



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Florestal

Curso de Licenciatura em Engenharia Florestal

Projecto Final

**DINÂMICA ESPACIAL DA INTERACÇÃO ENTRE MANADAS DE ELEFANTES NA
RESERVA FLORESTAL DE MORIBANE – PROVÍNCIA DE MANICA**

Autor:

Paulito António Clavete

Supervisor:

Prof. Doutor Valério Macandza

Co-Supervisor:

Eng. Faruk Mamugy

Maputo, Junho de 2014

**Dinâmica espacial da interacção entre manadas de elefantes na Reserva
Florestal de Moribane – Província de Manica**

Projeto Final submetido ao Departamento de Engenharia Florestal,
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo
Mondlane, em cumprimento parcial dos requisitos exigidos para obtenção
do grau académico de Licenciado em Engenharia Florestal.

Maputo, Junho de 2014

RESUMO

O elefante africano é uma espécie de alto valor ecológico, é chave, carismática, generalista e umbrella. O impacto sobre o seu habitat aumenta se as áreas usadas por diferentes manadas se sobrepõem ou a manada usa a mesma área em anos consecutivos. Pretende-se estudar os deslocamentos, distâncias de separação, sobreposição e tamanho da área de uso de mandas de elefantes para a avaliação da interação entre manadas de elefantes. Para a avaliação destas variáveis foram montadas coleiras com GPS em 2 elefantes (representando 2 manadas), um macho e uma fêmea para registar coordenadas da localização das manadas. O método de kernel fixo foi usado para estimar as áreas de uso total (95% kernel) e uso intenso (50% kernel) para cada estação e subestação. Determinou-se as áreas de uso comum entre manadas e depois foram calculadas as proporções de sobreposição. As distâncias de separação foram calculadas usando pares de coordenadas de ambas manadas registadas na mesma hora do dia. Os deslocamentos diários foram calculados usando pares de coordenadas da mesma manada com uma separação temporal de 24 horas. As manadas aumentam as suas áreas de uso da estação seca a chuvosa. A sobreposição do uso de espaço indica que as manadas usam a mesma área total. Mas, a área de uso intenso é diferente em épocas com escassez de recursos (e que não é de acasalamento). As distâncias de separação são maiores na estação seca que na estação chuvosa. Os deslocamentos diários são maiores no final da estação seca devido a escassez de recursos e não diferem significativamente entre sexos. Os resultados indicam que as manadas, usam a mesma área e tendem a evitar-se uma da outra no período de escassez de recursos e que não é de acasalamento.

Palavras-chaves: *elefante, uso do espaço, interacção entre manadas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus misericordioso, pelo seu acompanhamento durante o meu percurso estudantil.

Aos meus pais António Clavete e Fátima Júlio, pelo acompanhamento, força, paciência, amor incondicional e preocupação nos momentos difíceis, foram guerreiro pela minha vida e formação meu muito abrigado.

Ao meu supervisor Prof. Dr. Valério Macandza, pela paciência, pela sua inestimável ajuda, conselhos e acompanhamento para que trabalho fosse realizado.

Ao co-supervisor Eng^o Faruk Mamugy, pelas críticas, conselhos e acompanhamento durante a realização do trabalho.

Aos meus irmãos pelo sacrifício que passaram, o pedaço de pão que lhe foi tirado para minha ajuda meu muito obrigado.

Aos meus colegas e amigos Mussagy, Guarinare, Amadeu, Milton, Salomão, Ivete, Eva, Lisboa, geração 2009 em geral, pela força, encorajamento, companheirismo.

Aos meus amigos e colegas na residência nº 06 com destaque no bloco Bagdad pela amizade companheirismo e seus ensinamentos e em especial, aos colegas de quarto 010, Cumaio, Chizango, Ismael, Mwasenga, Mboya, Nercelio e Leonel, pelo conselho, força e amizade e acolhimento.

A todos aqueles que duma forma directa ou indirecta contribuíram para que este trabalho fosse até ao fim, corpo docente, CTA, amigos, colegas, familiares e parentes.

ÍNDICE

RESUMO	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ANEXOS.....	v
LISTA DE ABREVEATURAS.....	vi
Dedicatória	vii
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Problema e Justificação.	3
1.3 Objectivos	4
1.3.1 Geral:	4
1.3.2 Específicos:	4
2.0 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	5
2.1 Taxonomia	5
2.2 Dimorfismo sexual	5
2.3 Comportamento social.....	6
2.4 Distribuição geográfica dos elefantes.....	7
2.5 Dieta e necessidade de água.....	8
2.6 Movimentos de elefantes	9
2.7 Coesão e isolamento de manadas.....	9
2.7.1 Relação entre distância de separação e padrões de movimentos das manadas ..	10
2.8 Deslocamentos de manadas	11
2.9 Comportamento do uso de espaço.....	12
2.10 Uso de método de Kernel para estimativa de área de uso	13
2.10.1 Minimum Convex Poligon (MCP) – Polígono Mínimo Convexo	14
2.10.2 Estimador da Densidade de Kernel (KDE).....	15
2.10.2.1 Selecção da Largura de Banda (<i>Bandwidth</i>) – <i>h</i>	16
3.0 METODOLOGIA	18
3.1 Descrição da área de estudo.....	18
3.1.1 Localização	18

3.1.4	Clima	19
3.1.5	Hidrografia	19
3.1.2	Vegetação.....	19
3.1.2	Fauna	20
3.1.3	População e actividade humana.	20
3.2	Desenho do Estudo e Recolha de dados	21
3.3	Processamento e análise de dados.....	21
3.3.1	Tamanho das áreas de uso e sobreposição nas áreas usadas.....	21
3.3.2	Distâncias de separação entre manadas e deslocamentos diários	23
	Limitações do estudo	25
4.0	RESULTADOS.....	27
4.1	Avaliação da diferença do tamanho da área usada pelas manadas	27
4.2	Variações sazonais de sobreposição das áreas usadas pelas manadas	29
4.3	Distâncias de separação entre manadas	29
4.4	Comportamento sazonal dos deslocamentos diário de manadas	30
5.0	DISCUSSÃO	32
6.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37
6.1	Conclusões	37
6.2	Recomendações.....	38
7.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
8.0	ANEXOS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Influência do sexo, estação do ano, precipitação, nos deslocamentos diários (em km) de elefantes em 5 Reservas na África do sul.	12
Tabela 2. Áreas usadas pela manada 1 e 2 nos diferentes períodos do ano a 50% de Kernel (área de uso intenso) e 95% de kernel (área total).	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação tridimensional de área de uso (A) representação bidimensional de área de uso (B).	16
Figura 2. Localização geográfica da Reserva Florestal de Moribane (RFM).	18
Figura 3. Distribuição das áreas de uso intenso (50%) e área total (95%) para a manada 1 e 2.	28
Figura 4. Proporção de sobreposição de área usada entre manadas de elefantes nos diferentes períodos do ano em relação a manada 1 e em relação a manada 2.	29
Figura 5. Variação sazonal das distâncias de separação entre manda de elefantes machos e fêmeas (Intervalo de confiança = média \pm Erro de amostragem absoluto, P=95%).	30
Figura 6. Deslocamentos diários da manada 1 e 2 na estação nos diferentes períodos do ano (Intervalo de confiança = média \pm Erro de amostragem absoluto; P=95%).	31

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Avaliação do nível de associação entre distâncias de separação entre manadas e a subestação do ao usando teste qui-quadrado.	49
Anexo 2. Comparação de área total usada pelas manadas. a) ANOVA. b) teste de Normalidade de Shapiro Wilk. c) Teste de homocedasticidade de Breusch – Pagan. d) Teste de comparação de médias de Tukey.	51

LISTA DE ABREVEATURAS

ANOVA	Análise de Variância
DEF	Departamento de Engenharia Florestal
DNFFB	Direcção Nacional de Floresta e Fauna Bravia
EN	Estrada Nacional
GPS	Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)
<i>h</i>	Bandwidth
LSCV	Least Square Cross Validation
PMA	Precipitação Média Anual
RFM	Reserva Florestal de Moribane
KDE	Kernel Density Estimator
km	Quilometro
MCP	Minimum Convex Polygon
MITUR	Ministério de Turismo
Ton/ha	Tonelada por hectare
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais António Clavete e Fátima Júlio, aos meus irmãos: Tomas, Evanilson, Orlando, Alina, Azevedo, José e Xavier e os demais familiares e parentes.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

O elefante africano (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797) é o maior mamífero terrestre do mundo, atingindo nos machos até 6000 kg de peso e 4 m de altura, nas fêmeas 3500 kg de peso e 3.3m de altura (Estes, 1991). É uma espécie de valor económico, ecológico, cultural e estético considerável para muitas pessoas no mundo. O elefante é uma espécie com papel significativo na dinâmica ecológica do ecossistema, chamando atenção e estimulando ao público para acção e angariação de fundos para a sua conservação (Leader-Williams e Dublin, 2000).

Algumas das mais importantes decisões que continuarão a ser feitas no manejo de animais selvagens em África, tem a ver com os elefantes (Balfour et al., 2007). O elefante é uma espécie chave, no seu habitat alimentar é capaz de modificar a estrutura e composição de vegetação, consequentemente aumento da ocorrência de algumas espécies de animais principalmente grazer e alguns browsers e declínio de outras (Kerley et al., 2007). Os elefantes são citados como espécie que necessita ou ocupa extensas áreas para sua sobrevivência. Assim a sua conservação ajuda na proteção de vários habitats, e consequentemente proteção de outras espécies que ocorrem nestes habitats (DeNormandie e Edwards, 2002).

O impacto sobre o seu habitat aumenta se as áreas usadas por diferentes manadas se sobrepõem, ou quando os indivíduos usam a área em anos consecutivos (Esposito, 2009; Young et al., 2009). Portanto, a sua permanência ou ausência sazonal num determinado habitat é essencial para manutenção e conservação de biodiversidade (Kerley et al., 2007).

No geral, os herbívoros caracterizam-se por mudanças da localização da área de uso em períodos específicos do ano, que são essenciais para acesso aos recursos escassos no tempo e no espaço (Owen-Smith et al., 2010). Isto resulta na exploração de extensas áreas para sua sobrevivência. As manadas de elefantes, durante estes movimentos, passam por vários níveis de coesão e isolamento (Balfour et al., 2007), comportamento associado: (1º) à variações

Dinâmica espacial da interação entre manadas de elefantes na Reserva Florestal de Moribane Província de Manica
sazonais na disponibilidade de recursos (água, alimentos) e (2º) à relações sociais como grau de parentesco (Vence et al., 2008).

Para o primeiro caso as manadas tendem a unir-se durante a estação chuvosa que é caracterizada por maior disponibilidade de recursos, e separam-se na estação seca para minimizar a competição por recursos (Wittemyer et al., 2007; Vence et al., 2008; Archie e Chiyo et al., 2012). E no segundo caso, os machos separam-se gradualmente das suas manadas de origem à medida que vão crescendo, até 14 anos tornando-se solitário ou vivendo em grupos de machos e voltam a unir-se com as fêmeas em estações chuvosas, associadas com o pico de actividades de acasalamento (Estes, 1991).

Durante a coesão e isolamento, a composição e o tamanho da manada varia, onde grande manada utilizará uma maior extensão (Isbell 1991 citado por Wittemyer et al., 2007). Manadas de elefantes jovens solteiros são as que cobrem uma ampla área, associado ao comportamento exploratório, na busca de novas áreas para pastagem (Zambezi Society e Mid Zambezi Elephant Project, 2000). Portanto, manadas de elefantes jovens são identificadas como as responsáveis da maior parte dos incidentes de conflitos homem fauna bravia (Hoares, 1999).

Devido à natureza complexa de interações de elefantes, é importante entender os factores que influenciam o seu comportamento, a fim de prever com mais precisão como as mudanças ambientais interferem na sua conservação (Guthmann, não publicado).

1.2 Problema e Justificação.

A Reserva Florestal de Moribane (RFM) caracteriza-se pela ocorrência de habitação, expansão de terras agrícolas (Muller et al., 2005; Siteo e Siteo, 2009), mineração artesanal descontrolada no núcleo da reserva, caça de grandes mamíferos, exploração de madeira, e queimadas descontroladas (Hatton et al., 2001; Ghiurghi et al., 2010).

Estes problemas, têm como implicação, limitação e perturbação na dispersão natural e expansão da área de uso de elefantes, o que conseqüentemente resulta no incremento da densidade local levando até o conflito homem-fauna bravia (Newmark, 2008; Foguekem et al., 2009). Os problemas que os elefantes enfrentam na RFM em combinação com factores como busca de alimentos, água, minerais, tornam complexo decifrar, os padrões sazonais de uso de espaço e interacção entre manadas de elefantes (Blanc et al., 2007).

A pesquisa sobre espécie-chave e umbrella em áreas fragmentadas e reduzidas, é uma contribuição para a conservação efectiva de biodiversidade sem necessidade de envolver enormes investimentos de tempo e financeiros necessários para o estudo e determinação precisa do espaço necessário de cada espécie numa comunidade (Simberloff, 1999). A avaliação da sua ecologia é considerada como chave para entender os factores que regulam a dinâmica das populações, escolha de espaço desejado, movimentos, questões que são particularmente relevantes para acção de conservação (Mazzoli, 2006).

Assim sendo, torna prioridade estudar a distribuição, os padrões de movimentos e uso de espaço de elefantes. Esta informação ajudará a RFM a colocar um sistema de prevenção e mitigação e também previsão de possíveis aumentos de conflito homem-fauna bravia. Contudo, a RFM tem falta de informações de estudos sobre interações entre manadas no uso do espaço, importante na conservação e manejo.

Por exemplo, uma espécie com dimorfismo sexual os machos consomem maiores quantidades de alimentos e de baixa qualidade que as fêmeas, assim a redução de plantas lenhosas beneficia os machos que as fêmeas e as áreas com menor disponibilidade de plantas lenhosas recebem maior uso por machos que fêmeas, correndo-se o risco da manipulação do habitat para aumentar a disponibilidade de recursos alimentares beneficiar um sexo em

Dinâmica espacial da interação entre manadas de elefantes na Reserva Florestal de Moribane Província de Manica
detrimento do outro (Stewart et al, 2003). Acima de tudo, informações sobre interações de Elefantes africanos não são facilmente acessíveis podendo estar dispersas na forma de relatórios e documentos científicos não publicados.

