

B10-78

R.E. 63B



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA: DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DAS FEZES DO ELEFANTE
EM TRÊS HABITATS NA RESERVA ESPECIAL DE MAPUTO



Autor: Rafael Cabela Vidal Fonzana



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TRABALHO DE LICENCIATURA

TEMA: DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DAS FEZES DO ELEFANTE EM TRÊS HABITATS NA RESERVA ESPECIAL DE MAPUTO

Autor: Rafael Cabela Vidal Fonzana

**Supervisores: dra Verónica Micas José
dr Cornélio Pedro Ntumi**



Maputo, Junho de 1999

Agradecimentos

O meu agradecimento vai, em primeiro lugar, para os meus supervisores a dr^a Verónica Micas José e o dr Cornélio Pedro Ntumi por me terem facultado apoio técnico-científico e material durante a realização deste trabalho.

Quero expressar a minha grande gratidão aos projectos: holandês DEIBI (Desenvolvimento do ensino e investigação no Departamento de Ciências Biológicas) e Blanchard Mozambique Enterprises pelo apoio financeiro sem o qual não teria sido possível a realização deste estudo. Também expresse a minha gratidão a DNFFB por ter autorizado a realização do presente trabalho dentro da Reserva Especial de Maputo.

Agradecimento especial vai para o Dr Fred de Boer pelos conselhos e apoio técnico que me concedeu.

Também quero expressar os meus agradecimentos aos senhores Manuel e Domingos, motoristas do Departamento de Ciências Biológicas, e ao senhor Tomás, técnico de laboratório de Entomologia, que muito contribuíram para o sucesso do trabalho do campo.

Aos senhores Luciano e Faustino da secção de Reprografia, às senhoras bibliotecárias Maria Eduarda e Janete, à senhora Sabina e ao senhor Maurício técnicos de Laboratório de Ecologia e a todos os trabalhadores do Departamento de Ciências Biológicas o meu muito obrigado pela ajuda prestada.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia, particularmente ao senhor Domingos Mosquito Patrício, estende-se o meu agradecimento pelo apoio material oferecido.

O mais profundo e especial agradecimento vai para a minha grande amiga Lídia que sempre esteve presente nos momentos mais difíceis e cruciais da minha vida estudantil e para os meus irmãos Manuel, Sónia, Elida, Halima e Bartolomeu por me terem proporcionado ambiente para a realização dos meus estudos.

A todos os que contribuíram para o sucesso dos meus estudos o meu eterno agradecimento.

Dedicatória

À memória dos meus pais Vidal Serica Funzana e Cacilda Cabela

À minha filha Faiza

Dedico esta tese com todo o amor e ternura.

Resumo

Este estudo foi realizado na Reserva Especial de Maputo de Janeiro a Março de 1999. Teve como objectivos determinar a taxa de decomposição das fezes do elefante em três habitats (floresta, savana e pradaria), estimar a percentagem de humidade das fezes e dos solos, identificar a macrofauna que participa na decomposição das fezes e interpretar as diferenças das taxas entre os três habitats com base nos factores estudados durante o período de estudo.

Para o estudo das taxas de decomposição foram seleccionadas a partir da savana 90 pilhas de fezes frescas do elefante das quais 30 foram distribuídas por cada um dos três habitats em estudo.

As pilhas foram colocadas em cada habitat e monitoradas em intervalos de 3 dias registando-se as alterações das suas características ao passarem de um estágio para outro até que desaparecessem.

Foram seleccionadas 6 pilhas de fezes para o estudo da humidade. Destas, tiravam-se 3 amostras através de sondas de 30 ml em cada um dos habitats que depois foram levadas para o laboratório, onde eram colocadas na estufa durante 5 h e depois pesadas para se calcular a diferença entre o peso inicial e o final.

Para o estudo da humidade do solo, foram tiradas 3 amostras, através de sondas de 30 ml, em cada habitat. Estas foram levadas para o laboratório para se determinar a humidade através do método usado para determinar a humidade das fezes.

Não foram observadas diferenças significativas entre as taxas de decomposição das fezes do elefante entre os três habitats. As taxas médias de decomposição das fezes do elefante na floresta, savana e pradaria foram respectivamente de 0.0129, 0.0117 e 0.0159.

A humidade média das fezes foi 53.07% na floresta, 40.01% na savana e 40.82% na pradaria. Não houve diferenças significativas da humidade das fezes entre os três habitats. Foi observada uma correlação negativa significativa entre a humidade das fezes e as taxas de decomposição nos três habitats estudados.

A humidade média do solo na floresta, savana e pradaria foi respectivamente de 14.41%, 5.39% e 7.01%. Foram observadas diferenças significativas da humidade do solo entre os três habitats. Foi observada uma correlação negativa entre a humidade do solo e as taxas de decomposição na floresta, na savana e na pradaria. A temperatura média do ambiente foi de 23.9° C na floresta, 27.2° C na savana e 31.1° C na pradaria. Houve uma diferença significativa da temperatura do ambiente entre os três habitats. Houve uma correlação positiva não significativa entre a taxa de decomposição e as temperaturas do ambiente na savana e na pradaria. Na floresta foi observada uma correlação negativa não significativa entre a temperatura do ambiente e a taxa de decomposição.

A temperatura média do solo foi de 26.02° C na floresta, 30.46° C na savana, 32.49° C na pradaria. Foram observadas diferenças significativas da temperatura do solo entre os três habitats. A precipitação média da floresta foi de 10.87 mm, 9.73 mm na savana e 7.79 mm na pradaria. Não houve diferenças significativas de precipitação entre os três habitats.

A macrofauna encontrada nos três habitats era constituída por 739 indivíduos dos quais 41.68% foram encontrados na floresta, 32.61% na savana e 25.71% na pradaria. Houve diferenças significativas entre o número de indivíduos encontrados por habitat e por método usado. Houve uma correlação negativa significativa entre o número de indivíduos, peso de indivíduos por volume e as taxas de decomposição.

O efeito da macrofauna sobre as taxas de decomposição foi mais notável em fezes frescas.

A temperatura e a precipitação foram factores mais determinantes na decomposição das fezes na pradaria do que na floresta e na savana.

ÍNDICE

1.0. Introdução.....	01
2.0. Objectivos.....	06
3.0. Área de Estudo.....	07
4.0. Material e Métodos.....	12
4.1. Envelhecimento das pilhas de fezes e a taxa média de decomposição.....	13
4.2. Humidade.....	14
4.3. Medição da humidade dos solos.....	14
4.4. Medição da temperatura do ambiente e do solo.....	15
4.5. Registo de pluviosidade.....	15
4.6. Fauna das fezes.....	16
4.6.1. Registo no campo.....	16
4.6.2. Macrofauna apanhada nas armadilhas.....	16
4.6.3. Macrofauna extraída das fezes.....	16
5.0. Análise de Dados.....	18
6.0. Resultados.....	18
6.1. Envelhecimento das pilhas de fezes e as taxas médias de decomposição.....	18
6.2. Humidade das fezes	22
6.3. Humidade do solo.....	24
6.4. Temperatura do ambiente e do solo.....	26
6.5. Precipitação.....	28
6.6. Fauna das fezes.....	29
6.6.1. Macrofauna visível na superfície ao longo de uma transversal numa largura de 2 metros.....	29

6.6.2. Macrofauna apanhadas nas armadilhas.....	30
6.6.3. Macrofauna extraída das fezes.....	31
6.6.4. Sucessão.....	33
6.6.5. Distribuição da macrofauna em três habitats	33
7.0. Discussão.....	34
7.1. Envelhecimento, peso das pilhas de fezes e as taxas de decomposição.....	34
7.2. Condições ambientais e as taxas de decomposição.....	37
7.3. Macrofauna e as Taxas de decomposição.....	41
8.0. Conclusões.....	45
9.0. Recomendações.....	46
10.0. Referências bibliograficas.....	47

1. Introdução

O elefante africano (*Loxodonta africana* Blumenbach) ocupa uma variedade de habitats desde o deserto até as galerias da floresta (Skinner e Smithers, 1990).

Estudos feitos em muitas áreas têm mostrado a importância ecológica dos elefantes como agentes de dispersão de sementes, aumentando mosaicos na floresta e na diversificação da comunidade de mamíferos (Poole, 1996).

Os elefantes são, no entanto, capazes de afectar grandemente a estrutura da vegetação e também a comunidade de outros animais. Em altas densidades, os elefantes reduzem as áreas arborizadas da floresta transformando-as em savanas muito abertas (Poole, 1996).

Em muitas áreas, a expansão humana e a caça têm forçado a alteração dos padrões de migração dos elefantes e a concentração destes animais em áreas protegidas (Poole, 1996).

Segundo Poole (1996), o aumento do número de elefantes em pequenas áreas protegidas acelera a destruição do habitat e a perda da biodiversidade nos Parques e Reservas Nacionais. A procura de soluções para este problema é uma das maiores pressões na necessidade de manejo e conservação do elefante.

Na Reserva Especial de Maputo tem havido destruição das machambas adjacentes, causada sobretudo por elefantes. Os estragos nas machambas constituem, no momento actual a causa principal do conflito entre os residentes e a Reserva. Os esforços do pessoal da Reserva em colaboração com a população para espantar estes animais não tem dado bons resultados (DNFFB, 1997).

Na Reserva Especial de Maputo, Correia (1995) e Mafuca (1996) estudaram a dieta de cinco herbívoros entre os quais o elefante, através da análise fecal e constataram que a

dieta deste animal é constituída por um total 95 espécies de plantas diferentes. Também verificaram que existe maior consumo de gramíneas na estação chuvosa e maior consumo da componente lenhosa na estação seca. Constataram no mesmo estudo que a falta de conhecimento sobre a taxa de decomposição das fezes tornava difícil a determinação da densidade dos animais e, conseqüentemente, da contribuição relativa das espécies vegetais na composição da dieta dos animais.

Na mesma Reserva, Ntumi (1997) estudou o movimento e a distribuição dos elefantes dentro da Reserva e das zonas adjacentes. No mesmo estudo, utilizou o método da contagem das fezes para estimar a densidade populacional dos elefantes, mas também teve como factor limitante a falta de conhecimento da taxa de decomposição das fezes.

