidade do material combustível nos três distritos.

Tabela 4.

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	5548.575	2	2774.287376	8.1045692	0.000478774	3.064761
Within Groups	45185.12	132	342.3115156			
Total	50733.69	134				

Anexo 5: Formulário para o levantamento de dados no campo

a) Componente arbórea

Sendo: DAP= Diâmetro a altura do peito; Árvores adultas ($DAP \geq 5$ cm)

Província: Manica Distrito: _____ Ficha _____ / _____ *Longitude(GPS-E)*
Latitude(GPS-) _____ *Altitude* _____ Tipo de Vegetação _____ Tipo
Florestal _____ Parcela N°. _____ Tamanho _____ x _____

Observações sobre a parcela _____

Data: _____ /06/2014

ID	Nome Vernacular	Nome Científico	DAP (cm)	Observações

b) Herbáceas e Liteira

Parcela	Sub-parcela	Peso húmido (kg)			Observação
		Herbácea	Serrapilheira		
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

c) Dados meteorológicos

Local _____; Longitude(GPS-E _____ Latitude(GPS-
) _____ Altitude _____ . Hora da queima _____

Data: _____ Parcela nr. _____

1. Dados Meteorológicos

Velocidade de Vento _____; Temperatura _____ Humidade Relativa _____

2. Comportamento do fogo

Técnica de queima utilizada _____

Hora do início da Queima _____; Término _____

Altura média das chamas _____; Altura de crestamento _____;

Temperatura antes _____; Temperatura durante _____; Temperatura depois _____

Cor das Chamas _____; Velocidade de propagação do vento _____