1.3 Objectivos

1.3.1 Geral:

- ✓ Avaliar o uso de espaço e padrões de movimentos de manadas de Elefantes na Reserva Florestal de Moribane.

1.3.2 Específicos:

- ✓ Comparar o tamanho das áreas usadas por manadas em diferentes épocas do ano;
- ✓ Avaliar as variações sazonais na sobreposição das áreas usadas pelas manadas;
- ✓ Determinar distâncias diárias de separação entre manadas;
- ✓ Avaliar o deslocamento diário de manadas.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Taxonomia

Segundo Walter e Stevenson (2006), o Elefante africano pertence a:

Ordem: Proboscidea;

Família: Elephantidae;

Género: *Loxodonta*;

Espécie: *Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797);

Subespécies: dividem-se em duas com características tipicamente diferentes, os elefantes da floresta e savana, sendo considerados subespécies separadas em *Loxodonta africana cyclotis*, *Loxodonta africana africana*, respectivamente.

2.2 Dimorfismo sexual

A separação ou isolamento entre manadas de sexos diferentes pode ser entendido como segregação sexual, que é o uso de espaços diferentes por estes indivíduos excepto no período de acasalamento. Comportamento associado a dimorfismo sexual caracterizado principalmente pela diferença no tamanho do corpo, onde durante a segregação as manadas tendem a formar grupos homogéneos (Couzin e Krause, 2003; Stewart, não publicado).

Os elefantes machos são maiores e podem atingir 6000kg de peso vivo, uma massa corporal quase duas vezes maior das fêmeas (3500 kg) (Estes, 1991). A diferença no tamanho entre sexos leva a diferença nas exigências fisiológicas. Os machos devido ao maior tamanho alimentam-se de maiores quantidades de alimentos, fibrosos e de baixa qualidade. As fêmeas de menor tamanho, alimentam-se de vegetação pouco fibrosa e de alta qualidade para satisfazer as demandas nutricionais de gestação e lactação (Bowyer, 2004). A diferença nas exigências nutricionais resulta no afastamento dos machos devido competição com as fêmeas traduzindo-se em segregação sexual (Ruckstuhl e Clutton-Brock, 2005).

A segregação sexual é um aspecto integrante da organização social e espacial de populações de ungulados (Born et al, 2005; Makhabu, 2005). No caso de elefantes, tem resultado na separação em adultos solitários, grupos de machos jovens e grupo de fêmeas e suas crias.

Portanto, o conhecimento da escala de segregação entre indivíduos (ex: se distantes ou próximos) é importante para actividade de manejo, especialmente para manipulação do habitat (Stewart, não publicado).

Isto sugere que diferenças no tamanho do corpo, tem uma influência na explicação da diferença na ecologia dos sexos (Ruckstuhl e Clutton-Brock, 2005). Thouless (1996b) citado por Thouless (1998) afirma que numa população de elefantes caracterizada por várias sobreposições de sub populações, com padrões de movimentos distintos, as manadas tenderam a evitar uma da outra enquanto permanecerem na mesma área.

2.3 Comportamento social

O elefante é uma espécie com um comportamento gregário (vence et al., 2008). No parque nacional de Tsavo-Quenia os elefantes agregavam-se em manadas com tamanho médio que variava de 5 a 47 indivíduos (Leuthold, 1976). As maiores agregações são comuns na estação chuvosa devido a maior disponibilidade de recursos. No período do ano com escassez recursos tendem a dispersam-se ou agrupam-se em pequenas subpopulações de fêmeas e suas cria ou entre indivíduos do mesmo sexo para minimizar a competição por recursos (Estes,1991; Vence et al., 2008).

Os machos, normalmente separam-se da sua manada de origem à medida que vão crescendo e juntam-se em manadas de 35 a 144 indivíduos, mas é comum encontrar 2 a 14 indivíduos (Estes, 1991). Os elefantes machos adultos são geralmente solitários ou vivem em grupos fracamente associados de outros machos, interagindo com as fêmeas durante o acasalamento na estação chuvosa. As fêmeas, por outro lado, passam a maior parte do tempo com outras fêmeas e suas crias (Esposito, 2003).

As fêmeas podem se agrupar em manadas com 24 indivíduos que tipicamente variam de 9 a 11 indivíduos (Douglas-Hamilton, 1972). As vezes podem agrupar entre manadas (*bond groups*) em média com 28 indivíduos que varia de 14 a 48 indivíduos, ou agrupam-se em clãs entre fêmea com um certo grau de parentesco (Douglas-Hamilton, 1987 citado por Estes, 1991). As manadas afectadas por caça furtiva ou compressão do habitat podem se juntar em clãs de 200 a 1000 indivíduos incluindo machos (Estes, 1991). Nos elefantes de floresta como

por exemplo Gabão as manadas apresentam tamanho médio de 3.5 indivíduos (Schuttler et al., 2012).

2.4 Distribuição geográfica dos elefantes

Em tempos históricos, os elefantes Africanos ocorreram quase em toda África, excepto em algumas partes do Sahara e outras regiões desérticas (Nowmark, 1991 citado por Estes, 1991). As pinturas da idade de pedra neolítica mostram que os Elefantes africanos habitavam no Sahara antes de se tornar deserto e foram encontrados ao sul principalmente em zonas com maior disponibilidade de recursos alimentares e água (Estes, 1991).

A caça furtiva e fragmentação do habitat fizeram com que os elefantes se limitassem em populações descontínuas, caracterizadas por frequentes interacções com áreas de assentamento humanos, problema que culminou com adopção de áreas protegidas para sua conservação (Blanc et al., 2007; Newmark, 2008). No caso de Moçambique existem 6 (seis) parques nacionais, 8 (oito) reserva de nacionais, 14 reservas florestais e 12 coutadas de caça, aproximadamente cobrindo cerca de 25 % do território nacional, onde os elefantes ocorrem em todas áreas protegidas terrestres com a excepção reserva nacional de Pomene como também os elefantes ocorrem em duas reservas florestais, Moribane e Mecuburi (MITUR, 2010; 2011; Ntela et al, 2013).

Com contínuos distúrbios sobre habitat e caça, poucos elefantes vivem em partes de províncias como Nampula e Zambézia que são densamente povoadas e extremamente modificadas (Wild e Barbosa, 1967; Sinclair, 1987; Saket, 1994; DNFFB, 1999 citados por Ntumi et al., 2009). O que leva ao isolamento de populações, como o caso da Reserva Nacional de Gilé, Reserva Florestal de Mecuburi e de Moribane (MITUR, 2010).

Em províncias com baixas densidades populacionais, como Niassa, Cabo Delgado e Tete, as populações de elefantes e outras espécies ainda permanecem com tamanhos ainda maiores, especialmente próximo da Reserva Nacional do Niassa, Parque Nacional das Quirimbas e região de Zumbo (Ntumi et al., 2009). Actualmente, pequenas populações de elefantes ocorrem nas províncias da região sul, como Maputo (Reserva Nacional de Maputo, rio Futi e

Dinâmica espacial da interação entre manadas de elefantes na Reserva Florestal de Moribane Província de Manica região de Magude), Gaza (Parque Nacional Limpopo), Inhambane (ao longo do rio Save) (Hatton et al., 2001; Ntumi et al., 2009).

2.5 Dieta e necessidade de água

A proporção e tipo de forragem consumido, varia sazonalmente e de acordo com a disponibilidade. Geralmente, os elefantes seleccionam plantas mais nutritivas e palatáveis. Os elefantes consomem 4 a 6% do peso do seu corpo por dia, nesse caso o macho necessita de mais quantidade de alimentos que a fêmea. As mães em aleitamento alimentam-se mais que animais em outro estado fisiológico (Estes, 1991).

Os elefantes podem alimentar-se desde o nível do solo até 6 m de altura e os machos podem até derrubar algumas árvores de maior altura, incluindo na sua dieta, ervas, ramos, folhas, frutos, raízes, arbustos e pequenas árvores. Como outros herbívoros de hábito alimentar misto, tendem a concentrar-se em gramínea e ervas na estação chuvosa e plantas lenhosas na estação seca (Estes, 1991).

As diferenças na estrutura social (separação em manadas de fêmeas e suas crias e machos na sua maior parte solitários) influência no comportamento alimentar (Dublin e Taylor, 1996). Na savana, os machos alimentam-se de quantidade maiores de baixa qualidade incluindo um número reduzido de espécies, mas incluem várias partes da planta contrariamente das fêmeas (Stokke e du Toit, 2000).

Durante o pastoreio os elefantes podem passar por vários dias sem beber água, e pastar afastadas em 80 km de locais com fonte de água, mas babem e tomam banho todos os dias. Os machos podem beber cerca de 100 litros até 227 litro por dia, precisando de beber duas vezes por dia (Estes, 1991). As manadas de fêmeas e suas crias são mais dependentes de água, porque as crias e fêmeas em lactação precisam de beber frequentemente (Kerley et al., 2007). Portanto, os elefantes concentram-se próximo dos rios e outras fontes de água durante estação seca, e dispersam-se na estação chuvosa quando a água se distribui em abundância (Estes, 1991; Chamaille-Jammes et al., 2007).

2.6 Movimentos de elefantes

Os pesquisadores, tem reportado muito sobre os padrões de movimentos em elefantes africanos. Alguns consideram que os elefantes percorrem longas distâncias aproximadamente 80 - 100 km em 24 a 36 horas (Leggett, 2006), pelo contrário, outros afirmam que essa distância pode ser percorrida em 12 a 30 dias (Galanti et al., 2000; Foguekem et al., 2009). Existem evidências que mostram que as distâncias percorridas são influenciadas pela disponibilidade de recursos que variam sazonalmente ou de acordo com o clima da região. Na estação seca os animais tendem a percorrer longas distâncias para satisfazer suas necessidades nutricionais. Em regiões áridas as manadas caracterizam-se por percorrer longas distâncias que em zonas húmidas com maior produtividade vegetal (Young et al, 2009; Selier, 2009).

A tendência de percorrer longas distâncias também é influenciada pela composição sexual da manada. Os elefantes machos são considerados como os que percorrem longas distâncias (Estes, 1991), de modo a explorar o espaço para uso futuro, principalmente machos jovens (Zambezi Society e Mid Zambezi Elephant Project, 2000). As fêmeas vivem em famílias coesas, em área de uso bem definidas, talvez porque elas são relutantes de deixar as suas crias em riscos de morte por predação ou cansaço devido a movimentos desnecessários (Zambezi Society e Mid Zambezi Elephant Project, 2000).

Durante os seus movimentos os elefantes enfrentam várias perturbações, incluindo a compressão da área, caça, fazendo com que juntem-se em grandes grupos (Estes, 1991; Couzin e Krause, 2003; Blanc et al., 2007). Os assentamentos humanos no interior e as vedações também constituem uma barreira aos movimentos de elefantes (Foguekem et al., 2009).

2.7 Coesão e isolamento de manadas

A tendência de coesão e isolamento de manadas pode ser uma resposta à variação espacial e temporal na distribuição de recursos (água, alimento), mas também pode ser resultado das relações sociais como grau de parentesco (Dublin e Taylor, 1996; Vence et al., 2008).

Na estação seca há escassez de alimentos, os grupos separam-se para reduzir custo de competição por recursos, assim tendem a ser pequenos e raramente juntam-se com outras famílias para formar grandes aglomerados. Na estação chuvosa, os alimentos são abundantes, e os indivíduos são capazes de viver em grupos, que deslocam-se em aglomerados intactos (Estes, 1991; Vence et al, 2008).

A coesão entre manadas de sexos diferentes também pode ser influenciada por actividades de acasalamentos, onde os machos caracterizam-se pela busca de fêmeas em cio principalmente na estação chuvosa (Estes, 1991; Zambezi Society e Mid Zambezi Elephant Project, 2000).

2.7.1 Relação entre distância de separação e padrões de movimentos das manadas

A associação entre dois indivíduos não só é expressa pela aproximação entre eles, mas também pelo comportamento da coordenação dos seus movimentos. Os elefantes são conhecidos pela capacidade de comunicar a longa distância, o que mostra uma forte correlação entre direcção e a velocidade dos seus movimentos que pode ser uma evidência do grau de associação entre eles (Henley e Henley, 2006 não publicado).

Segundo Henley e Henley (2006 não publicado), existem 4 permutações possíveis entre as distâncias de separação e os parâmetros de movimentos para medir diferentes relações entre dois indivíduos em estudo.

1. A falta de coordenação de movimentos e distâncias maiores entre dois animais em estudo reflecte uma ausência de associação;
2. A falta de coordenação de movimentos e tendência de aproximação entre indivíduos, pode reflectir um encontro repentino (*episodic visitation*), isto é os indivíduos deslocam-se independentemente para um encontro rápido;
3. Movimentos coordenados e tendência de aproximação, pode reflectir período de associação;

4. Movimentos coordenados mas com distâncias de separação maiores podem reflectir uma associação difusa ou padrões de movimentos semelhantes em resposta a mudanças na disponibilidade ou qualidade de recursos compartilhados.

2.8 Deslocamentos de manadas

Deslocamento diário refere-se a distância em uma linha recta entre dois pontos registado com uma separação temporal de 24 horas (por exemplo pontos registados as 8:00 horas de um dia as 8:00 horas do dia seguinte) (Shannon et al., 2010). Um dos exemplos registado de deslocamentos diário é apresentado por Douglas-Hamilton (1998) onde um macho fez 15 km em linha recta em busca de uma fêmea em cio durante 24:00 horas.

Os deslocamentos diários da mesma espécie podem ser afectados por razões como: idade, sexo, densidade e distribuição de recursos, habitat, tempo e estação do ano. Contudo, espera-se que deslocamento diário seja fortemente associado a requerimentos energéticos reflectindo a distribuição de recursos e estratégia de pastoreio (Carbone et al., 2005).