As técnicas para o censo dos elefantes podem ser divididas em 2 classes. A primeira classe compreende o levantamento em que os elefantes em si são contados. Esta é a contagem directa (Kangwana, 1996). Contudo é difícil contar directamente os elefantes na floresta tanto a pé como por meios aéreos, porque estes se escondem debaixo das árvores (Barnes, 1995).

A segunda classe inclui levantamentos onde os sinais dos elefante (pilhas de fezes, pegadas, sinais deixados nos alimentos) são contados. Estas são contagens indirectas (Kangwana, 1996).

A técnica apropriada usada na contagem dos elefantes depende do tipo de habitat (isto é, densidade da vegetação e topografia), o tamanho da área do levantamento, a densidade dos elefantes e o tipo de estimativa requerido (Kangwana, 1996).

A contagem de fezes é o tipo de método indirecto mais comum para contar os elefantes (Barnes, 1996)

O levantamento das fezes pode ser usado de duas maneiras. Primeiro, as fezes podem ser utilizadas como um índice de abundância de elefantes ou sua distribuição relativa. Pode também fornecer uma considerável quantidade de valiosas informações sobre a biologia do elefante numa determinada área de estudo (Barnes, 1996).

A segunda opção é transformar os dados sobre as fezes em números de elefantes. Para obter uma estimativa do número de elefantes são necessários quatro estágios (Barnes, 1996):

- I) Estimar o número de pilhas de fezes, ou a densidade de pilhas por Km² .
- II) Estimar a taxa de defecação dos elefantes.
- III) Estimar a taxa média de decomposição das fezes.
- IV) Combinar as três estimativas para a obtenção da estimativa do número ou densidade dos elefantes por Km² .

Dois tipos de contagem de fezes foram descritos, o método " *Clearence plot* " e o método " *Standing crop count* " (Plumptre e Harris, 1995). O método " *Clearence plot* " foi usado por Ntumi (1997) durante o estudo acima referido, e envolve a remoção de fezes de uma área marcada em intervalos regulares, e a contagem das pilhas de fezes e a correção da contagem através da taxa de defecação do animal para se obter uma estimativa da densidade. O método " *Standing crop count* " requer somente uma visita ao local de estudo e daí calcular a densidade para uma grande área do censo. O número de animais é obtido através da correção com a taxa de decomposição (Plumptre e Harris, 1995).

Segundo Barnes (1996), o número de elefantes (E) é calculado a partir da densidade de pilhas de fezes (Y), a taxa de defecação (D), e taxa decomposição (r).

$$E= Y.r/D$$

O elefante tem uma taxa de defecação elevada (Skidders e Smithers, 1990). Esta taxa depende provavelmente da qualidade do alimento o qual depende da pluviosidade (Barnes, 1993).

Durante o processo de decomposição das fezes, ocorre uma diminuição gradual de tamanho e opera-se uma mudança de cor e transformam-se parcialmente. A partir de uma certa altura tornam-se pouco visíveis ao longo de um transecto (Barnes, 1996).

A taxa de decomposição (r) das fezes do elefante é uma função da pluviosidade (R), temperatura (T) e humidade (H). Para um tipo de habitat, pode-se usar a equação de Barnes (1993).

$$r = f(R) + f(T) + f(H)$$

O tempo de desaparecimento das fezes do elefante é inversamente relacionado com a pluviosidade do mês em que são depositadas. A pluviosidade varia sazonalmente e também entre os meses numa estação, e portanto a taxa de decomposição irá variar mensalmente (Barnes *et al.* 1997).

As relações quantitativas entre os factores físicos e os processos biológicos facilitam a modelação de sistemas complexos. A humidade do solo e a temperatura são considerados como uns dos factores ambientais que mais afectam a taxa de decomposição da matéria orgânica no solo (Murwira *et al.* 1990).

As fezes são a única fonte de alimentação para a maior parte dos besouros (Scarabaeidae) e para as larvas de várias espécies de coprófagos. Os besouros adultos e as larvas dos insectos coprófagos alimentam-se de fluído componente das fezes. A larva do besouro alimenta-se de todas as fezes, usualmente depois destas estarem enterradas no ninho em baixo da terra por adultos (Edwards, 1991).

Segundo Edwards (1991), a qualidade das fezes dos grandes herbívoros africanos varia de acordo com o seu conteúdo de humidade e nutrientes e de acordo com condições da área de pastagem. O mesmo autor notou que o conteúdo da água nas fezes está correlacionado significativamente com a quantidade das chuvas.

A competição interespecífica pelas fezes é frequentemente observada no campo, especialmente durante a estação chuvosa em comunidades tropicais e subtropicais onde a riqueza e a abundância das espécies são muitas vezes altas. (Hanski citado por Giller *et al.* 1994).

Têm sido observadas comunidades de insectos de fezes de mamíferos em grandes números de espécies alimentando-se no mesmo recurso efémero e mosaicamente distribuído (Giller *et al.* 1994). Na África subsahariana existem mais de 2 mil espécies de besouros das fezes da família Scarabaeidae. Na África austral foram registadas 780 espécies (Doubé, 1991).

Os besouros das fezes desempenham um papel importante nas savanas (Doubé, 1991). Cambefort (1984) citado por Doubé (1991) estimou que os besouros enterram por hectare e por ano uma tonelada métrica de fezes. A produção primária é significativamente alta em savanas com grandes herbívoros e associada a besouros das fezes que nas savanas sem mamíferos (Cambefort, 1986; citado por Doubé 1991).

Os invertebrados coprófagos têm usado certas estratégias para consumir as fezes. A sua actividade mostra uma variação sazonal. A actividade máxima dos besouros é concentrada na estação chuvosa (Hinschberger e Bauer, 1994).

Na estação seca uma crescente percentagem de fezes depositadas é consumida por térmitas. Um estudo feito em Tsavo (East) National Park no Kenya mostrou que na época chuvosa, no pico da actividade dos besouros, 2 kg de fezes podem ser removidas em 2 horas por 17.000 besouros cuja biomassa total é 500 g (Coe, 1977).

Uma importante característica das térmitas na remoção das fezes do elefante é de dispersar largamente o material consumido e incorporar no ninho. Os besouros enterram directamente em baixo do depósito (Coe,1977).

Os solos protegidos da floresta suportam uma grande variedade de invetebrados, mas estes são metabolicamente menos activos. Na savana, os solos expostos a grandes flutuações de temperatura e humidade relativa e efeitos erosivos da acção dos ventos, suportam uma pequena variedade de invertebrados, mas são metabolicamente mais activos (Wallwork,1970).

Na Reserva de Maputo os elefantes passam mais tempo na floresta, mas também são encontrados frequentemente na savana e na pradaria (Ntumi,1997), daí que o presente estudo tenha sido feito nestas comunidades vegetais.

O presente estudo será uma contribuição para futuros trabalhos sobre as contagens de elefantes e também poderá ser usado na correcção de trabalhos de contagem feitos anteriormente.

2.Objectivos

- Determinar a taxa de decomposição das fezes do elefante na floresta, savana e pradaria dentro da Reserva de Maputo
- Estimar a percentagem de humidade das fezes e dos solos nos três habitats
- Identificar a macrofauna que participa na decomposição das fezes em cada um dos três habitats.

- Interpretar as diferenças da taxa de decomposição das fezes com base nos factores ambientais, como temperatura, humidade, pluviosidade e a abundância dos invertebrados coprófagos.

3. Área de estudo

A Reserva de Maputo situa-se no extremo Sul de Moçambique na província de Maputo à Leste do rio Maputo e possui uma área de 800 Km² (Tello, 1973).

Foi criada em 1932, inicialmente com o objectivo de proteger a população de elefantes naquela área (DNFFB, 1997).

A Reserva de Maputo tem actualmente como limites, a Norte a baía de Maputo; a Oriente o Oceano Índico; a Ocidente, o rio Maputo, o rio Fúti e uma linha de dois quilómetros a Leste da estrada de Salamanga e Ponta de Ouro; a Sul a parte Sul da lagoa Xingute e a parte Sul da lagoa Piti (veja fig. 1), (DNFFB, 1997).

Dispõe de componentes costeiros e terrestres, com uma ampla variedade de tipos de habitats. Tem um alto valor de biodiversidade, estando ligada ao centro de diversidade florística global de Maputaland, o qual por sua vez dispõe de uma alta diversidade de espécies e grande endemismo em todas as classes (DNFFB, 1997).

Os solos são principalmente arenosos e de lodo de estuário (Tello, 1973). Os solos arenosos e pobres em matéria orgânica estendem-se ao longo da costa enquanto que planícies pantanosas dos rios Maputo e Futi, contêm solos aluviais férteis com alto teor em húmus e matéria orgânica, favoráveis à prática de agricultura (Grossman e Loforte, 1994; Hatton *et al.* 1995).

As principais fontes hídricas de água doce e salobra são os rios Maputo e Futi e, as lagoas Xinguti, Piti e Munde (Tello, 1973; Grossman e Loforte, 1994; Hatton *et al.* 1995).

Segundo de Boer *et al.* (em preparação) a vegetação pode ser classificada em seis tipos principais (figura 2):

- Mangal, que se encontra no norte e faz fronteira com a baía de Maputo e a volta dos deltas do rio Maputo e canal de Bembe.
- Vegetação dunar, que inclui a zona da praia com a sua vegetação pioneira formada por *Scaevola* spp, *Ipomea* spp, *Canavalia* spp e a floresta formada por *Diospyros rotundifolia*, *Mimusops caffra* e *Sideroxylon inerme*.
- Pradaria que é formada por uma planície quase sem árvores e dominada por ervas.
- Savana que é constituída principalmente por *Azelia africana*, *Albizia* spp e *Sclerocarya birrea*.
- Vegetação ribeirinha, encontra-se em volta do sazonal rio Futi, é constituída por manchas de *Phragmites* spp., *Juncus* spp e *Cyperus* spp e por floresta de margem formada por *Ficus* spp, *Syzygium cordatum* e *Kigelia africana*.
- Floresta, apresenta duas características: floresta seca e floresta pantanal.

É de salientar que o presente trabalho foi realizado na floresta seca localizada na latitude 32 44 246 E e longitude 26 29 090 S ; savana situada à latitude 32 43 905 E e longitude 26 29 412 S; e na pradaria localizada na latitude 32 44 096 E e longitude 26 28 179 S.

O clima é caracterizado por um Verão quente e chuvoso (Outubro-Março) e um Inverno frio e seco (Abril-Setembro). A precipitação média anual varia entre 690-1000 mm (DNFFB, citado por de Boer *et al.* em preparação).

Os valores médios anuais da temperatura do ambiente variam entre 20 à 25° C em Bela Vista, e 22 à 26° C em Zitundo (Grossman e Loforte, 1994).

As comunidades locais que viviam na Reserva antes da guerra regressaram novamente (DNFFB, 1997). Existem algumas casas de pescadores à volta da lagoa Piti e em Mvukuza (Hatton *et al.* 1995). Muitas populações concentram-se ao longo do rio Futi, em

Massuane, na Fábrica de Cal, Salamanga, Machia e Chia. A sede de Bela Vista é habitada por 6487 pessoas enquanto que Salamanga por 2590 (Baquete, 1995; citado por Ntumi, 1997).

A Reserva de Maputo é das poucas áreas de conservação no mundo que situando-se junto da zona costeira, ainda possui uma população representativa de grandes herbívoros, entre os quais o elefante cujo número é estimado entre 100 à 300 (Correia *et al.* 1996).

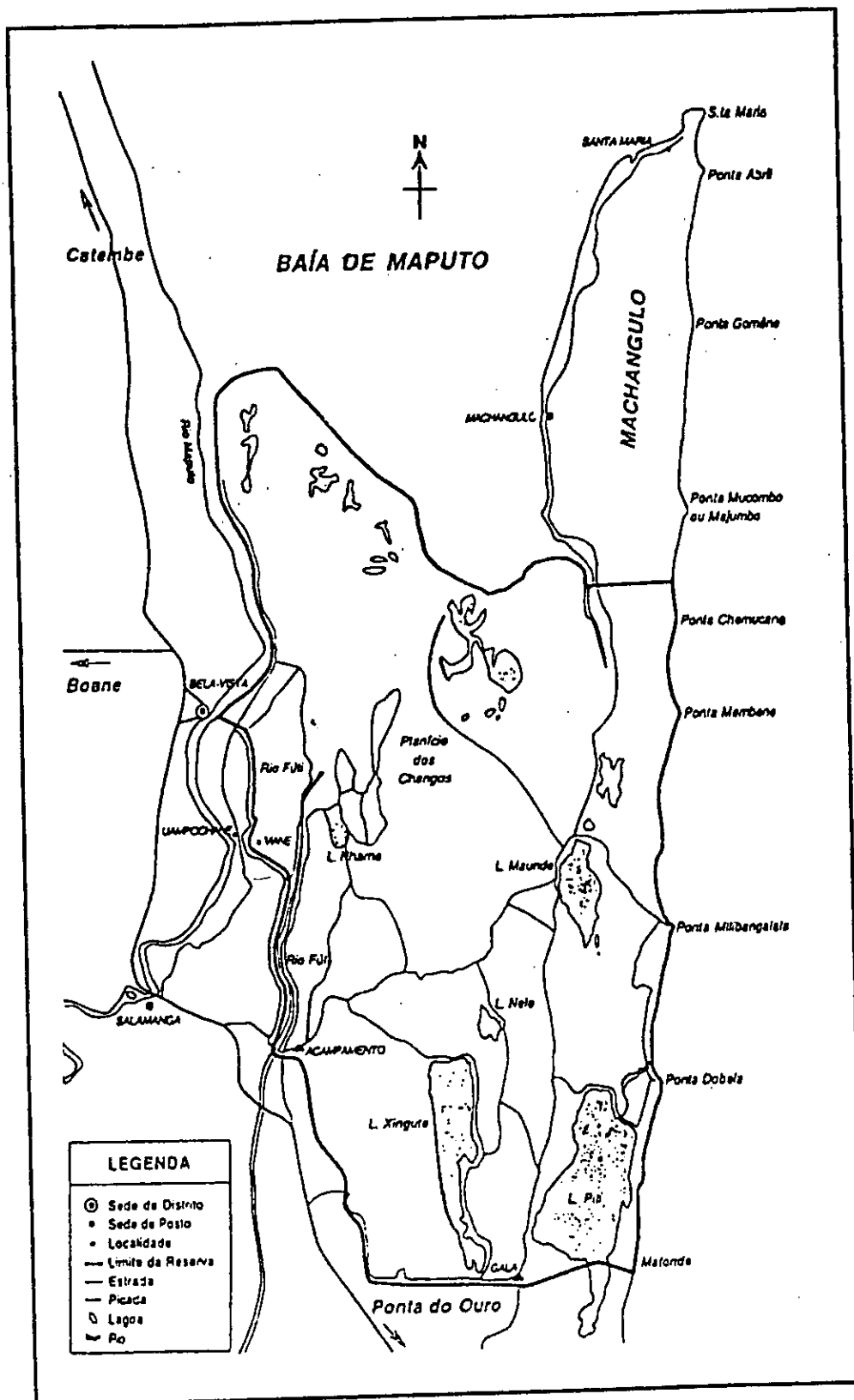


Figura 1: Mapa da Reserva Especial de Maputo (DNFFB, 1997).

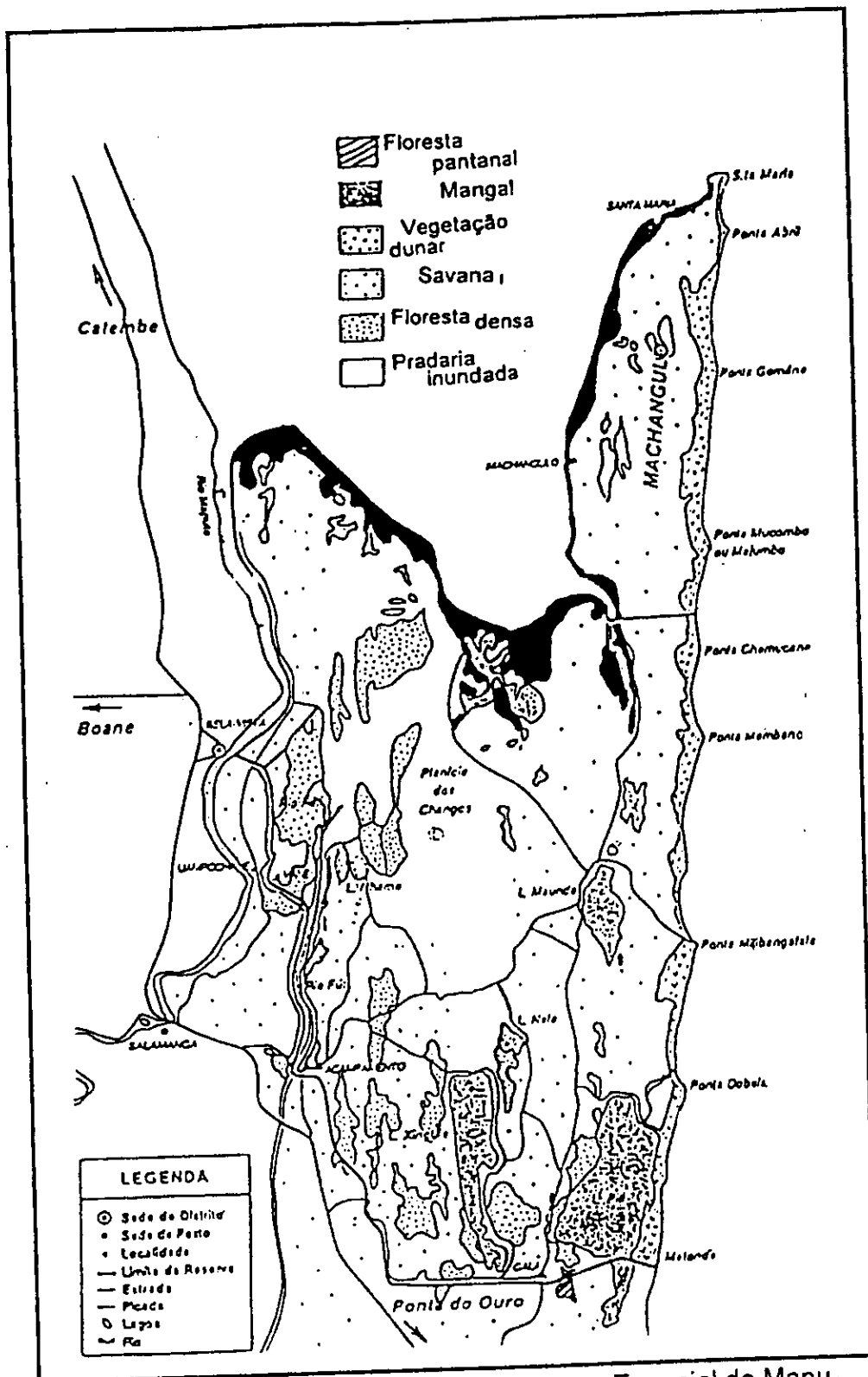


Figura 2: Comunidades vegetais da Reserva Especial de Maputo, modificado de (Hatton *et al.* 1995) e DNFFB (1997)

4. Material e métodos

O tempo de estudo foi dividido em três fases, a primeira foi de 24 a 30 de Janeiro, a segunda de 5 a 23 de Fevereiro e a última foi de 6 a 18 de Março de 1999.

O estudo de todos os parâmetros foi feito em intervalos de três dias e no período da tarde, 14.00 h na savana, 14.30 h na floresta e 15.00 h na pradaria.

Neste trabalho assumiu-se como taxa de decomposição, a taxa de desaparecimento das fezes na qual deixam de ser reconhecíveis a uma distância de 2 metros.

Para o estudo da taxa de decomposição nos três habitats (floresta, savana e pradaria) foram usadas as categorias modificadas descritas por Barnes e Jensen (1987) que classificaram as fezes do elefante em categorias que variam de A à E, consoante o grau de decomposição.

A-fezes muito frescas, húmidas, compactas, com o odor e com uma grande presença de besouros.

B-fezes frescas, mas secas, compactas, sem odor e uma pequena presença de besouros.

C-fezes ligeiramente espalhadas, pequenos intervalos entre a massa componente das fezes.

D-fezes completamente espalhadas, grandes intervalos entre a massa componente das fezes.

E-fezes decompostas e não reconhecíveis a uma distância de 2 m.