Movimentos rápidos e ângulos menores na mudança de direcção aumentam distância entre pontos, comportamento notável nos machos associado a exploração do espaço, e velocidade menor e ângulos maiores na mudança de direcção podem levar animais a restringir-se numa determinada área, geralmente observado nas fêmeas associado a limitações impostas pelas crias (Haydone et al., 2008; Shannon et al., 2010; Owen Smith et al., 2010), motivo que leva a diferenças nos deslocamentos entre sexos da mesma espécie principalmente em espécies com dimorfismo sexual (Carbone et al., 2005; Stokke du Toit, 2000).

Shannon et al. (2010) no seu estudo sobre elefantes verificou que em regiões com maior precipitação ($PMA > 680$ mm) os elefantes deslocam-se mais na estação seca pelo contrário em regiões com baixa precipitação ($PMA < 680$ mm). Os machos apresentaram deslocamentos maiores que fêmeas embora com diferenças não significativas (Tabela 1).

Tabela 1. Influência do sexo, estação do ano, precipitação, nos deslocamentos diários (em km) de elefantes em 5 Reservas na África do sul.

Deslocamentos diários (km)								
Baixa precipitação (PMA <680 mm)				Maior precipitação (PMA > 680 mm)				
Estação seca		Estação chuvosa		Estação seca		Estação chuvosa		
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
Mínimo	2.2	2.3	3	3	2.4	2.5	2.8	2
Máximo	3	2.7	4	4	4.3	3.5	3.5	3.1

2.9 Comportamento do uso de espaço

Muitos animais não são nómadas mas vivem em áreas restritas onde desenvolvem suas actividades diárias, e tais áreas são designadas áreas de uso/*Home range* (Powel, 2000). Os indivíduos atravessam estas áreas nas suas actividades normais de aquisição de alimentos, acasalamento e protecção de crias (Burt, 1943). Movimentos ocasionais fora da área, talvez de natureza exploratória, não são considerados como parte de área de uso (Powel, 2000).

Normalmente, os movimentos e a área usada, variam com o tempo, porque os recursos (como alimento e água) são mais facilmente encontradas em certos períodos do ano. Em alguns casos, como áreas de baixa disponibilidade de recursos podem exigir os animais a percorrer longas distâncias em busca de alimentos, resultando no uso de extensas áreas contrariamente das zonas com recursos abundantes (Whyte, 1996; Selier, 2009).

Entretanto, espera-se que os elefantes aumentem sua área de uso durante a estação seca para incluir muitos recursos, que são disponíveis na estação chuvosa numa área menor (van Aarde, et. al, 2009). Pelo contrário Wittemyer et al. (2007), Ngene (2010), verificaram que durante a estação seca os elefantes tendem a apresentar área de usos menores, e durante a estação chuvosa o uso de espaço tende ainda a aumentar.

A tendência do aumento da área de uso da estação seca para chuvosa, Wittemyer et al. (2007) associou a restrição das manadas em pontos com água na estação seca e expansão do seu território na estação chuvosa. Ngene (2010) associou ao efeito de altitude, na estação seca as

manadas pastaram em zonas altas em busca de vegetação verde e água, e na estação chuvosa ocorrem em baixas altitudes onde tem facilidade de expandir suas áreas.

Na maior parte de área de uso estimadas foram efectuadas considerando uma escala temporal de 6 meses comparadas em função da estações do ano, precipitação, sexo e/ou se a população esta numa área sem vedação ou a população restringida dentro da vedação.

Por exemplo as populações do Parque nacional Samburo-Laikipia, Parque Nacional e Amboseli, Shimba Hills (Quênia) apresentaram áreas sazonais maiores que variaram de 10km² a 700km² enquanto as populações que ocorrem em áreas protegidas vedadas cobriram áreas que variam aproximadamente de 20km² a 150km² (Douglas - Hamilton et al., 2005). Em zonas áridas como região de Kunene (Namíbia) as áreas foram muito maiores 84 a 2668 km² (Leggett, 2006) comparativamente a área observadas por Shannon et al. (2010) que variaram de 17, 5 a 71,5 km² no *Pongola Game Reserve* (Africa do sul) com área vedada que durante os anos 2000 a 2001 atingiu até 1220mm de PMA.

Ambos casos de aumento de área de uso na estação seca para chuvosa vice-versa podem ocorrer dependendo das condições do local. Harris et al. (2008) explica que em zonas áridas como Parque Nacional de Etosha (Namibia), com vegetação dispersa, os elefantes ocorrem afastadas de água em busca de maiores quantidades de alimentos resultando na cobertura de maiores áreas na estação seca. As florestas tropicais são abundantes com grande diversidade de espécies, produtiva, muita das vezes associadas com distribuição de água, assim durante a estação seca, os elefantes não percorrem longas distâncias em busca de alimentos resultando em uso de áreas menores na estação seca que chuvosa (Harris et al., 2008).

Por outro lado, embora a densidade de recursos alimentares seja importante na variação do tamanho da área de uso, em espécies sexualmente dimórficas a diferença no tamanho de área de uso entre sexos geralmente atribui-se as diferenças no seu peso (Harestad e Bunnell, 1979).

2.10 Uso de método de Kernel para estimativa de área de uso

Muitos métodos de estimação de área de uso estão disponíveis para descrever o uso do espaço por animais residentes. Estes métodos são altamente variáveis em seus requisitos de dados,

facilidade de uso e adequação (Mabry e Pinter-Wollman, 2010; Kie et al., 2010). Portanto, a escolha do estimador pode depender de três factores, nomeadamente o objectivo do estudo, a natureza dos dados, comportamento dos movimentos (distribuição no espaço) do animal em estudo (Laver, 2005). Contudo, dois métodos mais utilizados são: Minimum Convex Polygon (MCP) e Kernel Density Estimator (KDE).

2.10.1 Minimum Convex Polignon (MCP) – Polígono Mínimo Convexo

O MCP é o estimador de área de uso mais antigo e mais usado, e é calculado conectando os pontos mais externos usados pelo animal, que resulta em polígonos bidimensionais. Esta técnica é uma das mais simples para o cálculo da área, e pode ser desenhado usando apenas três pontos. Portanto estudos sugerem que cerca de 100 a 300 pontos podem ser necessários para garantir uma representação precisa da área de uso (Kie et al., 2010; Mabry e Pinter-Wollman, 2010).

Em alguns casos o método MCP, pode ser recomendável, de acordo com as razões que ditam a selecção do estimador de área de uso, por exemplo, (1) pode se usar MCP se o objectivo for apenas conhecer a área total utilizada por um animal, embora o estimador não satisfaça a definição de área de uso comumente aceite dada por Burt (1943), (2) se o tamanho das amostras for baixa e (3) se os movimentos forem uniformes (distribuição regular no espaço), pois neste caso, estimadores baseados na densidade dos pontos de uso tais como o método de kernel, podem não fornecer mais detalhes uma vez que a densidade de pontos será igual em toda a parte no interior da área usada (Laver, 2005).

A desvantagem do MCP é que, todos os pontos são abrangidos incluindo os externos muito além da principal área de actividades, incorporando áreas que nunca foram usadas (erro tipo I), e ignora todas as informações fornecidas por pontos internos (Roger et al., 2007). Por esta razão, a maioria das análises usando este método assume que o animal usa o espaço uniformemente, o que claramente não é o caso (Whyte, 1996; Powel, 2000).

2.10.2 Estimador da Densidade de Kernel (KDE)

Análise de Kernel é um método estatístico não paramétrico para estimar as densidades de probabilidade de um conjunto de pontos (Worton, 1989). Considerando o conceito de áreas de uso dado por Powel (2000), é um mapa cognitivo que todo animal ocupa. O mapa cognitivo poderá integrar contornos do mapa de distribuição de recursos alimentares, rotas de fuga, rota de movimentos, etc. O método de kernel é mais preciso que MCP. O uso KDE pode fornecer uma aproximação ao mapa cognitivo, embora pouco preciso, quando um conjunto de locais usados pelo indivíduo for disperso (Kie et al., 2010).

O principal ponto fraco do método de KDE é a influência que a escolha da largura da banda (h) pode ter para na estimação da área de uso (Worton, 1989; Mabry e Pinter-Wollman, 2010). O método de kernel tem o potencial para estimar com precisão a área de uso com contorno de qualquer formato, desde que o h seja seleccionado de forma adequada (Seaman e Powell, 1996).

A técnica de KDE permite gerar vários centros de actividade, e pode ser representado em três dimensões, tomando forma de um ou conjunto de pirâmides ou montanhas, onde os contornos da sua base indicam os contornos do mapa da área frequentada pelo animal no local de estudo. Os picos mais elevados indicam áreas com maior probabilidade de uso (Figura 1 A). A maior parte dos KDEs mais utilizados são 50% dos locais para estimar áreas centrais, e 95% para estimar a área de uso total (Mabry e Pinter-Wollman, 2010).

Seaman e Powell (1996), afirma que, o maior interesse em estimar distribuição bidimensional veio de pesquisadores de áreas de uso de animais. Para áreas de uso estimadas no plano x-y (bidimensional), a intensidade de uso é definida com redução da probabilidade de uso da área (Figura 1 B). Por exemplo a área usadas 75 % kernel são de uso intenso que a áreas usadas entres o contorno que delimita a área usada a 75% e a área usada a 100%. Na maior parte das pesquisas foi considerada como área de uso intenso a área usada a 50% (Powel, 2000; Mabry e Pinter-Wollman, 2010).

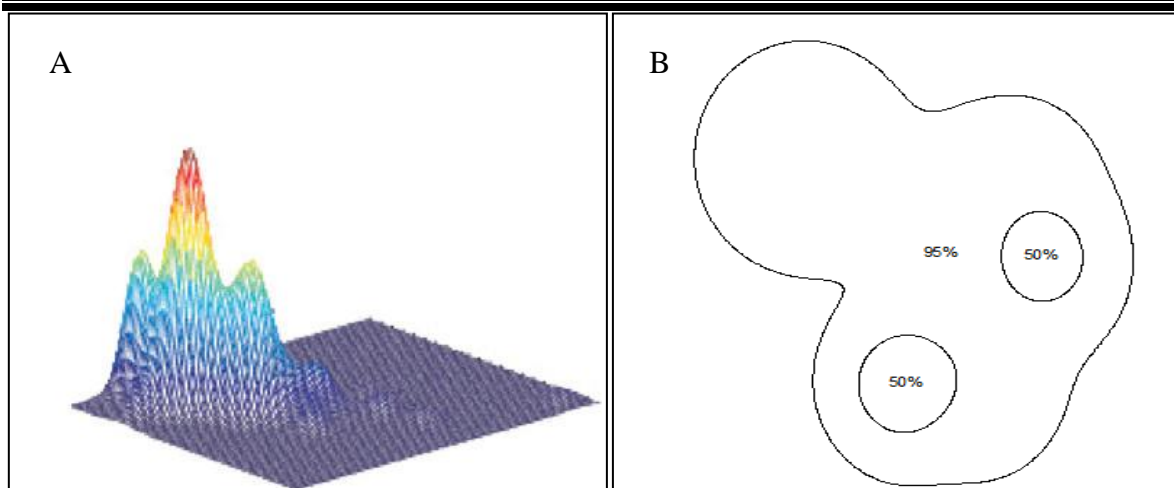


Figura 1. Representação tridimensional de área de uso (A) representação bidimensional de área de uso (B).

O método de kernel separa-se em dois: fixo e adaptativo. O método fixo utiliza mesmo h para a área inteira, enquanto o método adaptativo usa diferentes valores de h para cada localização, consoante a distribuição da densidade dos pontos (Seaman et al., 1998). O método fixo e adaptativo pode gerar estimativas precisas, dependendo de como o h foi seleccionado (Powel, 2000).

2.10.2.1 Selecção da Largura de Banda (*Bandwidth*) – h

A largura de banda determina a expansão do núcleo (kernel) que é centrado em cima de cada observação ou ponto (Roger et al, 2007). A escolha de h é uma etapa importante na determinação de área de uso. Se o valor de h for menor, terá uma maior influência dos contornos de kernel aos pontos mais próximos, gerando contornos do mapa próximos aos contornos do mapa cognitivo (Powel, 2000). Em alguns casos pode gerar áreas excessivamente fragmentadas excluindo algumas áreas usada por animal (erro tipo II) (Mabry e Pinter-Wollman, 2010). Enquanto valores maiores permite maior influência de pontos distantes, que revela uma forma periférica de distribuição. Em algumas vezes pode incluir área que nunca foi usada (erro tipo I) (Seaman e Powel, 1996; Kie et al., 2010).

A selecção da largura de banda (h) pode ser feita usando os seguintes métodos: Método subjectivo, Método de referência (*Reference method*), Método de Least Squares Cross Validation e estimador de Plug-in (Laver, 2005).

1. O método subjectivo, é o único não baseado em procedimentos estatísticos, consiste em escolher o valor de h por tentativas (isto é, correr a análise usando vários h , e escolher a opção que proporciona um ajuste melhor) (Laver, 2005);
2. No Método de Referencia (Reference method) selecciona-se o valor óptimo de h , baseado no pressuposto de que a população (a partir da qual a amostra de pontos de observação foi seleccionada) é normalmente distribuída (Worton, 1995);
3. O método de Least Square Cross Validation (LSCV) utiliza uma abordagem iterativa para seleccionar o valor de h que minimiza o erro estimado para uma dada amostra (Silveman, 1986); e
4. Plug-in bandwidth selection, pode ser adequados quando se estuda uma espécie em paisagens altamente fragmentadas, como áreas urbanas (Laver, 2005).

As localizações do animal frequentemente não seguem distribuição normal, assim o método de referência tende a sobrestimar muito o tamanho da área de uso (Worton, 1995; Seaman e Powell, 1996). Para uma distribuição não normal, o h mais apropriado pode ser escolhida usando LSCV (Powel, 2000). Para muitos grupos de dados o uso de LSCV produz bons resultados, mas não é aplicável quando se verifica a sobreposição de alguns pontos (Seaman et al., 1998) que pode resultar da permanência do animal por muito tempo no mesmo espaço.

O uso de método adaptativo obtido a partir de 80% de kernel para cima recomenda-se a selecção do h com base no método de LSCV. Para o método fixo mesmo quando o h é seleccionado de forma subjectiva ou baseado no método de referência pode gerar estimativas aceitáveis (Worton, 1989; Seaman et al., 1999; Powel, 2000).

Contudo, se o objectivo pelo qual se estima a densidade de distribuição de uso não exige estimativas precisas, Worton (1989) afirma que pode se usar o método fixo com h seleccionado de forma subjectiva. Portanto se as estimativas de densidade da distribuição de uso é para avaliar, interação estática é reacomodável o uso de método adaptativo com o h seleccionado baseado no método de LSCV (Worton, 1989).

3.0 METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

3.1.1 Localização

A Reserva Florestal de Moribane (RFM) localiza-se no posto administrativo de Dombe, distrito de Sussundenga, província de Manica, ao Sul do Corredor da Beira e é atravessada pela Estrada Nacional nº 216 (EN 216), que liga Chimoio-Sussundenga e Dombe e daí segue para Mossurize a Sul da província (Guedes, 2008). A RFM está integrada na zona tampão da Reserva Nacional de Chimanimani desde o ano 2000 (Decreto nº 34/2003) e Área de Conservação Transfronteiriça de Chimanimani (ACTFC) desde 2001 (Muller *et al.*, 2005; Siteo e Siteo, 2009).

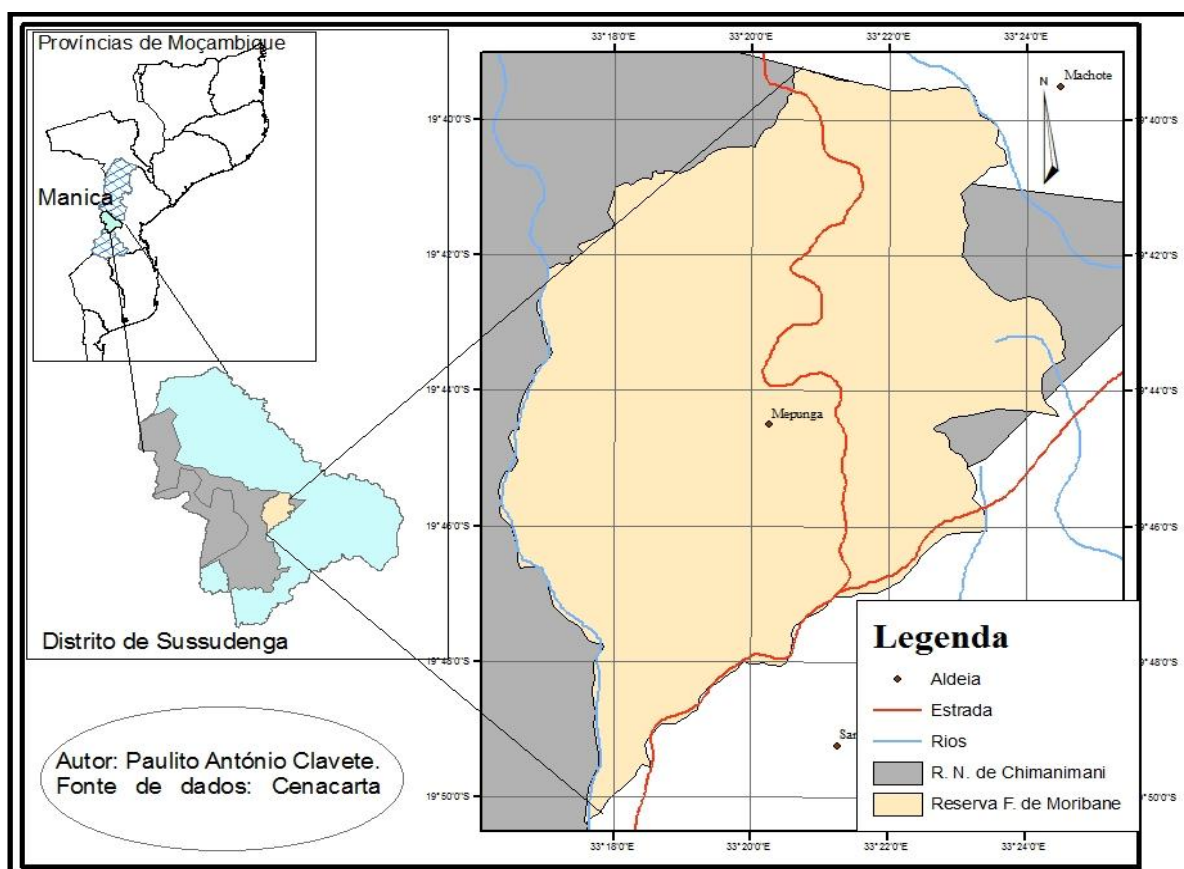


Figura 2. Localização geográfica da Reserva Florestal de Moribane (RFM).

3.1.4 Clima

O clima é tropical com duas estações, uma húmida que ocorre entre Novembro e Abril, e a estação seca que ocorre entre Maio e Outubro. A precipitação média anual (PMA) varia de 1200 a 1400 mm (Marzoli, 2007). Dutton e Dutton (1973) afirmam que, nas vertentes ocorrem frequentes chuvas orográficas e chuviscos que tendem a apresentar uma pluviosidade mais alta (> 2.210 mm). A temperatura média anual é de 24°C, durante o inverno a temperatura mínima pode atingir cerca de 9,2°C (Dutton e Dutton, 1973).

3.1.5 Hidrografia

A reserva florestal é atravessada por vários rios sendo na sua maioria de regime permanente entre eles destacam-se os seguintes: Rio Furozi, Tave, Muchanga, Ripunga e Mussapa pequeno (Guedes, 2004).

3.1.2 Vegetação

Segundo Muller et al., (2005) e Siteo e Siteo, (2009) a reserva tem a seguinte cobertura vegetal:

- ✓ Uma parte da floresta caracteriza-se por regeneração natural constituída por espécies como: *Macaranga capensis*, *Harungana madagascariensis*, e *Trema orientalis*. Sendo maior parte da reserva dominada por árvores da família Rubiaceae (ex: *Terenna pavettoides*) e Apocynaceae (ex: *Tabernaemontana ventricosa*, *Voacanga africana*).
- ✓ No sudeste da reserva, extensa área foi ocupada pela população para o estabelecimento de plantações de banana.
- ✓ Na região norte verifica-se a ocorrência duma floresta de transição que consiste de espécies normalmente encontradas a borda da floresta tropical constituída por seguintes espécies: *Bersama abyssimica*, *Cordia abyssimica*, *Croton sylvaticus*, *Ekebergia capensis*, *Millettia stuhlmannii*, *Prunus africana*, *Pteleopsis myrtifolia*, *Rauvolfia caffra*,

Tabernaemontana elegans, Voacanga africana, Xylopia parviflora, Rothmannia manganj e Lygodium kerstenii.

- ✓ Nas zonas altas da reserva ocorre a floresta sempre húmida dominada pela *Newtonia buchananii*, *Blighia unijugata*, *Celtis gomphophylla*, *Celtis mildbreadii*, *Erythrophleum suaveolens*, *Millettia stuhlmannii*, *Morus mesozygia*, *Psydrax parviflora* subsp. *chapmannii*, *Synssepalum brevipes*, *Trichilia dregeana*, *Trilepsidium madagascariensis*. A *Milicia excelsa* e *Khaya anthotheca* foram encontradas nas proximidades dos cursos de água.

3.1.2 Fauna

A Reserva Florestal de Moribane caracteriza-se pela ocorrência de espécies como: Macaco cão (*Papio ursinus*), Macaco de cara preta (*Cercopithecus aethiops*), búfalo (*Syncerus caffer*), elefante (*Loxodonta africana*), répteis, aves, incluindo a galinha-do-mato (*Numida meleagris*) (Guedes, 2008). Os elefantes perfazem uma população de 22 indivíduos onde 46,3% são solitários 31,5 pares e 22,2% são trios com uma densidade absoluta de 0,294/km² (Sitoe et al., 2003).

3.1.3 População e actividade humana.

Muhate (2004), afirma que uma população humana reside no vale do rio Mussapa até ao local onde este rio dobra-se para o sul. No interior da reserva, existe uma população vivendo próximo à EN 216 que liga a vila do distrito de Sussundenga e o posto administrativo de Dombe, pertencentes ao regulado de Mpunga.

Segundo Guedes (2008) baseado nos dados do III Recenseamento Geral da População e Habitação (INE 2007), a população na RFM cresceu em 19,3% de 2083 habitantes em 1997 a 2484 em 2007. Agricultura, com destaque para as culturas de banana, milho e mapira, exploração de madeira (com destaque para *Millettia stuhlmannii* e *Pterocarpus angolensis*) e caça furtiva são as principais actividades praticadas pela população local, dentro dos limites da reserva, o que interferem com os objectivos de conservação (Guedes, 2004).

3.2 Desenho do Estudo e Recolha de dados

Foram montadas coleiras com GPS em 2 elefantes (representando 2 manadas), um macho e uma fêmea em Maio de 2011, para avaliar as diferenças no uso de espaço entre sexos e sua interacção espacial. O colar colocado no macho forneceu coordenadas geográficas dos locais frequentados por elefantes solitários ou grupos de elefantes machos, enquanto o colar colocado na fêmea registou coordenadas dos locais frequentados pela manada de fêmeas e suas crias (Estes, 1991; Pinter-Wollman e Mabry, 2010).

A colecta de dados foi conduzida até Fevereiro de 2013, perfazendo 640 dias. O GPS colhia por dia 6 coordenadas, ou foi programado para registar as coordenadas regularmente de 4 em 4 horas, das 4:00, 8:00, 12:00, 16:00, 20:00 e 24:00 como descrito num estudo feito por Macandza et al. (2012). Assim esperando um total de 3840 coordenadas para cada elefante.

Contudo, durante o período de colecta de dados foram registados 1513 coordenadas para um dos elefantes e 998 para o segundo elefante. As baixas quantidades de coordenadas registadas provavelmente devem estar associadas a frequência de zonas com florestas densas, que limitaram os GPSs a captar sinais de satélites (Mabry e Pinter-Wollman, 2010). Registou-se também um número reduzido de coordenadas durante o dia, provavelmente deve-se ao facto de os elefantes evitarem contactos com populações humanas (Harris et al., 2008) o que deve ter motivado os elefantes a refugiarem-se durante a maior parte do dia em florestas densas.

3.3 Processamento e análise de dados

3.3.1 Tamanho das áreas de uso e sobreposição nas áreas usadas

A área de uso de um determinado individuo ou manada resulta da distribuição de uso deste indivíduo (Samuel et al., 1985 citado por Powel, 2000). Em habitats com variabilidade sazonal ou temporal na disponibilidade de recursos pode ocorrer mudança da localização das áreas de uso e distribuição espacial das manadas (Fernando et al., 2008; Owen Smith et al., 2010). Neste estudo determinou-se as áreas de uso para avaliar o comportamento do animal na procura de recursos, parceiros para acasalamento.

Para se efectuar as análises dos dados foram considerados factores como sexo e disponibilidade de recursos. Para a avaliação do efeito da disponibilidade de recursos nos padrões de movimento e uso de espaço, o período de estudo foi dividido em estações e como esperava-se que a disponibilidade de recursos fosse diferente no princípio e no final de cada estação voltou-se a dividir o período de estudo em subestações (princípio e final de cada estação).

De acordo com a descrição climática feita por Dutton e Dutton (1973), a estação seca de Maio a Outubro, foi separada em princípio da estação seca de Maio a Julho de 2011 e final da estação seca de Agosto a Outubro de 2011. Enquanto que a estação chuvosa de Novembro a Abril, foi separada em princípio da estação chuvosa de Novembro de 2011 a Janeiro de 2012 e final da estação chuvosa de Fevereiro a Abril de 2012. Não foi incluído o período que compreende de Maio 2012 a Fevereiro 2013, porque dificultava a divisão do segundo ciclo anual do período de estudo em subestações devido a falha no registo de coordenadas de Julho a Agosto de 2012 e Fevereiro a Abril de 2013 para ambos elefantes.

As coordenadas registadas foram agrupadas semestralmente e trimestralmente para cada elefante, usando coordenadas registadas às 8:00, 16:00 e 20:00 horas. Estas sendo consideradas como horas do dia em que as actividades de aquisição de alimentos são intensas (Estes, 1991). Depois foram preparados os *shapefile* de cada período sazonal e projectados em *WGS datum* 1984, UTM zona 36S.

As áreas usadas pelas manadas foram estimadas com base no método fixo de Kernel proposto por Worton (1989) com probabilidade de 50% e 95% de kernel como área de uso intenso e área total respectivamente (Powel, 2000; Mabry e Pinter-Wollman, 2010), isto, deveu-se porque, durante a exploração de dados no actual estudo verificou-se que as áreas de uso estimadas pelo método fixo de kernel com *h* selecionado pelo método referência, são mais realísticas e aproximam-se ao mapa cognitivo dos elefantes, que a área de uso obtida pelo método de kernel adaptativo com *h* selecionado com base de LSCV, assim sendo consideradas como as mais indicadas para as análises (Worton, 1989; Walter et al., 2013). As áreas delimitadas pelos contornos de kernel foram calculadas com base na ferramenta *Home range tools* para *ArcGIS 9.3* (Rodgers et al., 2007).

A avaliação da interação espacial entre manadas baseou-se na proporção de sobreposição entre a distribuição de uso ou áreas usadas por diferentes manadas (Doncaster, 1990; Powel, 2000). Para o cálculo da proporção de sobreposição de áreas usadas entre manadas, foram sobrepostos os diferentes mapas de áreas usadas pelos dois elefantes na mesma subestação, para delimitação da área de interseção no *ArcGIS 9.3*. A delimitação dos contornos da região de interseção ou contornos da área usada simultaneamente foi efetuada com base na extensão *Analyse tools*. O tamanho das áreas usadas simultaneamente foi estimado com base na extensão *Hawth tools* do *ArcGIS 9.3*. A proporção de sobreposição de áreas usadas entre elefantes é o quociente entre a área usada simultaneamente pelas manadas e a área total usada por uma das manadas como mostra a fórmula 1 a baixo segundo (Macandza et al., 2012).

$$P = AB/(A)*100; \tag{1}$$

Onde:

P – á proporção de sobreposição;

AB – área usada simultaneamente pelas manadas;

A – indica a área total usada pela manada representada pelo elefante 1 ou pelo elefante 2;

3.3.2 Distâncias de separação entre manadas e deslocamentos diários

A avaliação do comportamento do uso do espaço numa larga escala temporal (3 a 12 meses) é importante para entender ecologia espacial de grandes mamíferos numa dada região ou paisagem, enquanto a avaliação do comportamento de uso de espaço numa escala temporal mais fina (12 a 24 horas) que corresponde a escala espacial como deslocamento ou distância de separação diária, fornece informações numa escala mais detalhada para entender relações entre distribuição do animal e a disponibilidade de recursos alimentares num determinado habitat (Carbone et al., 2005; Owen Smith et al., 2010; Shannon et al., 2010). Neste estudo avaliou-se deslocamentos diários e as distâncias de separação para avaliar o uso espaço e as interações entre as manadas numa escala mais fina.