4.1. Envelhecimento, peso das pilhas de fezes e as taxas médias de decomposição

Foram selecionadas 90 pilhas inteiras de fezes frescas (categoria A) de elefantes adultos a partir de um único habitat (savana) para assegurar que estas tenham sido submetidas às mesmas condições iniciais. As pilhas de fezes foram recolhidas na savana com ajuda de uma pá e colocados em sacos plásticos de tamanho 750 mm X 840 mm, e depois foram transportadas para cada um dos habitats (floresta, savana e pradaria). Em cada habitat foram colocadas 30 pilhas de fezes, e junto de cada pilha foi colocado uma estaca e o respectivo número para permitir a sua identificação. A colocação das pilhas de fezes por habitat teve a duração de 6 dias (veja o anexo 1).

As pilhas de fezes foram pesadas e distribuídas pelo habitat separadas entre si por uma distância de 2 m.

A mudança de categoria (A à E) sofrida por cada pilha de fezes foi observada a uma distância de 2 m durante um período de 54 dias. Estas mudanças de categorias foram registadas na ficha 1 em anexo.

Uma pilha de fezes é normalmente formado por três a quatro bolos, os quais podem ser encontrados no campo amontoados ou dispersos.

Para ajudar a definir os estágios (A à E), no primeiro dia foram tiradas fotografias com uma máquina Konica, focus 35 mm, que representavam o estágio inicial das fezes a uma distância de 2 m. Estas serviram de referência em relação às alterações dos dias posteriores.

As taxas médias de decomposição foram calculadas com base na equação de Barnes (1992);

$$r = \frac{\ln(N_0) - \ln(N_t)}{t}$$

Onde (r) é a taxa média de decomposição, (No) número de fezes reconhecíveis (A à D) a uma distância de 2 m no tempo inicial; (Nt) número de fezes reconhecíveis a uma distância de 2 m depois de um determinado tempo; (t) tempo em dias.

4.2. Humidade das fezes

Para a determinação da humidade, seis pilhas de fezes adicionais foram colocadas em cada um dos habitats em estudo, para a sua identificação, cada pilha foi enumerada e separada uma da outra por uma distância de 1 m.

Foram tiradas três amostras através de sondas de volume igual a 30 ml em cada uma das pilhas. As sondas foram depois pesadas numa balança eléctrica portátil de marca Ohaus-ct 6000 V, hermeticamente fechadas e devidamente etiquetadas. Posteriormente foram levadas ao laboratório de ecologia do Departamento de Ciências Biológicas, onde foram colocadas a secar numa estufa a uma temperatura de 105°C durante um período de 5 horas. O conteúdo de humidade das amostras das fezes foi determinado segundo a fórmula:

$$\% \text{ de humidade} = (P_1 - P_2 / P_1) * 100$$

P₁-peso inicial da amostra

P₂-peso final da amostra

4.3. Medição da humidade dos solos

Foram tirados com a ajuda de sondas de 30 ml de volume, três amostras de solo em cada um dos habitats durante o período de estudo. Cada sonda foi depois pesada,

hermeticamente fechada e etiquetada. Estas foram depois levadas para o laboratório de ecologia do Departamento Ciências Biológicas onde se determinou a humidade através do método usado anteriormente para as fezes.

4.4. Medição da temperatura do ambiente e do solo

O termómetro para a medição da temperatura do ambiente foi colocado num lugar protegido da radiação directa do sol e com uma circulação livre do ar à uma altura de 1,5 m do solo (Anderson e Ingram, 1993).

A medição da temperatura do ambiente foi feita através do uso do termómetro máximo-mínimo.

Com os valores da temperatura máximo- mínimo calculou-se a temperatura média diária.

A medição da temperatura do solo foi feita com o uso do termómetro do solo à uma profundidade de 0,10 m (Anderson e Ingram, 1993).

4.5. Registo de pluviosidade

Foi colocado num tubo PVC de 180 mm de diâmetro um pluviómetro a uma altura de 1 m (Patrício, 1999) em cada um dos habitats para medir a pluviosidade. O registo foi feito na ficha 2 em anexo.

4.6. Fauna das fezes

Para amostragem e o registo da macrofauna das fezes foram usados três métodos.

4.6.1. Registo no campo

A macrofauna visível na superfície ao longo de uma transversal com uma largura de 2 m, foi identificada com a ajuda da literatura (Basilewsky *et al.* 1969; Scholtz, 1985).
quantificada e registada na ficha 4 em anexo.

4.6.2. Macrofauna apanhada nas armadilhas ("pitfall traps")

Em cada habitat foram colocadas 6 armadilhas, cada uma das quais foi colocada a 1 m de uma pilha de fezes (veja a figura 3). Cada armadilha era constituída por uma lata de 340 ml aberta na parte superior e contendo água misturada com álcool. A armadilha foi enterrada até a abertura ficar ao nível do solo. A macrofauna apanhada foi registada na ficha 5 em anexo e colocada em frascos etiquetados e com conservante (álcool) que depois foram levados ao laboratório de ecologia do Departamento de Ciências Biológicas para a identificação e quantificação, com a ajuda de uma lupa binocular de marca Wild e da literatura (Basilewsky *et al.* 1969; Scholtz, 1985).

4.6.3. Macrofauna extraída das fezes

Neste método foram usadas as seis pilhas de fezes destinadas para estimar a humidade. Foram tiradas 3 amostras usando frascos de 500 ml em cada habitat. Estas amostras foram depois levadas ao laboratório onde a macrofauna foi separada com um crivo de 2 mm. Esta foi identificada com o auxílio de uma lupa binocular de marca Wild e da literatura (Basilewsky *et al.* 1969; Scholtz, 1985), registada na ficha 6 em anexo e depois pesada para se obter a relação massa por volume.

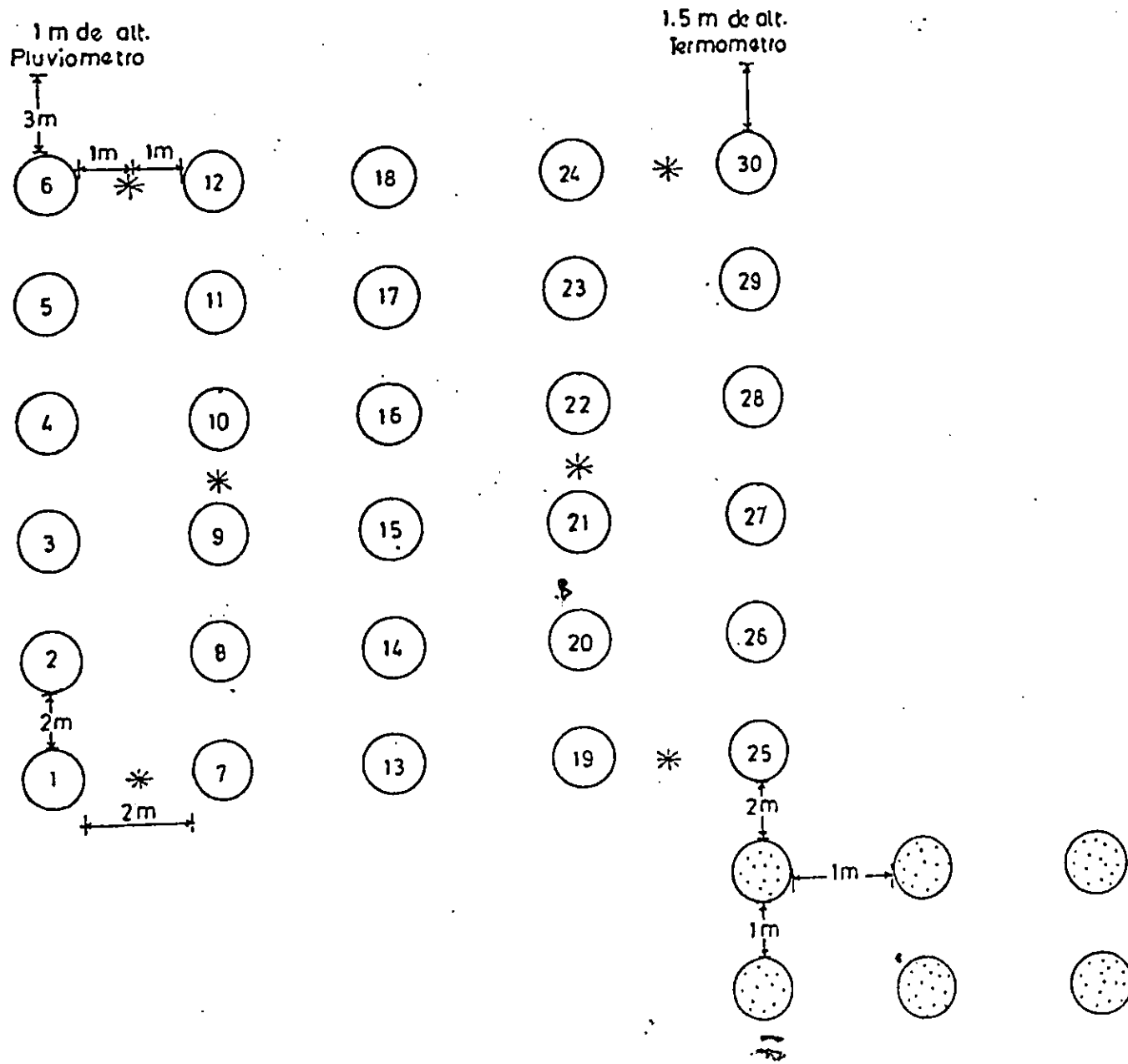


Figura 3: Esquema de montagem da experiência.

- * Armadilhas "pitfall traps"
- Pilhas de fezes usadas para estudo da macrofauna e humidade das fezes

5. Análise de dados

Para a análise de dados foram usados os seguintes testes estatísticos:

Usou-se o teste estatístico Kruskal-Wallis para a comparação entre a floresta, savana e pradaria das taxas de decomposição, peso das fezes, humidade média das fezes e do solo, temperaturas médias do ambiente e do solo e a precipitação média. Também se usou o mesmo teste para comparar os métodos e o número de indivíduos encontrados nos três habitats.

Fez-se o teste de correlação linear simples entre todos os parâmetros estudados usando o pacote estatístico do Excel (anexo 10).