Os dados usados para as distâncias diárias de separação entre as duas manadas foram organizados em pares de coordenadas registadas na mesma hora do dia para manadas diferentes (ex: coordenadas da manada 1 e da manada 2 registadas as 8:00 de um dia). Para o

cálculo dos deslocamentos diários, os dados foram organizados em pares de coordenadas registadas na mesma hora em dias consecutivos, isto é, pontos registados com uma separação temporal de 24 horas (ex: 8:00 de um dia e 8:00 do dia seguinte). Para ambos casos quer distâncias de separação e deslocamentos diários foram usadas coordenadas registadas as 8:00, 16:00 e 20:00.

Depois foram criados os *shapefile* e projectados em *WGS datum* 1984, UTM zona 36S. As distâncias diárias de separação e os deslocamentos diários foram calculadas usando extensão *Hawth tool* do *ArcGIS* 9.3.

Para verificar se as distâncias diárias de separação entre manadas variavam significativamente entre subestações usou teste qui-quadrado para analisar se existe associação entre a subestação do ano e a tendência de as manadas estarem próximas ou distantes. Neste caso, para a geração das tabelas de contingência, as distâncias de separação foram categorizadas em próximos ou distantes (para distâncias diária de separação entre manadas a baixo e acima da média respectivamente), e por sua vez as subestações categorizadas em princípio e final da estação seca e principio e final da estação chuvosa. O teste foi conduzido no *Software Microsoft Excel* e usou 5% de nível de significância, a fórmula do teste está apresentada a seguir:

$$x^2 = \frac{(O - E)^2}{E}, \text{ Com uma distribuição } X^2 (\alpha, gl); \quad (2)$$

Onde:

O = Valor observado;

E = valor esperado;

O teste foi válido através da satisfação dos seguintes pressupostos segundo Siegel (1956):

- ✓ Se o tamanho total da amostra (N) é maior que 40;
- ✓ Se N está entre 20 e 40, desde que nenhuma frequência esperada é inferior a 5;

Para verificar se a variação sazonal na disponibilidade de recursos e sexo tem efeito significativo nos deslocamentos diários das manadas, os dados foram agrupados em 4 subestações e por manada. Conduziu-se a análise de variância para comparação de deslocamento médio entre subestações e entre sexos baseando-se no seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}. \quad (3)$$

Onde:

Y_{ij} – Indica deslocamento diário do elefante do sexo i , na subestação j .

μ - Média geral;

α_i - Efeito do sexo i ;

β_j - Efeito da subestação j ;

ε_{ij} – Resíduos.

Segundo Siegel (1956), o modelo apresenta seguintes pressupostos:

- ✓ Homogeneidade de variância (variâncias iguais ou homocedasticidade);
- ✓ Distribuição de normal de resíduos;
- ✓ Linearidade e aditividade de componentes do modelo.

A ANOVA de dois factores (*Two way ANOVA*) foi feita usando *software Stata 10* e o teste foi conduzido usando 5% de nível de significância. Antes das análises os dados foram submetidos a uma transformação usando a raiz quarta porque não satisfaziam os pressupostos do modelo (Lúcio, 2012). Depois de conduzida a ANOVA, gerou-se resíduos para fazer testes de Normalidade de Shapiro Wilks e de homocedasticidade de Breusch – Pagan, para verificar os pressupostos do modelo foram violados. Usou-se o teste de tukey para comparação de média dos deslocamentos diários entre subestações.

Limitações do estudo

1. Os colares forneceram poucos dados 44% para o elefante 1 e 31% para o elefante 2 em relação a 2196 coordenadas esperadas para cada elefante, devido a alta densidade das copas das áreas, facto que dificultou GPS a captar sinal de satélite;

2. Não há certeza se os dados refletem o movimento das manadas ou apenas dos indivíduos solitário com colares;

3. Para este estudo a informação sobre o sexo dos animais com cada um dos colares não foi identificada, sabendo-se apenas que um é macho e outro é fêmeas.

Estes factores dificultaram a interpretação dos resultados.

4.0 RESULTADOS

4.1 Avaliação da diferença do tamanho da área usada pelas manadas

As áreas usadas pelas duas manadas na escala temporal de 6 meses são maiores para manada 1 que manada 2, tanto para áreas de uso intenso e áreas total. Estas áreas aumentam da estação seca para estação chuvosa para ambas manadas. Numa escala temporal de 3 meses a manada 1 cobre áreas maiores em todas subestações excepto nos finais da estação seca, onde a manada 2 cobre áreas maiores. Dentro de cada estação numa escala temporal de 3 meses, a manada 1 diminui a área de uso do princípio a final da estação seca e volta a aumentar do princípio e final da estação chuvosa. A manada 2 aumenta a sua área do princípio da estação seca a princípio da estação chuvosa e diminui no final da estação chuvosa. Portanto, a área menor foi registada no princípio da estação seca usada pela manada 2 e a maior área foi registada finais da estação chuvosa usada pela manada 1 (Tabela 2).

Tabela 2. Áreas usadas pela manada 1 e 2 nos diferentes períodos do ano a 50% de Kernel (área de uso intenso) e 95% de kernel (área total).

Subestação	Área da manada 1 (km ²)		Área da manada 2 (km ²)	
	50%	95%	50%	95%
Maio - Julho 2011	19,22	103,64	8,74	39,03
Agosto - Outubro 2011	12,86	59,71	26,09	92,23
Novembro 2011 - Janeiro 2012	15,68	100,46	30,28	130,95
Fevereiro - Abril 2012	46,84	169,32	19,92	76,60
Estação				
Seca	14,26	78,32	18,17	77,46
Chuvosa	36,94	174,24	31,49	115,30

As áreas de uso de ambas manadas localizam-se no interior da reserva na estação seca. No princípio da estação chuvosa ambas manadas usam intensamente a área fora da reserva. No final da estação chuvosa as manadas tendem a voltar para o interior da reserva (Figura 3).

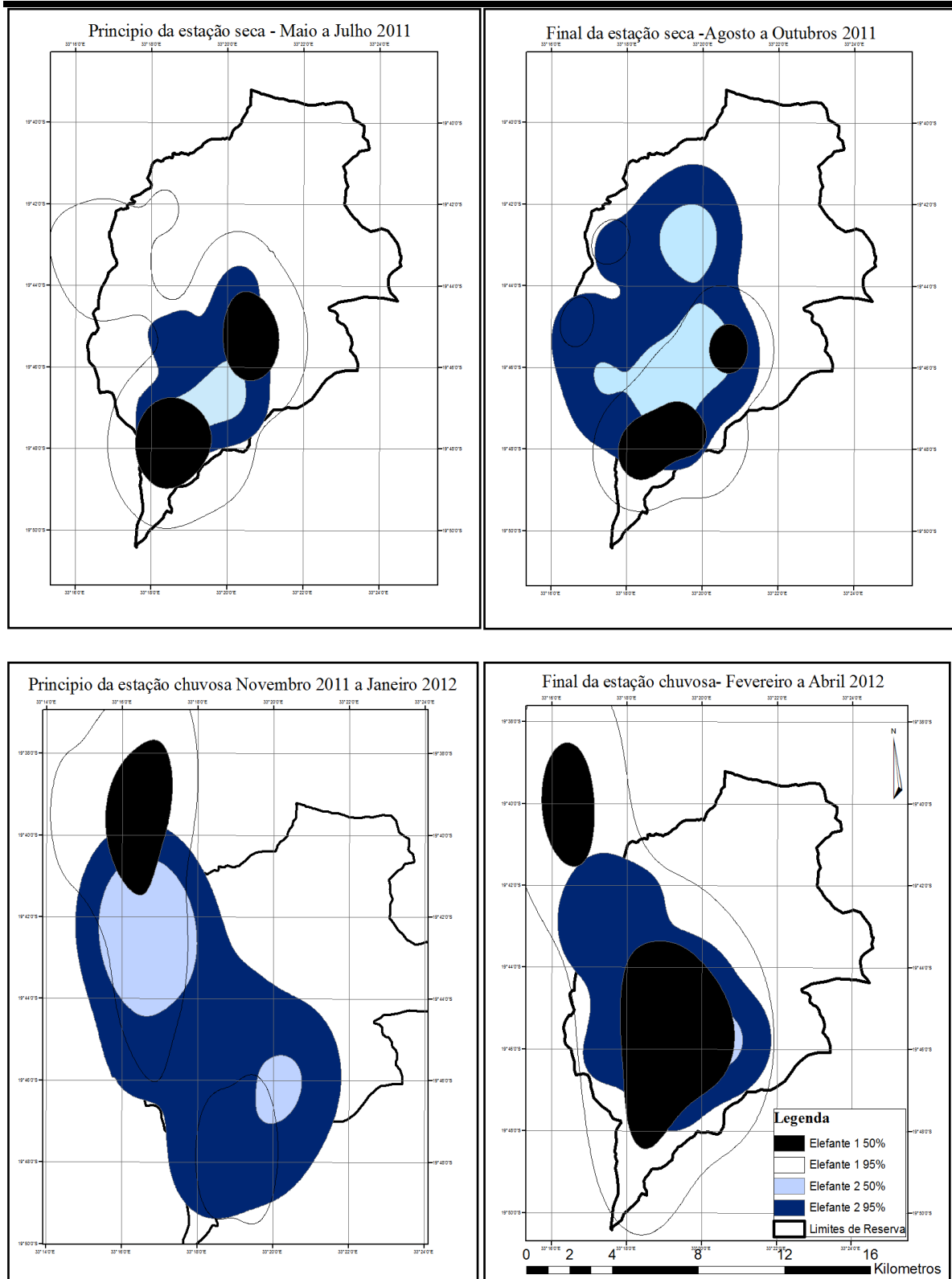


Figura 3. Distribuição das áreas de uso intenso (50%) e área total (95%) para a manada 1 e 2.

4.2 Variações sazonais de sobreposição das áreas usadas pelas manadas

A proporção da área total da manada 1 usada pela manada 2 tende a aumentar do princípio da estação seca ao princípio da estação chuvosa. Enquanto a proporção da área total da manada 2 usada pela manada 1 é maior em subestações com maior disponibilidade de recursos: princípio da estação seca, princípio e final da estação chuvosa. As proporções de sobreposição das áreas de uso intenso são menores do princípio da estação seca a princípio da estação chuvosa para ambas manadas, indicando tendência de separação das manadas e são maiores no final da estação chuvosa indicando coesão das manadas (Figura 4).

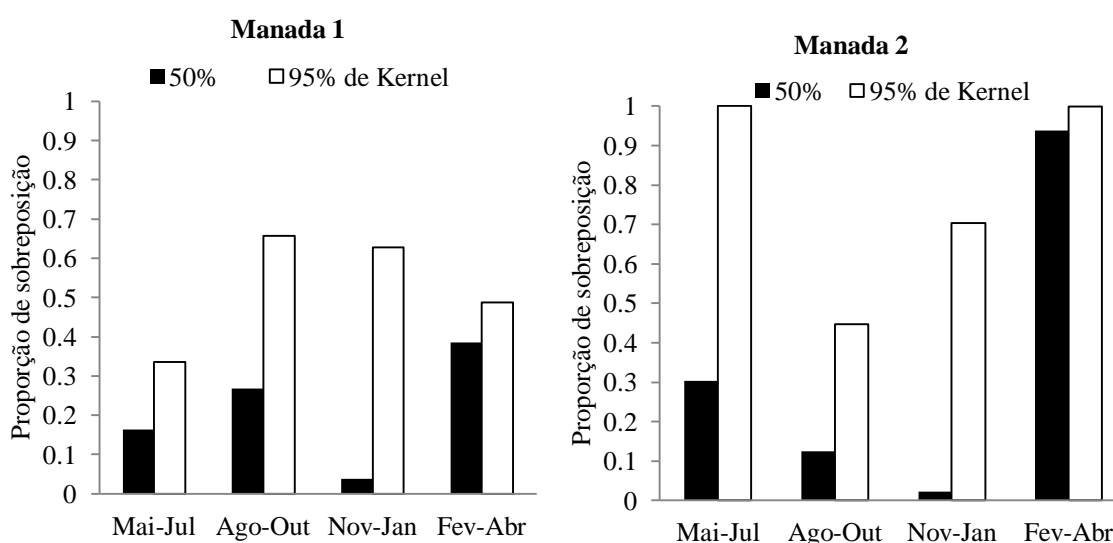


Figura 4. Proporção de sobreposição de área usada entre manadas de elefantes nos diferentes períodos do ano em relação a manada 1 e em relação a manada 2.

4.3 Distâncias de separação entre manadas

Com base no teste Qui-quadrado, verificou-se que as distâncias de separação entre manadas estão associadas a estação do ano ($X^2_{cal.} = 105,0$; $gl=3$; $p < 0.05$) (Anexo 1). As distâncias de separação entre manadas de elefantes aumentam a medida que se avança do início da estação seca até princípio da estação chuvosa e reduzem significativamente no fim da estação chuvosa (Figura 5).