6. Resultados

6.1. Envelhecimento, peso das pilhas de fezes e as taxas médias de decomposição

O envelhecimento de cada pilha de fezes variou muito nos três habitats (tempo de passagem de cada pilha de fezes do estágio A para o E) (veja o anexo 1). Até ao fim do estudo existiam nos três habitats pilhas de fezes que ainda não tinham atingido o estágio E, na floresta existiam 5 pilhas, na savana 6 e na pradaria restavam 5 pilhas que ainda não tinham atingido o estágio E (veja as figuras 4, 5 e 6).

Na floresta foi observada uma correlação positiva muito fraca ($r = 0.02993$) entre o envelhecimento das pilhas e a precipitação. Na savana e na pradaria a correlação foi negativa muito fraca com o valor de r igual a -0.1468 e -0.14499 respectivamente.

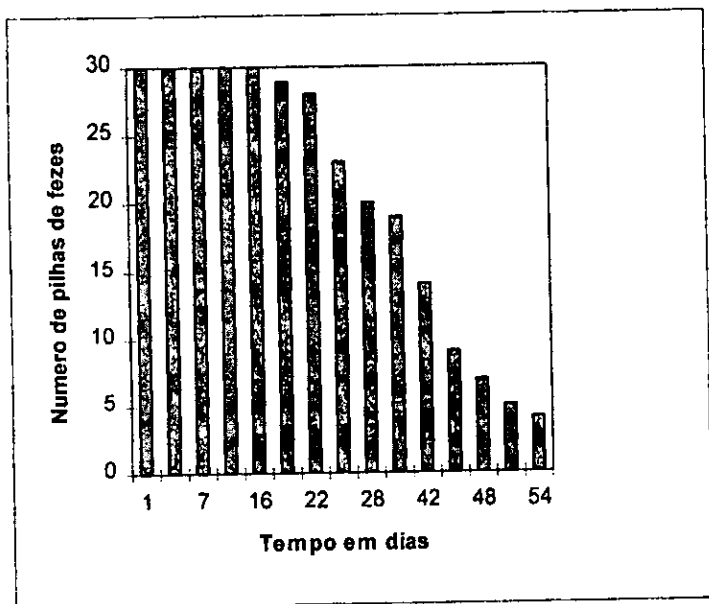


Figura 4: Envelhecimento das pilhas de fezes na floresta

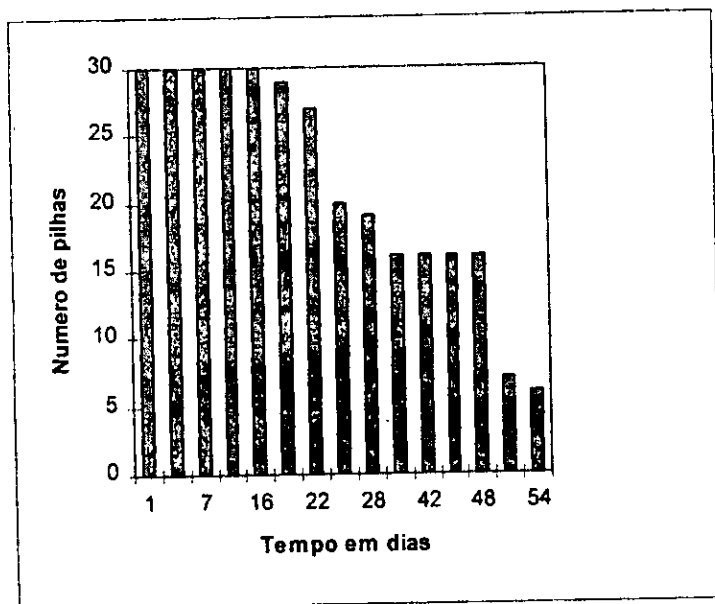


Figura 5: Envelhecimento das pilhas de fezes na savana

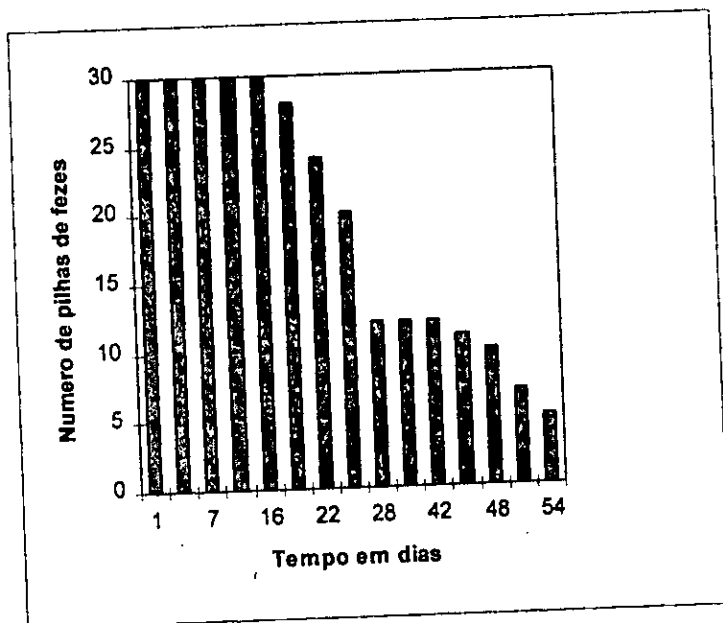


Figura 6: Envelhecimento das pilhas de fezes na pradaria

O peso das pilhas de fezes variou de 4 a 12.5 Kg (veja o anexo 1). Foi observada uma correlação positiva muito fraca entre o peso das fezes as taxas de decomposição na floresta

($r = 0.0514$) e na savana ($r = 0.0628$) e uma correlação negativa moderada na pradaria ($r = -0.5084$).

Houve diferenças significativas do peso das fezes do elefante entre os três habitats (Kruskal-Wallis, $F = 3.63$; $P = 0.030$; $GL = 89$).

Nos primeiros 15 dias, a taxa média de decomposição foi igual a 0 nos três habitats. Nos dias posteriores, esta taxa cresceu até a um valor máximo, a partir do qual começou a decrescer (veja a tabela 1). O valor mais alto da taxa média de decomposição foi atingido no 51º dia na floresta, 54º dia na savana e 28º dia na pradaria (veja a tabela 1). Na floresta o valor médio das taxas médias de decomposição foi 0.01295 ± 0.0132 , na savana foi 0.0117 ± 0.0101 e na pradaria foi 0.0159 ± 0.01315 .

Tabela 1: Taxas médias de decomposição em três habitats

Tempo(dias)	r_1	r_2	r_3
1	0	0	0
4	0	0	0
7	0	0	0
13	0	0	0
16	0	0	0
19	0,0017	0,0017	0,0039
22	0,0033	0,0086	0,0124
25	0,0108	0,0192	0,0192
28	0,0148	0,0189	0,0341
31	0,0153	0,023	0,0333
42	0,0205	0,0168	0,0244
45	0,0273	0,0157	0,025
48	0,0309	0,0147	0,0234
51	0,0358	0,0264	0,029
54	0,0338	0,0304	0,0338
Valor médio	0,0129	0,0117	0,0159

r_1 - Taxa média de decomposição na floresta

r_2 - Taxa média de decomposição na savana

r_3 - Taxa média de decomposição na pradaria

Não foram observadas diferenças significativas das taxas de decomposição entre os três habitats (Kruskal-Wallis, $F= 0.37$; $P= 0.6930$; $GL= 44$).

6.2. Humidade das fezes

A percentagem da humidade das fezes na floresta variou de 15.52 a 75.78 (anexo 2). Houve uma correlação negativa forte entre a humidade das fezes e as taxas de decomposição ($r = -0.83873$) (veja a figura 7). A humidade média foi de $53.04 \pm 28.52\%$. Na savana a percentagem de humidade mais baixa foi de 10.17 e a mais alta foi de 76.42. Houve correlação negativa forte entre a humidade das fezes e taxas de decomposição ($r = -0.79919$) (veja a figura 8); a média foi igual 40.01 ± 24.37 e na pradaria a percentagem mais baixa foi 2.38, a mais alta foi 77.52, também foi encontrada correlação negativa forte entre a humidade das fezes e as taxas de decomposição ($r = -0.82474$) (veja a figura 9). A média foi de 40.82 ± 24.37 (tabela 2)

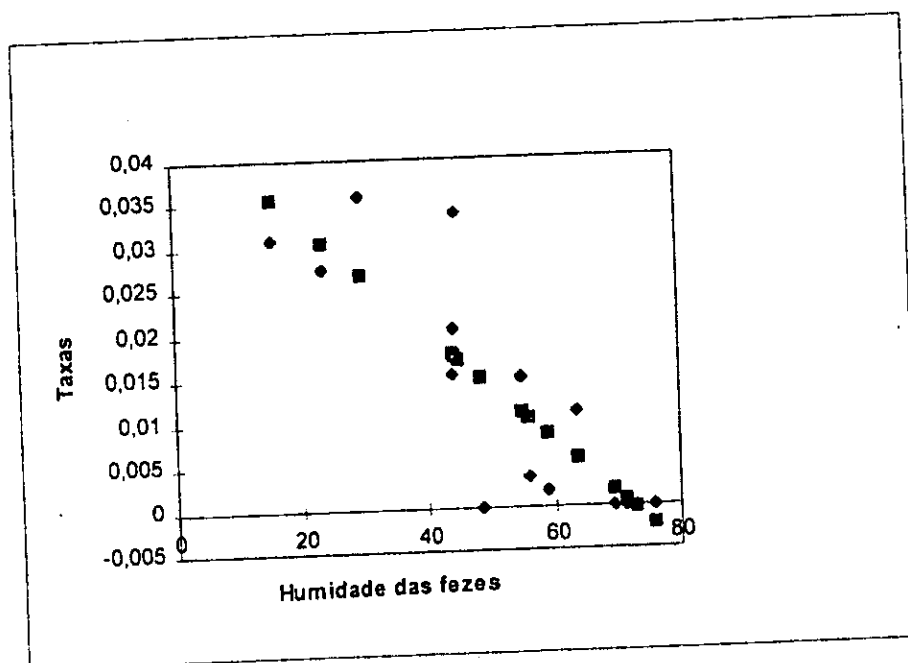


Figura 7: Relação entre a taxa de decomposição e a humidade das fezes na floresta