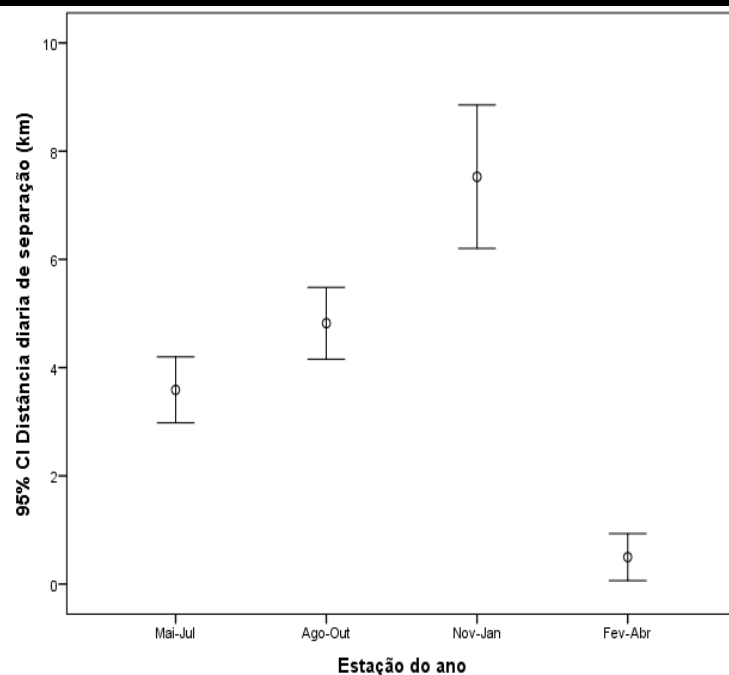


Figura 5. Variação sazonal das distâncias de separação entre manada de elefantes machos e fêmeas (Intervalo de confiança = média \pm Erro de amostragem absoluto, P=95%).

4.4 Comportamento sazonal dos deslocamentos diário de manadas

Os deslocamentos por subestação são menores no princípio da estação seca e maiores no final da estação seca para ambas manadas 1 e 2. Os deslocamentos diários da manada 1 diminuíram do princípio a final da estação chuvosa e para a manada 2 diminuíram do final da estação seca a princípio da estação chuvosa a volta aumentar ligeiramente no final da estação chuvosa (Figura 6).

Com base na ANOVA houve evidências suficientes para afirmar que pelo menos um dos blocos sazonais apresenta deslocamentos diários diferentes dos restantes ($F=0,27$; $gl=3$ $p < 0,05$). Com base no teste de Tukey (Anexo 2) os deslocamentos são significativamente maiores no final da estação seca que chuvosa. Enquanto que os deslocamentos registados do princípio e final da estação chuvosa não são significativamente diferentes aos deslocamentos registados no princípio a final da estação seca. Os deslocamentos entre manadas não apresentam diferenças significativas ($F= 0,58$; $gl= 1$; $p > 0,05$) (anexo 2).

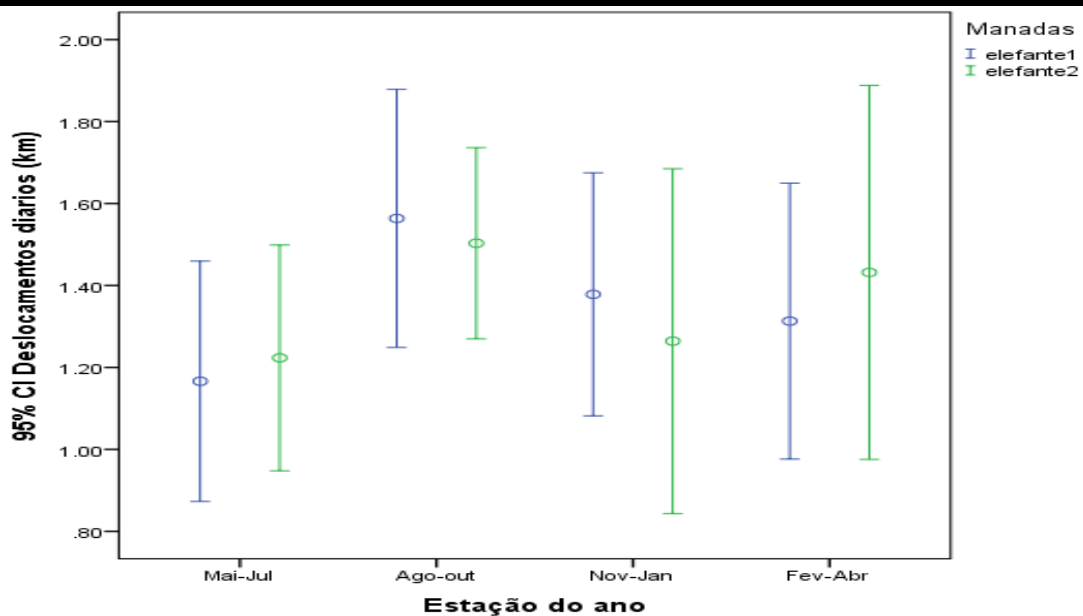


Figura 6. Deslocamentos diários da manada 1 e 2 na estação nos diferentes períodos do ano (Intervalo de confiança = média \pm Erro de amostragem absoluto; P=95%).

5.0 DISCUSSÃO

Nos herbívoros como o caso do elefante africano espera-se que a área de uso seja maior na estação seca em busca de quantidades de alimentos encontrados numa área menor nos períodos com recursos abundantes e de maior qualidade (de Beer e van Aarde, 2008). No presente estudo considerando uma escala temporal de 6 meses as manadas 1 e 2 usam áreas menores na estação seca e aumenta na estação chuvosa. Provavelmente este comportamento deve ter sido motivado pela abundancia de recursos alimentares na RFM devido a ocorrência de floresta sempre verde e maior precipitação. Neste caso as manadas contraem as suas áreas na estação seca porque restringem-se em locais com água não sendo obrigadas deslocar-se muito em busca vegetação, e na estação chuvosa com abundancia de água e vegetação as manadas expandiram a suas áreas de uso (Wittemyer et al., 2007; Harris et al., 2008).

Considerando uma escala temporal de 3 meses verifica-se que as áreas usadas pelas duas manadas variam de forma diferente. Por exemplo a manada 1 cobre áreas maior que a manada 2 (103 e 39 km² respectivamente) no princípio da estação seca. O comportamento do uso de espaço apresentado pelas manadas provavelmente deve estar associado a diferença na tolerância da qualidade de recursos (Owen Smith et al., 2010).

A distribuição sazonal das áreas de uso indica uma maior preferência do uso de espaço no interior da reserva principalmente na região entre a EN 216 e rio Mussapa pequeno, provavelmente devido a busca de fontes de água permanente localizada no interior da reserva (Harris et al, 2008). No princípio da estação chuvosa com abundancia de água e alimentos as manadas expandiram seu território até fora da reserva provavelmente em busca de grande quantidade de gramíneas neste período (Estes, 1991; Skinner e Chimimba, 2005).

Neste estudo numa escala temporal de 6 meses as áreas usadas pelas manadas variaram de 78 a 174 km². Estas áreas de uso são próximas que as áreas de uso estimadas por Siteo et al. (2003), na mesma área de estudo onde obteve uma área de uso de cerca de 74 km².

As áreas de uso de elefantes, observadas na RFM são maiores que as áreas de uso registadas por Shannon et al. (2010), que variaram de 30 a 70 km² para os machos e de 20 a 40 km² para fêmeas no *Pongola private reserve*- Africa do sul com PMA de 1200 mm. Estas áreas

provavelmente deviam ser próximas, devido ao facto de no presente estudo usar-se o método fixo de kernel com h selecionado pelo método de referência (caracterizado pelo h maior) enquanto Shannon et al. (2010), selecionou h pelo método de LSCV caracterizado por estimar h menor.

As áreas de uso observadas no actual estudo são menores quando comparadas com outras regiões de baixas PMA como por exemplo na Reserva Nacional de Maputo com PMA de 845 mm, as áreas de uso que variaram de 169 a 267 km² para fêmeas e 453 km² para machos (Ntumi et al., 2005). Na região árida de Kunene- Namíbia as áreas de uso variaram de 256 a 1711 km² para fêmeas e 628 a 1628 km² para os machos numa região com PMA que varia de 13,45 a 305 mm (Leggett, 2006), facto que permitem-nos afirmar que o comportamento do uso de espaço de elefantes na RFM foi influenciado pela abundância de recursos.

A tendência de separação de manadas (Baixas proporções de sobreposição de áreas de uso intenso), do princípio da estação seca a princípio da estação chuvosa devem ser influenciadas pela tendência de evitar a competição por recursos devido a redução da qualidade e abundância de alimentos. Por outro lado deve-se ao facto de as manadas separarem-se em grupos composto por indivíduos do mesmo sexo, porque os machos se juntam para desenvolver habilidades de autodefesa, formar hierarquia de dominância e localizar locais potenciais para acasalamento. Enquanto fêmeas unem-se para ganhar habilidade de localizar locais seguros para os recém nascidos, dar parto e com recursos (alimento e água) suficientes para responder as exigências nutricionais das fêmeas em gestação e lactação (Stewart et al, 2003), e a coesão observada no final da estação chuvosa as foi devido as actividades de acasalamentos e abundância de recursos (Estes, 1991).

As maiores proporções de sobreposição de áreas de uso total pode ser uma indicação do efeito da presença da população humana uma parte reserva que deve ter limitado os movimentos das manadas (Estes, 1991; Foguekem et al., 2006) sendo obrigadas a restringir os seus movimentos na mesma área de uso localizada principalmente na região entre EN 216 e rio Mussapa pequeno.

Resultado semelhante foi observado por Schuttler et al., (2012) nos elefantes de floresta no Parque Nacional Loango- Gabão, onde duas manadas tendiam a evitar-se uma da outra,

comportamento caracterizado por menores proporções de sobreposição de áreas de uso como observado no actual estudo com as áreas de uso intenso. Enquanto que Slater e Knights (não publicado), verificou uma forte tendência de associação entre fêmeas e machos dos elefantes das savanas do *Pongola private reserve*-África do sul, estas maiores proporções de sobreposição por outro lado pode ser pelo facto de a reserva cobrir a área menor e ser vedada enquanto que no actual estudo as áreas de uso total foram afectadas pela limitação de movimento devido aos assentamentos humanos na reserva.

As distâncias de separação entre manadas são cada vez maiores do princípio da estação seca a princípio da estação chuvosa atingindo distâncias máximas de separação de 4 km a 9 km respectivamente, o que revela claramente que estas distâncias de separação, devem estar relacionadas com a organização social dos elefantes. Como afirma Estes (1991), que os machos mantem-se separados das manadas de fêmeas voltam a juntar-se no período de acasalamento.

Como afirma Owen Smith et al. (2010), as manadas podem frequentar a mesma área de uso, movimentar dentro da área de forma independente. Como o caso do actual estudo, numa escala temporal diária verifica-se que na maior parte dos dias de cada mês as manadas permaneciam distantes mesmo partilhando a mesma área de uso. O que revela uma tendência de evitar uma manada da outra mesmo a partilhar a mesma área de uso.

No final da estação chuvosa as distâncias separação foram muito menores (em média 0,5; amplitude 0-1km), o que reflete uma forte influência de razões reprodutivas, como busca de fêmeas em cio para acasalamento (Vence et al, 2008). No princípio da estação seca ainda registou-se distâncias diárias de separação menores provavelmente devido a continuidade de actividade de acasalamentos e recursos abundantes como observado por Henley e Henley (não publicado) no *pongola private resesrve* que as actividades de acasalamento continuam até no mês de Maio.

As distâncias de separação entre manadas observadas no presente estudo são muito menores em relação as distâncias de separação registadas por Henley e Henley (não publicado) com uma média de 9.3 km que variam aproximadamente de 7 a 11.5km nas savanas do *pongola private reserve*-Africa do sul, registadas de Março a princípio de Abril enquanto no actual

estudo no mesmo período as distâncias de separação foram em média de 0,5 km com amplitude de 0 a 1 km, provavelmente a diferença das distâncias de separação deve-se a diferença na disponibilidade de recursos nas duas áreas (floresta e savana). Neste caso, para além das actividades de acasalamento a rica e variada dieta apresentada pelas florestas, minimizou a competição de manadas na RFM, promovendo-se assim a aproximação das manadas contrariamente da savana (Skinner e Chimimba, 2005; Vence et al., 2008).

Haydone et al., (2008), Owen Smith et al., (2010) afirmam que os machos são mais rápidos e a variação da direcção dos seus movimentos caracterizam-se por um ângulo menor que as fêmeas, o que pode resultar em deslocamentos maiores. No presente estudo a variação do deslocamento entre macho e fêmea não foi estatisticamente significativa. Como afirmam Carbone et al., (2005) e Stokke e du Toit (2000), o motivo que leva a diferença no deslocamento entre as manadas de sexos diferentes é dimorfismo sexual. Comportamento associado diferenças na exigência de quantidades de alimentos consumidos. Assim pode afirmar que o facto de a RFM ser uma área com recursos abundantes devido a ocorrência de vegetação sempre verde e a maior PMA (1200 a 1400 mm) pode ter influenciados os machos a não deslocar-se muito em busca de alimentos. Assim os deslocamentos dos machos não sendo significativamente diferente das fêmeas.

Contudo, por mais que floresta apresente maior disponibilidade de alimentos é importante reconhecer que na RFM a maior parte da biomassa não esta disponível para os elefantes, isto é, a floresta sempre verde tem 30% (126 Ton/ha) de biomassa lenhosa disponível e a floresta de regeneração tem 46% (87,5 Ton/ha) de biomassa lenhosa disponível, portanto de acordo com o tamanho da população (22 elefantes) e que cada elefante consome 300 kg/dia, pode se afirmar que a biomassa disponível é suficiente para responder as exigências nutricionais dos elefante que ocorrem na RFM, consciente de que a disponibilidade não é único factor que define a seleção da dieta, pois biomassa disponível pode não ser palatável nem digestível (Mucavele et al., 2003).

Para o caso do efeito da estação Shannon et al. (2010), verificou que os deslocamentos diminuíram na estação seca comportamento associado a tendência de se restringir em pontos com disponibilidade de recursos como água e vegetação, enquanto neste estudo os deslocamentos maiores foram registados nos finais da estação seca. Este comportamento,

pode ser influenciado pela redução da qualidade e productividade da vegetação, assim as manadas foram obrigadas a incluir muitas espécies de plantas o que resulta em deslocamentos maiores a nível de habitat (Chirindza et al., 2003; Owen-Smith et al., 2010).

Os deslocamentos observados nas diferentes subestações da estação chuvosa não diferem significativamente com os deslocamentos observados nas diferentes subestações da estação seca. A diferença não significa dos deslocamentos do final da estação seca a princípio da estação chuvosa provavelmente deve-se ao facto de a maior parte do princípio da estação chuvosa ainda a RFM continuar com vegetação de reduzida productividade e qualidade, fazendo com que os deslocamentos não reduzissem significativamente. A diferença não significativa dos deslocamentos observado no final da estação seca a final da estação chuvosa é porque a diminuição dos deslocamentos no final da estação chuvosa foi contrabalanceada pela necessidade de deslocar-se mais em busca de plantas específicas com alto valor nutricional nos últimos dias de gestação primeiros dias de lactação para fêmeas (Stokke e du Toit, 2000; Carbone et al., 2005) e os machos não reduzem significativamente os deslocamentos, porque tendem a movimentar mais em busca de fêmeas para acasalamento.

Os deslocamentos registados no princípio da estação seca não diferem significativamente dos deslocamentos registados no princípio e final da estação chuvosa, isto, deve-se ao facto de no princípio da estação seca as áreas continuam com recursos abundantes depois das chuvas fazendo com que os deslocamentos diários não aumentem em relação ao observado na estação chuvosa.

Os deslocamentos registados neste estudo são menores em relação aos deslocamentos registados por Shannon et al. (2010), com um deslocamento esperado que variou de 2 a 4 km/dia enquanto que no presente estudo o deslocamento menor esperado foi de 0.8 km/dia e o maior foi de 1.9 km/dia. Os deslocamentos menores observados neste estudo deve-se a alta precipitação na RFM (1200 a 1400mm) favorecendo abundância de recursos assim as manadas não sendo obrigadas a empreender movimentos longas distância em busca de recurso, contrariamente das populações estudadas por Shannon et al. (2010), em áreas protegidas em que na maior parte dos anos a PMA é menor que 800 mm.

6.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

- ✓ As áreas de uso das manadas aumentam da estação seca a estação chuvosa. A área menor foi registada no princípio da estação seca pela manada 2 e a áreas maior foi registada no final da estação chuvosa pela manada 1.
- ✓ As proporções de sobreposição entre manadas para áreas de uso intenso indicam uma tendência de evitar uma manada da outra, devido à redução da qualidade e abundância de alimentos, excepto na estação chuvosa devido as actividades de acasalamentos e quanto as áreas usadas 95% indicam uma tendência de uso do mesmo espaço.
- ✓ As distâncias de separação entre manadas aumentam do princípio da estação seca (3,6 km/dia) a princípio da estação chuvosa (7,5 km/dia), devido à redução da qualidade e produtividade de vegetação e preferência de estar em grupos de indivíduos do mesmo sexo. As manadas juntam-se no final da estação chuvosa, comportamento motivado por actividades de acasalamentos e abundância de recursos.
- ✓ Os deslocamentos diários de manadas são maiores na subestação com baixa produtividade e qualidade de recursos (Agosto a Outubro). Na estação chuvosa não reduzem significativamente devido a maiores movimentos em busca de alimentos específicos no final de gestação, princípio de lactação e acasalamentos. No princípio da estação seca continuam a reduzir porque há abundancia de recursos e pouca influência acasalamentos, gestação e lactação. O sexo não teve efeito significativo na variação dos deslocamentos diários devido abundância de alimentos.

6.2 Recomendações

- ✓ Recomenda-se aos pesquisadores que se faça um estudo igual com pelo menos 2 ciclos anuais completos para verificar o comportamento de uso de espaço e interação das manadas como varia entre anos;
- ✓ Recomenda-se aos pesquisadores que conduzam estudos sobre o impacto dos elefantes sobre o seu habitat, para verificar se há necessidade de manipulação do habitat para minimizar impacto sobre a vegetação a longo prazo. Uma vez as manadas concentram-se na mesma área quase em 75% do período do ano;
- ✓ Recomenda-se aos pesquisadores que conduzam estudos sobre conflitos homem fauna bravia e como a interação com população humana influencia movimentos e uso do espaço de elefantes. Isto porque a distribuição das áreas de uso tendem a se concentrar na região sul da reserva e conscidentemente, ocupada pela população humana para estabelecimento de plantações de bananeira. Assim sendo espera-se que os incidentes de conflitos homem fauna bravia sejam muito frequentam, quase todo ano. Com isso, recomenda-se as autoridades da reserva e o MITUR a encontrem medidas como por exemplo vedação parcial da reserva para separar a população humana dos elefantes, para que se possa garantir a não revolta das comunidades locais para permitir o seu envolvimento na acção de conservação.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ARCHIE, E. A. e CHIYO, P. I. (2012). Elephant behaviour and conservation: social relationships, the effects of poaching, and genetic tools for management. *Molecular Ecology* 21, 765-778.
- ✓ BALFOUR, D., DUBLIN, H.T., FENNESSY, J., GIBSON, D., NISKANEN, L. e WHYTE, I. J. (2007). *Revisão das opções para gerir os impactos resultantes do excesso de Elefantes Africanos a nível local*. 1ª Edição.
- ✓ BLANC, J. J., BARNES, R. F. W., CRAIG, G. C., DUBLIN, H. T., THOULESS, C. R., DOUGLAS-HAMILTON, I. e HART, J. A. (2007). *African Elephant Status Report: African Elephant Database*. Paper series of the IUCN species Survival Commission, Nº 33. Gland, Switzerland.
- ✓ BOM, R., DENEUBOURG, J. L., GERARD, J. F. e MICHELENA, P. (2005). Sexual segregation in ungulates: (eds.). RUCKSTUHL, K. E. e NEUHAUS, P. *Individual a mechanisms to collective patterns segregation in vertebrates: ecology of two sexes*. Published by Cambridge University Press.
- ✓ BOWYER, R. T. (2004). Sexual segregation in ruminants: definitions, Hypotheses, and implications for Conservation and management. *Journal of Mammalogy* 85, 1039–1052.
- ✓ BURT, W. H. (1943). Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy* 24, 346-352.
- ✓ CARBONE, C., COWLISHAW, G., ISAAC, N. J. B. e ROWCLIFFE, J. M. (2005). How Far Do Animals Go? Determinants of Day Range in Mammals. *The american naturalista* 165. 290-297.
- ✓ CHAMAILLE-JAMMES, S., VALEIX, M. e FRITZ, H. (2007). Managing heterogeneity in elephant distribution: interactions between elephant population density and surface-water availability. *Journal of Applied Ecology* 44, 625–633.

- ✓ CHIRINDZA, I. A., GUISSAMULO, A., NTUMI, C. (2003). *Dieta do Elefante na Reserva Florestal de Moribane, na Província de Manica*. Tese de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Ciências Biológicas, Maputo, Moçambique. 54.

- ✓ COUZIN, I. D. e KRAUSE, J. (2003). *Self-Organization and Collective Behavior in Vertebrates, advances in the study of behavior* 32.

- ✓ DE BEER, Y. e VAN AARDE R. J. (2008). Do landscape heterogeneity and water distribution explain aspects of elephant home range in southern Africa's arid savannas? *Journal of Arid Environments* 72, 2017–2025.

- ✓ DENORMANDIE, J., e EDWARDS, T. C. Jr. (2002). The umbrella species concept and regional conservation planning in southern California: a comparative study. *Conservation Biology*, 1-13.

- ✓ DONCASTER, C. P. (1990). Non-parametric estimates of interactions from radio-tracking data. *Journal of Theoretical Biology* 143, 431-443.

- ✓ DOUGLAS-HAMILTON, I. (1972). *The ecology and behaviour of the African Elephant*. PhD Thesis.

- ✓ DOUGLAS-HAMILTON, I. (1998). Tracking African elephants with a Global Positioning System (GPS) radio collar. *Pachyderm* 25, 81-82.

- ✓ DOUGLAS-HAMILTON, I., KRINK, T. e VOLLRATH, F. (2005). Movements and corridors of African elephants in relation to protected areas. *Naturwissenschaften* 92, 158-163.

- ✓ DUBLIN, H.T. e TAYLOR, R.D. (1996). Making management decisions from data. In: KANGWANA, K. (ed.). *Studying elephant*. AWF, series 7, 10-21.

- ✓ DUTTON, T. e DUTTON, A. A. R. (1973). *Reconhecimento Preliminar das Montanhas de Chimanimani zonas adjacentes com vista a criação duma área de conservação*.

Moçambique. 494.

- ✓ ESPOSITO, R. M. M. (2009). *The effect of matriarchs on group interactions, kinship fitness, and differences in chemosensory behavior of African elephants (loxodonta Africana)*. Master Thesis. Oberlin College.
- ✓ ESTES, R. D. (1991). *Behavior guide to African mammals: Including hoofed mammals, carnivores, and primates*. – Univ. of California press.
- ✓ FERNANDO, P., WIKRAMANAYAKE, E. D., JANAKA, H. K., JAYASINGHE, L. K. A., GUNAWARDENA, M. KOTAGAMA, S. W., WEERAKOON, D. e PASTORINI, J. (2008). *Ranging behavior of the Asian elephant in Sri Lanka*. Mammalian Biology - Zeitschrift fur Saugetierkunde 73, 1-13.
- ✓ FOGUEKEM, D., TCHAMBA, M. N., LE BRETON, M., NGASSAM. P. e LOOMIS, M. (2009). Changes in elephant movement and home ranges in the Waza region Cameroon. *Sci. Res. Essays* 4, 1423-1431.
- ✓ GALANTI, V., TOSI, G, ROSSI, R. e FOLEY, C. (2006). The use of GPS radio-collars to track elephants (loxodonta africana) in the Tarangire National Park (Tanzania). *Hystrix* 11, 27-37.
- ✓ GHIURGHI, A., DONDEYNE, S. e BANANERMAN, J. H. (2010). *Chimanimani National Reserve: Management plan*. 2.
- ✓ GUEDES, B. S. (2004). *Caracterização Silvicultural e Comparação das Reservas Florestais de Maronga, Moribane e Zomba, província de Manica*. Tese de Licenciatura. UEM/FAEF/DEF. Maputo, Moçambique. 51.
- ✓ GUEDES, B. S. (2008). *Custo de Oportunidade de Conservação e Valor de Existência da Reserva Florestal de Moribane*. Tese de Mestrado. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo, Moçambique. 117.
- ✓ GUTHMANN, A. (não publicado). *Effects of Group Size and Composition on Interactive Behaviors of Wild African Elephants in Tarangire National Park*. Lawrence University,

65-78.

- ✓ HARESTAD, A. S. e BUNNEL, F. L. (1979). Home Range and Body Weight. *A Reevaluation Ecology* 60, 389-402.
- ✓ HARRIS, G. M., RUSSELL, G. J., VAN AARDE, R. I. e PIMM, S. L. (2008). Rules of habitat use by elephants *Loxodonta africana* in southern Africa: insights for regional management. *Oryx* 42, 66–75.
- ✓ HATTON, J., COUTO, M. e OGLETHORPE, J. (2001). *Biodiversity and War: A Case Study of Mozambique*. Biodiversity Support Program, Washington, DC, USA.
- ✓ HAYDON, D. T., MORALES, J. M., YOTT, A., JENKINS, D. A., ROSATTE, R. e FRYXELL, J. M. (2008). Socially informed random walks: incorporating group dynamics into models of population spread and growth. *Proc. R. Soc. B* 275, 1101–1109.
- ✓ HENLEY, M., e HENLEY, S. (Não publicado). *Population dynamics and elephant movements within the Associated Private Nature Reserves and adjoining Kruger National Park*. Annual Report December 2006, 30.
- ✓ HOARE, R.E. (1999). Determinants of human-elephant conflict in a land-use mosaic. *Journal of Applied Ecology*, 36, 689-700.
- ✓ KERLEY, G. I.H., LANDMAN, M., KRUGER, L., e OWEN-SMITH, N. (2007). Effects of elephant on ecosystems and biodiversity. In: Mennell, K. G. e Scholes, R. J. (Eds.), *Assessment of South African Elephant Management*. 101-134.
- ✓ KIE, J. G., MATTHIOPOULOS, J., FIEBERG, J., POWELL, R. A., CAGNACCI, F., MITCHELL, M. S., GAILLARD, J.-M. e MOORCROFT, P. R. (2010). *The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology?* *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2221–2231.
- ✓ LAVER, P. (2005). *ABODE - Kernel Range Estimation for ArcGIS, using VBA and ArcObjects*. Blackburg: Virginia Tech.

- ✓ LEADER-WILLIAMS, N. e DUBLIN, H.T. (2000). Charismatic megafauna as ‘flagship species’. In: ENTWISTLE, A. e DUNSTONE, N. (Eds.). *Priorities for the conservation of mammalian diversity: has the panda had its day?* Cambridge University Press, Cambridge. 53–81.
- ✓ LEGGETT, K. E. A. (2006). Home range and seasonal movement of elephants in the Kunene Region, northwestern Namibia. *African Zoology*, 41, 17-36.
- ✓ LEUTHOLD, W. (1976). Group Size in Elephants of Tsavo National Park and Possible Factors Influencing it. *Journal of Animal Ecology* 45, 425-439.
- ✓ LÚCIO, A. D. (2012). Violação de pressupostos do modelo matemático e transformação de dados. *Horticultura brasileira* 30, 415-423.
- ✓ MABRY, K.E. e PINTER-WOLLMAN, N. (2010). Spatial Orientation and Time: Methods. In: BREED M. D. e MOORE J., (eds.). *Encyclopedia of Animal Behavior*. 3, 308-314.
- ✓ MACANDZA, V. A., OWEN-SMITH, N. e CAIN, J. W. (2012). Dynamic spatial partitioning and coexistence among tall grass grazers in an African savanna. *Oikos*, 1-8.
- ✓ MAKHABU, S. W. (2005). Interactions between woody plants, elephants and other browsers in the Chobe Riverfront, Botswana. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 641–649.
- ✓ MAZZOLI, M. (2006). *Persistência e riqueza de mamíferos focais em sistemas agropecuários no planalto meridional brasileiro*. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Rio do Grande do Sul. Brasil. 105.
- ✓ MITUR (2011). *Áreas de conservação em moçambique*. Maputo, 37.
- ✓ MITUR (2010). *Strategy and Action Plan for the Conservation and Management of Elephants in Mozambique 2010-2015*. Maputo. 66.