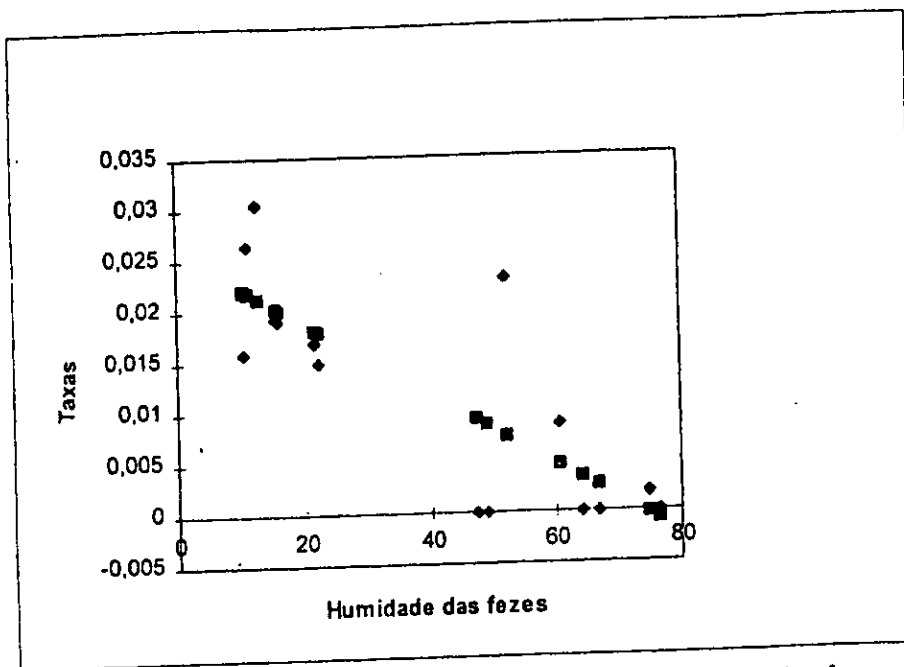


Figura 8: Relação entre a taxa de decomposição e a humidade das fezes na savana

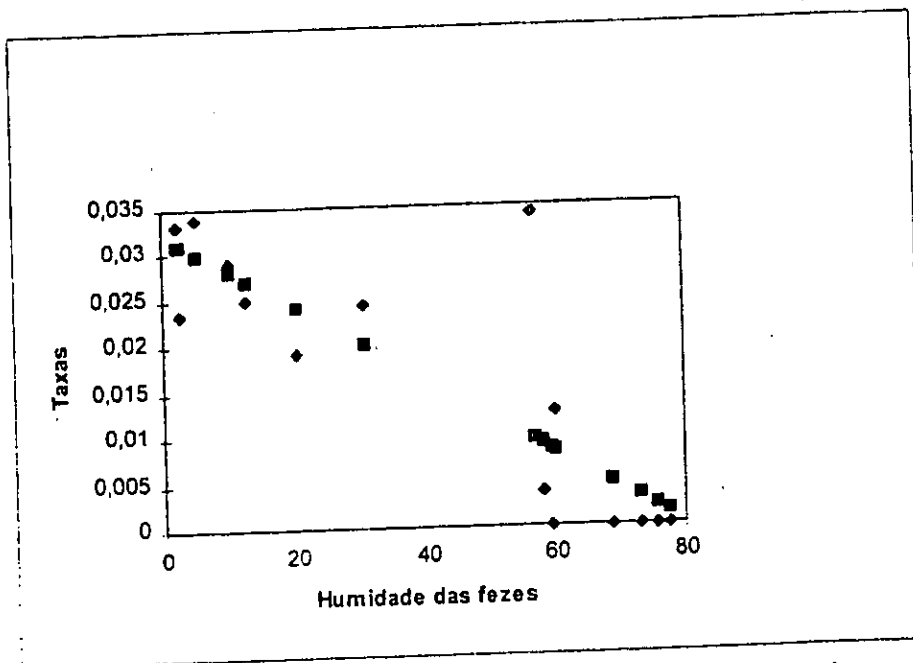


Figura 9: Relação entre a taxa de decomposição e a humidade das fezes na pradaria

Segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis não houve diferenças significativas da humidade das fezes entre os três habitats ($F= 0.58$; $P= 0.5654$; $GL= 44$)

6.3. Humidade do solo

Na floresta a humidade do solo mais baixa foi de 7.19% ,mais alta foi de 29.3%, e a média foi $14.41 \pm 5.57\%$. Na savana o valor mais baixo foi de 0.77% e mais alto foi 11.96%, e a média foi $5.39 \pm 2.64\%$. Na pradaria a percentagem mais baixa foi de 1.98 ,a mais alta foi de 15.48 e a média $7.01 \pm 3.49\%$ (veja a tabela 2). Houve correlações negativas moderadas entre a humidade do solo e as taxas de decomposição na floresta ($r = -0.61104$) (figura 10) e na pradaria ($r = -0.52247$) (figura 12) e correlação negativa fraca ($r = -0.33353$) na savana (figura 11).

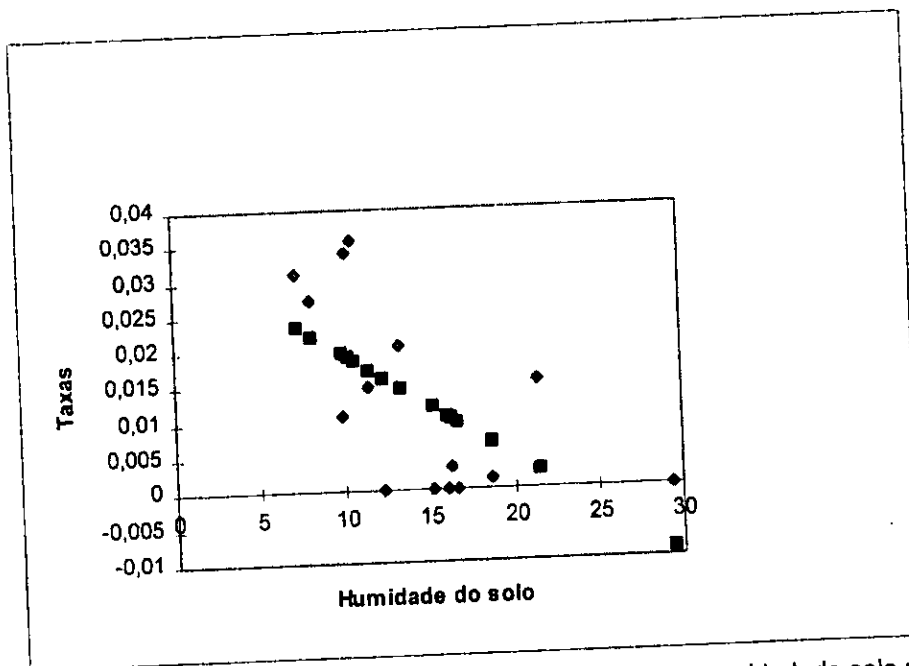


Figura 10: Relação entre as taxas de decomposição e a humidade do solo na floresta

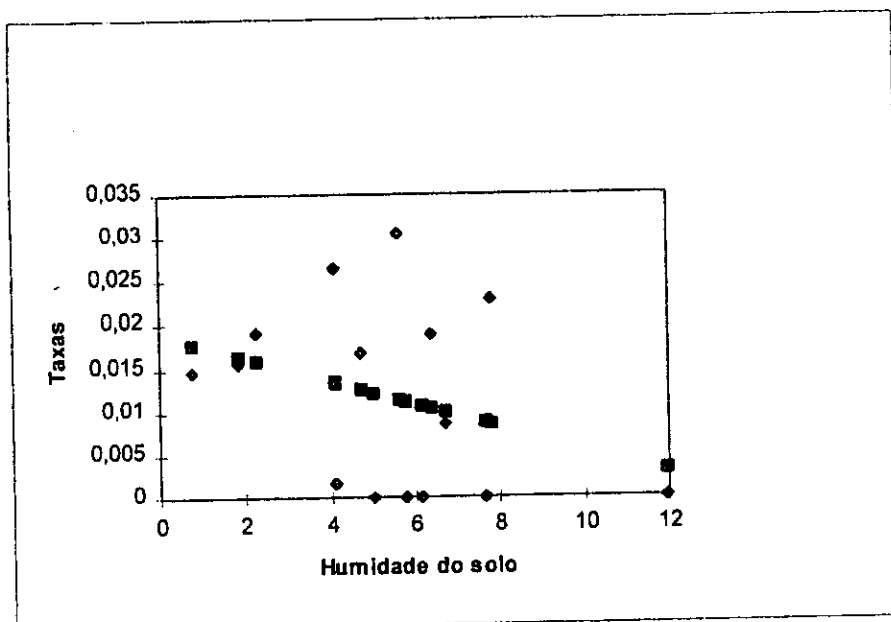


Figura 11: Relação entre as taxas de decomposição e a humidade do solo na savana

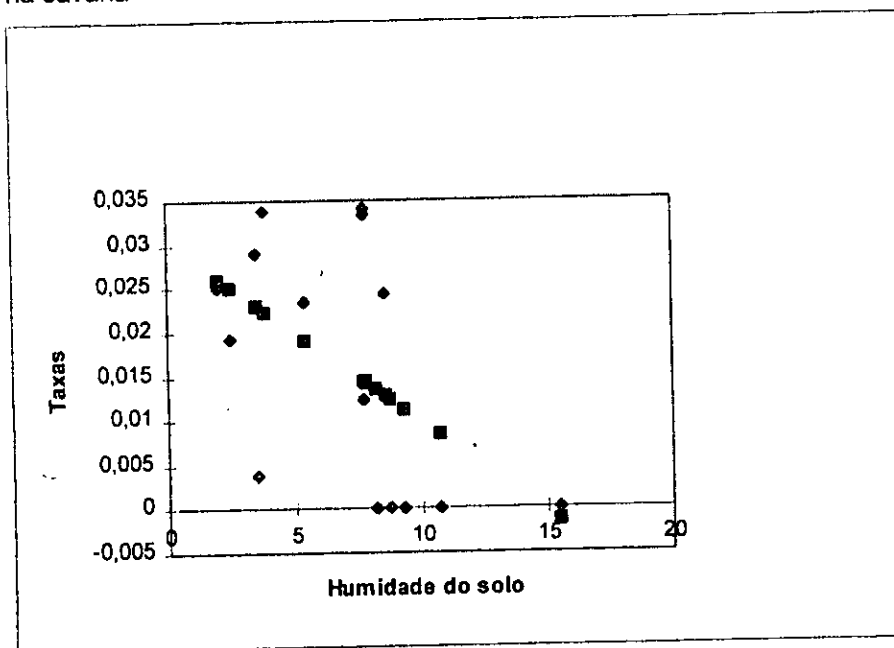


Figura 12: Relação entre as taxas de decomposição e a humidade do solo na pradaria

Segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis houve diferenças significativas da humidade dos solos entre a floresta, savana e pradaria ($F= 22.39$; $P= 0.00$; $GL= 44$)

6.4. Temperatura do ambiente e do solo

As variações diárias das temperaturas do ambiente e do solo em três habitats estão registadas no anexo 2.