- ✓ MUCAVELE, A. E., GUISSAMULO, A., NTUMI, C. (2003). *Estudo das invasões dos elefantes às machambas e sua relação com a disponibilidade de forragem na Reserva Florestal de Moribane, ACTF de Chimanimania*. Tese de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Ciências Biológicas, Maputo, Moçambique. 65.
- ✓ MUHATE, A. (2004). *Variação Altitudinal da Floresta da Reserva de Moribane*. Tese de Licenciatura. DEF/FAEF/UEM. Maputo. Moçambique 48.
- ✓ MULLER, T., SITEO, A., e MABUNDA, R. S. (2005). *Assessment of the Forest Reserve network in Mozambique*. WWF-MCO Report. Maputo. 56.
- ✓ NEWMARK, W. D. (2008). Isolation of African protected areas. *Front Ecol Environ* 6, 321–328.
- ✓ NGENE, S. M. (2010). *Why Elephant Roam*. Phd Thesis. University twente-Faculty of Geoinformation science and earth observation. Netherlands.
- ✓ NTELA, P. B. T. (2013). Categorias de conservação e gestão de áreas protegidas em Moçambique: “Reserva Especial de Maputo, uma categoria complexa e confusa”. *Revista VITAS* 6. 40.
- ✓ NTUMI, C. P., FERREIRA, S.M. e VAN AARDE, R. J. (2009). *A review of historical trends in the distribution and abundance of elephants Loxodonta Africana in Mozambique*. Fauna e Flora International, *Oryx* 43, 568–579.
- ✓ NTUMI, C. P., VAN AARDE, R. J., FAIRALL, N. e DE BOER, W. F. (2005). Use of space and habitat by elephants (*Loxodonta africana*) in the Maputo Elephant Reserve, Mozambique. *South African Journal of Wildlife Research* 35, 139–146.
- ✓ OWEN-SMITH, N., FRYXELL, J. M. e MERRILL, E. H. (2010). Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365,:

- ✓ PINTER-WOLLMAN, N. e MABRY, K. E. (2010). Remote-Sensing of Behavior. In: BREED, M. D. e MOORE, J., (eds.). *Encyclopedia of Animal Behavior* 3, 33-40.
- ✓ POWELL, R. A. (2000). Animal home ranges and territories and home range estimators. In: BOITANI, L. e FULLER, T. K., (eds.). *Research technologies in animal ecology - controversies and consequences*. New York. 65-110.
- ✓ RODGERS, A.R., CARR, A.P., BEYER, H.L., SMITH, L. e KIE, J.G. (2007). *HRT: Home Range Tools for ArcGIS. Version 1.1*. Ontario Ministry of Natural Resources, Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario, Canada.
- ✓ RUCKSTUHL, K. E. e CLUTTON-BROCK, T. H. (2005). Sexual segregation and ecology of two sexes, segregation in vertebrates: ecology of two sexes. In: RUCKSTUHL, K. E. e NEUHAUS, P. (eds.). *Individual a mechanisms to collective patterns segregation in vertebrates: ecology of two sexes*. Published by Cambridge University Press.
- ✓ SCHUTTLER, S. G., BLAKE, S., e EGGERT, L. S. (2012). Movement Patterns and Spatial Relationships Among African Forest Elephants. *Biotropica*, 1– 4.
- ✓ SEAMAN, D. E., GRIFFITH, B. e POWELL, R. A. (1998). KERNELHR: a program for estimating animal home ranges. *Wildlife Society Bulletin* 26, 95-100.
- ✓ SEAMAN, D. E., MILLSPAUGH, J. J., KERNOHAN, B. J., BRUNDIGE, G. C., RAEDEKE, K. J. e GITZEN, R. A. (1999). Effects of sample size on kernel home range estimates. *Journal of Wildlife Management* 63, 739 – 747.
- ✓ SEAMAN, D. E. e POWELL, R. A. (1996). An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Journal of Ecology* 77,2075-2085.
- ✓ SELIER, S. J. (2007). *The Social structure, distribution and demographic status of the elephant population in the Central Limpopo River Valley of Botswana, Zimbabwe an*

South Africa. Master thesis. University of Pretoria- Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Center for Wildlife Management. Pretoria. 79-110.

- ✓ SHANNON, G., PAGE, B. R., DUFFY, K. J. e SLOTOW, R. (2010). The ranging behaviour of a large sexually dimorphic herbivore in response to seasonal and annual environmental variation. *Austral Ecology* 35, 731–742.
- ✓ SIEGEL, S. (1956). *Estatística não-paramétrica: (para a ciência do comportamento)*. Brasil. Brasil.
- ✓ SILVERMAN, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman and Hall, London, UK.
- ✓ SIMBERLOFF, D. (1999). Biodiversity and bears - a conservation paradigm shift. *Urs*, 11, 21-28.
- ✓ SITOIE, A. e SITOIE, S. M. (2009). *Construindo Parcerias Florestais: potencial das reservas florestais na redução do desmatamento com participação das comunidades locais*. Maputo.
- ✓ SITOIE, S., GUISSAMULO, A., NTUMI, C. (2003). *Distribuição e uso de habitat pelo elefante na reserva florestal de Moribane, Província de Manica*. Tese de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Ciências Biológicas, Maputo, Moçambique. 44.
- ✓ SKINNER, J. D. e CHIMIMBA, C. T., (2005). *The Mammals of the Southern African Sub-region*. Cambridge University Press.
- ✓ SLATER, K. e KNIGHTS, K. (não publicado). *Recommendations for Elephant Management at Pongola Private Game Reserve*. South Africa. 1-35.
- ✓ STEWART, K. M., BOWYER, R. T., e WEISBERG, P. J. (não publicado). *Biology and Management of White-tailed Deer: Spatial Use of Landscapes*. New York, 180-217.

- ✓ STEWART, K. M., FULBRIGHT, T. E., DRAWE, D. L. e BOWYER, R. T. (2003). Sexual segregation in white-tailed deer: responses to habitat manipulations. *Wildlife Society Bulletin* 31, 1210-1217.
- ✓ STOKKE, S. e DU TOIT, J. T. (2000). Sex and size related differences in the dry season feeding patterns of elephants in Chobe National Park, Botswana. *Ecography* 23, 70-80.
- ✓ THOULESS, C. R. (1998). Variability in ranging behaviour of elephants in northern Kenya. *Pachyderm* 25, 67-73.
- ✓ VAN AARDE, R., FERREIRA, S., JACKSON T., e PAGE, B. (2009). *Elephant population biology and ecology*.
- ✓ VANCE, E. A. ARCHIE, E. A. e MOSS, C. J. (2008). *Social networks in African elephants*.
- ✓ WALTER, O. e STEVENSON, M. F. (2006). *Management Guidelines for theelfare of Zoo Animals- Elephants *Loxodonta Africana* and *Elephas maximus**. 2nd Edition. IBAMA. London- United Kingdom. Wolf A, Doughty CE.
- ✓ WALTER, W. D., FISCHER, J. W., BARUCH-MORDO, S. e VERCAUTEREN, K. C. (2013). *What Is the Proper Method to Delineate Home Range of an Animal Using Today's Advanced GPS Telemetry Systems: The Initial Step*. 249-268.
- ✓ WHYTE, I.J. (2006). Studying elephant movements. In: KANGWANA, K. (ed.). *Studying elephant*. AWF, series 7, 75-89.
- ✓ WITTEMYER, G., GETZ, W. M., VOLLRATH, F. e DOUGLAS-HAMILTON, I. (2007). Social dominance, seasonal movements, and spatial segregation in African elephants: a contribution to conservation behavior. *Behav Ecol Sociobiol* 13.
- ✓ WORTON, B. J. (1995). Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. *Journal of Wildlife Management* 59, 794-800.

- ✓ WORTON, B. J. (1989). Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Journal of Ecology* 70, 164-168.

- ✓ YOUNG, K. D., FERREIRA, S. M., VAN AARDE, R. J. (2009). Elephant spatial use in wet and dry savannas of southern Africa. *Journal of Zoology*, London, 1-17.

- ✓ ZAMBEZI SOCIETY e MID-ZAMBEZI ELEPHANT PROJECT (2000). *Elephant reserch and management in Muzarabani district and the Mid-Zambezi valley*. Harare.

8.0 ANEXOS

Anexo 1. Avaliação do nível de associação entre distâncias de separação entre manadas e a subestação do ao usando teste qui-quadrado.

Hipótese

H₀: As distâncias de separação entre manadas são iguais em todos blocos sazonais.

H_a: Pelo menos um dos blocos sazonais terá distância de separação diferente dos restantes.

Escolha do teste

Teste de chi-quadrado (χ^2):

$\chi^2 = \sum \sum [(O-E)^2 / E] \sim \chi^2 (\alpha, gl)$. $gl = (L-1)(C-1)$, sendo:

O – Valores observados

E – Valores esperados

L – Número de colunas

C – Número de linhas

Cálculo do valor do teste

Valores observados

	Mai-Jul11	Ago-Out11	Nov11-Jan12	Fev-Abr12	Total
Próximos	14	15	8	57	94
Distantes	45	62	45	5	157
Total	59	77	53	62	251

Valores esperados

	Mai-Jul11	Ago-Out11	Nov11-Jan12	Fev-Abr12	Total
Próximos	22.10	28.84	19.85	23.22	94
Distantes	36.90	48.16	33.15	38.78	157
Total	59	77	53	62	251

Chi-quadrados parciais

	Mai-Jul11	Ago-Out11	Nov11-Jan12	Fev-Abr12	Total
Próximos	2.97	6.64	7.07	49.15	65.83
Distantes	1.78	3.98	4.23	29.43	39.41
Total	4.74	10.61	11.31	78.57	105.24
				Chi-crítico	7.81
				Valor-p	1.162E-22

Conclusão: Dado que o valor de p calculado ($1.162 \cdot 10^{-22}$) é menor que o α (0.05), rejeita-se a hipótese nula, deste modo há evidência suficiente que mostra que as distâncias diárias de separação entre manadas de elefantes estão associadas a estação do ano (blocos sazonais).

Anexo 2. Comparação de área total usada pelas manadas. a) ANOVA. b) teste de Normalidade de Shapiro Wilk. c) Teste de homocedasticidade de Breusch – Pagan. d) Teste de comparação de médias de Tukey.

a) **ANOVA**

Modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$. Onde:

Y_{ij} – Deslocamento diário do elefante do sexo i, na estação j.

μ - Média geral.

α_i - Efeito do sexo i.

β_j - Efeito do bloco sazonal j.

ε_{ij} – Resíduos.

Hipóteses

Bloco sazonal ou subestação

H_0 : Os deslocamentos diários dos elefantes são iguais em todos blocos sazonais.

H_a : Pelo menos num dos blocos sazonais os deslocamentos diários serão diferentes dos restantes.

Sexo

H_0 : O comportamento dos elefantes de ambos sexos é igual em termos de deslocamentos diários.

H_a : O comportamento dos elefantes de ambos sexos não é igual em termos de deslocamentos diários.

Cálculo do valor do teste

anova raizquarta subestaocode sexo					
		Number of obs =	435	R-squared =	0.0289
		Root MSE =	.244874	Adj R-squared =	0.0198
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	.766024837	4	.191506209	3.19	0.0133
subestaoc~e	.599812539	3	.199937513	3.33	0.0194
sexo	.162349497	1	.162349497	2.71	0.1006
Residual	25.7842019	430	.05996326		
Total	26.5502267	434	.061175638		

Conclusões

Conclusão para o efeito de subestação: Dado que valor-*p* (0.0194) obtido pelo teste de Fisher é menor que α (0.05), rejeita a hipótese nula. Então, com base no teste de Fisher a 5% de nível de significância, há evidências suficientes que mostram que, pelo menos num dos blocos sazonais os deslocamentos diários serão deferentes dos restantes.

Conclusão para o efeito de sexo: Dado que valor-*p* (0.1006) obtido pelo teste de Fisher é maior que α (0.05), não se rejeita a hipótese nula. Então, com base no teste de Fisher a 5% de nível de significância, não há evidências suficientes que mostram que, o comportamento dos elefantes de ambos sexos não é igual termos de deslocamentos diários.

b) Teste de Normalidade de Swapiro Wilk

Hipóteses

H₀: Os resíduos seguem uma distribuição normal.

H_a: Os resíduos não seguem uma distribuição normal.

Cálculo do valor do teste

swilk erro					
variable	Shapiro-wilk w test for normal data				
	Obs	w	V	Z	Prob>z
erro	435	0.99486	1.525	1.009	0.15658

Conclusão: Dado que o valor- p (0.1566) é maior que o nível de significância α (0.05), não se rejeita a hipótese nula. Assim, com base no teste de Shapiro Wilks, ao nível de significância de 5%, não há evidências suficientes para afirmar que os resíduos não seguem uma distribuição normal.

c) Teste de homocedasticidade de Breusch – pagan

Hipóteses

Ho: Os resíduos são homocedásticos.

Ha: Os resíduos não são homocedásticos.

Cálculo do valor do teste

```
. hettest erro
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: erro

chi2(1)      =      0.00
Prob > chi2  =      0.9483
```

Conclusão: Dado que o valor- p (0.9483) > α (0.05), não se rejeita a hipótese nula. Assim, com base no teste de Breusch – Pagan, ao nível de significância de 5%, não há evidências suficientes para afirmar que os resíduos não são homocedásticos.

d) Teste de comparação de Médias de Tukey

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)			
Homogeneous error SD = .2453585, degrees of freedom = 431			
(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)			
Mean(Y)	1	2	3
Level(X)	1	2	3
1.0449	.95305	1.0449	.98505
2	.09186*	.07647	
.98505	.032	-.05986	
3	.08429	.08122	
1.0043	.05124	-.04063	.01923
4	.10102	.09847	.10465