A temperatura média do ambiente na floresta foi igual a $23.98 \pm 1.60^\circ \text{C}$, na savana foi igual a $27.2 \pm 2.09^\circ \text{C}$ e na pradaria foi igual a $33.1 \pm 1.53^\circ \text{C}$ (veja a figura 13).

A temperatura média do solo foi igual a $26.02 \pm 1.24^\circ \text{C}$ na floresta, $30.46 \pm 1.62^\circ \text{C}$ na savana e $32.49 \pm 1.53^\circ \text{C}$ na pradaria (veja a figura 14).

Foram registadas correlações positivas fraca entre as temperaturas do ambiente na savana ($r= 0.322602$) e moderada na pradaria ($r= 0.413838$) e as taxas de decomposição.

Na floresta foi encontrada uma correlação negativa moderada entre a temperatura do ambiente e as taxas de decomposição ($r= -0.39819$).

Também foram encontradas correlações positivas muito fracas entre a temperatura do solo e as taxas de decomposição na floresta ($r= 0.036874$) e na pradaria ($r= 0.010526$), na savana foi encontrada uma correlação negativa fraca ($r= -0.24819$).

As temperaturas do ambiente mostraram diferenças significativas entre os três habitats de acordo com o teste Kruskal-Wallis ($F= 79.56$; $P= 0.00$; $GL= 44$).

As temperaturas do solo mostraram diferenças significativas entre os três habitats segundo o teste Kruskal-Wallis ($F= 41.50$; $P= 0.00$; $GL= 44$).

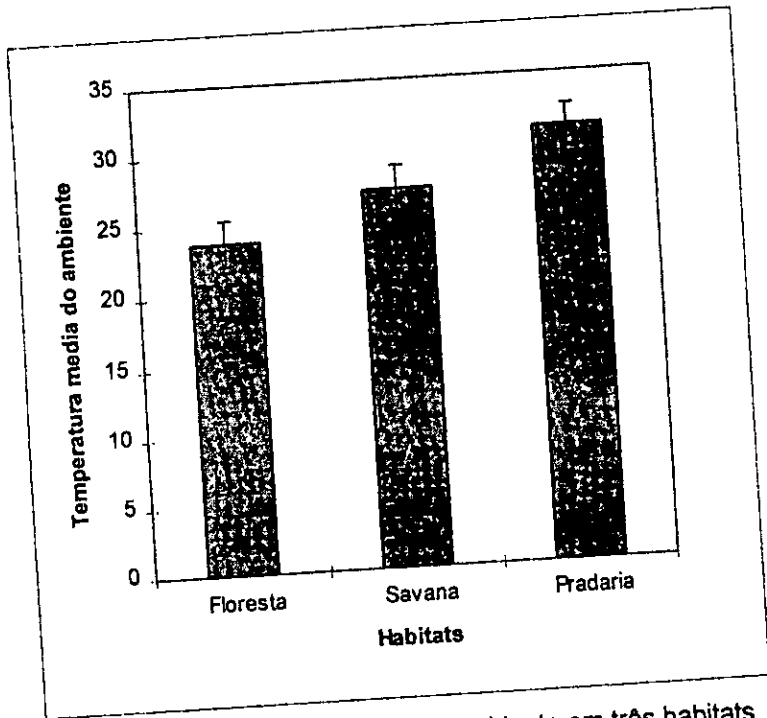


Figura 13: Temperatura média do ambiente em três habitats

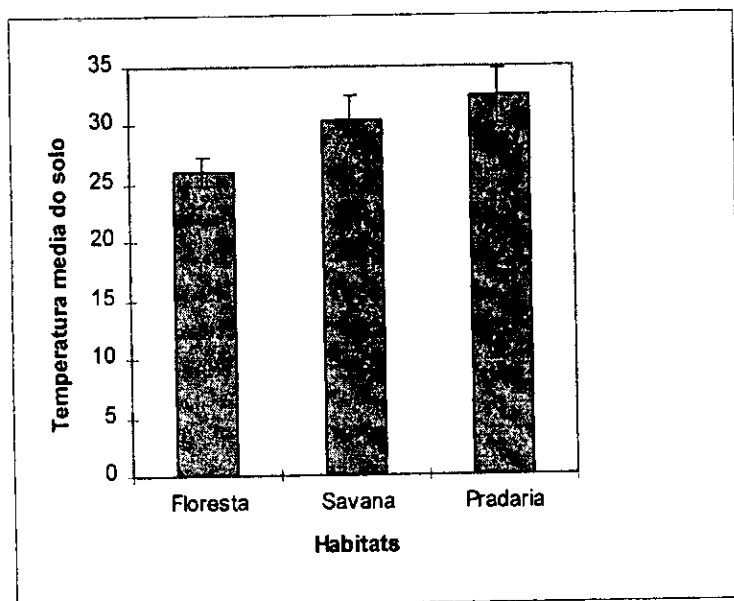


Figura 14: Temperatura média do solo em três habitats

6.5. Precipitação

As variações diárias da precipitação estão registadas no anexo 2.

A precipitação média na floresta foi igual a 10.87 ± 16.77 mm, na savana foi 9.73 ± 14.22 mm e na pradaria foi 7.79 ± 10.32 mm (veja a tabela 2).

Foram registadas correlações positivas fracas entre a precipitação e as taxas de decomposição na savana ($r= 0.280523$) e na pradaria ($r= 0.308422$), e uma correlação negativa muito fraca na floresta (-0.1769)

Segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis não houve diferenças significativas de precipitação entre os três habitats ($F= 0.00$; $P= 0.9966$; $GL= 44$).

Tabela 2: Valores médios das humidades das fezes e do solo e precipitação

Parâmetros	Habitats		
	Floresta	Savana	Pradaria
Humidade das fezes	53,07	40,01	40,82
Humidade do solo	14,41	5,39	7,01
Precipitação	10,87	9,73	7,79

6.6. Fauna das fezes

739 indivíduos foram encontrados durante o período de estudo, constituídos por insectos maioritariamente, larvas de insectos e Scorpionida.

Do total dos indivíduos a floresta teve 308 (41.68%), a savana 241 (32.61%) e a pradaria 190 (25.71%)

Houve correlação negativa moderada entre o número dos insectos e as taxas de decomposição nos três habitats, os valores de r foram os seguintes -0.44812 na floresta, -0.52321 na savana e -0.59373 na pradaria.

A distribuição dos indivíduos por habitat foi a seguinte:

6.6.1. Macrofauna visível na superfície ao longo de uma transversal numa largura de 2 m:

A macrofauna visível na superfície foi abundante na altura em que existiam fezes frescas (nos estágios A e B) (veja o anexo 3). Os insectos observados na superfície dos três habitats foram dos géneros *Onthophagus*, *Copris*, *Sisyphus* e *Proagoderus* (tabela3).

Tabela 3: Numero de individuos observados na superficie em tres habitats

Categorias taxonomicas	Habitats		
	Floresta	Savana	pradaria
<i>Onthophagus</i>	61	58	44
<i>Copris</i>	10	12	3
<i>Sisyphus</i>	12	9	5
<i>Proagoderus</i>	25	19	10

Através deste método foram observados nos três habitats um total de 270 insectos.

Na floresta foram observados 108 insectos, 100 na savana e 62 na pradaria (veja a tabela 6).

6.6.2. Macrofauna apanhada nas armadilhas ("pitfall traps")

Através deste método foram encontrados nos três habitats um total de 176 indivíduos. Na floresta foram encontrados 49 indivíduos pertencentes a 8 gêneros, 92 indivíduos pertencentes a 10 gêneros na savana e 35 pertencentes a 6 gêneros na pradaria (veja as tabelas 4 e 6).

Tabela 4: Numero de individuos encontrados em armadilhas em tres habitats

Categorias taxonomicas	Habitats		
	Floresta	Savana	Pradaria
<i>Onthophagus</i>	24	42	11
<i>Copris</i>	3	3	2
<i>Sisyphus</i>	4	3	3
<i>Proagoderus</i>	12	15	12
<i>Macrophylla</i>	0	1	0
<i>Anachalcos</i>	0	19	0
<i>Onitis</i>	0	3	0
<i>Metacatharsius</i>	0	1	0
<i>Spirobolus</i>	2	2	0
<i>Hadogenes</i>	2	1	0
<i>Gryllotalpa</i>	1	0	0
<i>Opisthacanthus</i>	1	0	0
<i>Hister</i>	0	0	4
<i>Catharsius</i>	0	0	3

6.6.3. Macrofauna extraída das fezes

No total foram extraídos nos três habitats através deste método um total de 293 indivíduos.

Usou-se no total um volume de 22.5 dm³ de fezes em cada um dos habitats das quais foram extraídos 151 indivíduos pertencentes a 12 gêneros e, larvas de Coleoptera e Diptera de gêneros não identificados na floresta, cujo peso fresco total foi 15.5g; na savana foram extraídos 49 indivíduos pertencentes a 7 gêneros cujo peso fresco foi 8 g e na pradaria foram extraídos 93 indivíduos pertencentes a 7 gêneros e larvas de Diptera de gêneros não identificados e que tiveram peso fresco total 21.5 g (veja as tabelas 5 e 6).

A floresta apresentou maior número de larvas de Coleoptera extraídas nas fezes nos estágios C e D (veja o anexo 5)

Verificou-se uma correlação negativa moderada entre o peso dos insectos por volume e as taxas de decomposição nos três habitats, na floresta a correlação foi de -0.427, na savana foi de -0.4544 e na pradaria de -0.57.

Tabela 5: Numero de individuos extraídos das fezes em tres habitats

Categorias taxonomicas	Habitats		
	Floresta	Savana	Pradaria
<i>Onthophagus</i>	12	6	25
<i>Copris</i>	9	6	12
<i>Sisyphus</i>	9	12	13
<i>Proagoderus</i>	17	12	19
<i>Aphodius</i>	6	4	8
<i>Macrolister</i>	8	8	9
<i>Alurnos</i>	0	0	3
<i>Allogymnopleurus</i>	1	0	0
Larva de Coleoptera	59	0	0
<i>Macroderes</i>	5	0	0
<i>Oniticellus</i>	10	0	0
<i>Spirobolus</i>	2	0	0
Larva de Diptera	8	0	4
<i>Phalerata</i>	4	0	0
<i>Hadogenes</i>	1	1	0

Tabela 6: Número total de individuos encontrados em cada habitat e por cada método

Métodos	Habitats		
	Floresta	Savana	Pradaria
Observação na superfície	108	100	62
Armadilhas	49	92	35
Extracção manual nas fezes	151	49	93
Total	308	241	190

Houve diferenças significativas entre o número de indivíduos encontrados nos três habitats (Kruskal-Wallis, $F = 8.59$; $P = 0.0007$; $GL = 44$).

Também foram observadas diferenças significativas no número de indivíduos encontrados nos três métodos usados para estudar a macrofauna (Kruskal-Wallis, $F = 8.86$; $P = 0.0006$; $GL = 44$).

6.6.4. Sucessão

Foi observada nos três habitats uma sucessão na colonização das fezes. Cada estágio de fezes foi dominado por grupos diferentes de indivíduos. Alguns indivíduos foram encontrados em mais de um estágio de fezes (veja a tabela 7). A tabela 8 mostra os elementos da macrofauna que não estão presentes em todos os habitats durante a sucessão.

Tabela 7: sucessão da macrofauna observada em três habitats

		Estágios		
A	B	C	D	E
Indivíduos				
<i>Onthophagus</i>	<i>Anachalcos</i>	<i>Allogymnopleurus</i>	<i>Spirobolus</i>	
<i>Copris</i>	<i>Macrophylla</i>	<i>Macroderes</i>	<i>Oniticellus</i>	
<i>Sisyphus</i>	<i>Onitis</i>	Larva de Coleoptera	<i>Phalerata</i>	<i>Hadogenes</i>
		Larva de Diptera		
<i>Proagoderus</i>	<i>Metacatharsius</i>	<i>Onthophagus</i>	Larva de Coleoptera	
			<i>Gryllotalpa</i>	
<i>Aphodius</i>	<i>Hister</i>		<i>Opisthacanthus</i>	
<i>Macrolister</i>	<i>Sisyphus</i>			
	<i>Copris</i>			
	<i>Onthophagus</i>			
<i>Alurnos</i>				

6.6.5. Distribuição da macrofauna em três habitats

Alguns indivíduos foram encontrados apenas em único habitat. Na floresta foram encontrados 5 gêneros e larvas de Diptera de gênero não identificado que não apareceram em outros habitats, na savana foram encontrados 4 gêneros e na pradaria foram encontrados 3 (veja a tabela 8 e o anexo 6).

Tabela 8: Individuos encontrados com uma distribuição exclusiva por habitat

Floresta	Habitats	
	Savana	Pradaria
	Individuos	
<i>Allogymnopleurus</i>	<i>Macrophyla</i>	<i>Hister</i>
<i>Oniticellus</i>	<i>Anachalcos</i>	<i>Alumos</i>
<i>Gryllotalpa</i>	<i>Onitis</i>	<i>Catharsius</i>
<i>Opisthacanthus</i>	<i>Metacatharsius</i>	
<i>Phalerata</i>		
Larva de Diptera		

7. Discussão

7.1. Envelhecimento, peso das pilhas de fezes e as taxas de decomposição

Barnes e Jensen (1987) citados por Barnes e Barnes (1992) monitoraram uma amostra na qual a decomposição das pilhas de fezes se adequava a uma curva de sobrevivência exponencial.

Grimshaw e Foley (1991), Reuling (1991) citados por Barnes (1992) monitoraram grandes amostras de pilhas de fezes, cada uma das quais revelou uma reversa curva sigmoideal até um certo ponto do que exponencial.

Dawson (1990) citado por Barnes e Barnes (1992), monitorou as fezes do elefante indiano (*Elephas maximus*) e notou que a taxa de desaparecimento não era constante e que a assunção exponencial dava uma estimativa errada da taxa de decomposição.

No presente estudo aplicou-se o método ("Two points on exponencial") que assume decomposição exponencial, para calcular a taxa de decomposição nos três habitats estudados, e obteve-se uma curva com tendência exponencial na floresta que se aproxima a curva obtida por Barnes e Barnes (1992) (veja os anexos 9a e 9b). As ligeiras diferenças observadas entre estas estão provavelmente relacionadas com o tempo de

amostragem, período de monitoramento e com a escala usada. Na savana e na pradaria também foram obtidas curvas que se aproximam as curvas exponenciais (anexos 9c e 9d).

Segundo Barnes e Barnes (1992), os valores das taxas de decomposição para os mesmos dados, diferem de acordo com o método usado. É provável que as diferenças entre as taxas de decomposição obtidas entre vários trabalhos incluindo o presente estejam relacionadas com o método usado.

Estes métodos também mostram uma diferença de valores de taxas de decomposição quando o cálculo é feito com todas as pilhas decompostas e quando é feito ainda com pilhas de fezes remanescentes (Barnes e Barnes, 1992). No presente trabalho também notou-se uma diferença de taxas de decomposição quando o cálculo foi feito em dias diferentes dentro do período de estudo (veja a tabela 1). As diferenças das taxas de decomposição calculadas em dias diferentes podem estar provavelmente relacionadas com as flutuações ambientais diárias.

Existe um grau de subjectividade na definição do estágio E. Esta subjectividade é importante fonte potencial de erros (Barnes e Barnes, 1992).

As pilhas de fezes não envelhecem uniformemente, algumas passam desde a deposição para o estágio E em 10 dias, outras levam 100 dias. Quando uma amostra é observada, a taxa de desaparecimento é lenta no início e depois acelerada (Barnes e Barnes, 1992). No presente estudo notou-se uma diferença no processo de envelhecimento das fezes. Algumas pilhas começaram a desaparecer a partir da 2ª semana e outras permaneceram até ao fim do presente estudo.

As figuras 4, 5 e 6 obtidas no presente trabalho e a figura obtida por Plumtre e Harris (1995) (anexo 8) mostram o processo de envelhecimento das pilhas. No entanto, a definição do estágio E é fundamental para o cálculo das taxas de decomposição das fezes do elefante, mas como a sua definição é baseada na observação visual, provavelmente

podem surgir erros a partir da definição deste estágio o que poderá ser uma das razões das diferenças das taxas calculadas por vários autores incluindo o presente trabalho. Dados colhidos em Kakum National Park no Gana indicam que 50 pilhas de fezes são um número óptimo para se obter uma boa estimativa da taxa de decomposição numa dada estação (Barnes, 1996).

Tem-se notado uma falta de definição de um tempo padrão de amostragem e de um número padrão de pilhas de fezes a serem monitoradas. No presente trabalho foram monitoradas 30 pilhas de fezes em cada um dos habitats estudados em intervalos de três dias e num período de 54 dias, Barnes e Barnes (1992) monitoraram 75 pilhas em 140 dias, White (1995) monitorou 1282 pilhas num período de 2 anos. O tamanho da amostra no presente trabalho foi inferior ao tamanho considerado óptimo por Barnes (1996) e o tempo de amostragem também foi inferior em relação ao usado por muitos autores. É provável que a diferença entre as taxas de decomposição em vários trabalhos, incluindo o presente esteja relacionada com o número de pilhas monitoradas e com o tempo de amostragem.

Trabalhos consultados no presente estudo não consideraram a influência do peso, das fezes do elefante nas taxas de decomposição. No presente trabalho, embora se tenha verificado uma diferença significativa do peso das fezes entre os três habitats estudados, não se verificaram diferenças significativas das taxas de decomposição entre os mesmos habitats, este facto sugere que provavelmente o peso não foi factor determinante nas taxas de decomposição.

As taxas de decomposição das fezes são usadas para corrigir as densidades dos elefantes quando a estimativa destes é feita através do método "Standing crop count" (Plumptre e Harris, 1995). Ntumi (1997), usando o método "Clearance plot" estimou que o número de elefantes em toda Reserva de Maputo era de 460 indivíduos. Esta estimativa está acima das outras, que situam o número de elefantes entre 100 a 300 (Correia *et al.* 1996). O método usado

por Ntumi não inclui as taxas de decomposição, e baseia-se na contagem das fezes e nas taxas de defecação.

Cálculos feitos a partir dos valores médios das taxas de decomposição determinadas no presente trabalho, estimam o número de elefantes em 249 indivíduos (anexo 11). Este número situa-se no intervalo determinado por Correia *et al.* (1996), suportado por de Boer *et al.* (em preparação). É provável que o número obtido no presente trabalho esteja mais próximo do real em relação ao obtido por Ntumi (1997).

7.2. Condições ambientais e as taxas de decomposição

Os factores principais que influem na decomposição das pilhas de fezes de elefante são: besouros das fezes, térmitas e distúrbios mecânicos tais como chuvas, pisadas de animais, foragimento dos insectos por pássaros e o fogo. Distúrbios mecânicos têm um grande impacto sobre as fezes do elefante durante a época chuvosa, onde os bolos de fezes permanecem moles. O mais importante distúrbio na época seca é o fogo, mas mesmo assim as cinzas são reconhecíveis e contáveis como fezes de elefante (Plumptre e Harris, 1995). No presente trabalho observou-se uma interferência dos mamíferos, principalmente porcos do mato que remexeram as fezes ainda moles devido a precipitação, na floresta a interferência destes animais verificou-se a partir do oitavo monitoramento. As taxas de decomposição calculadas a partir do nono até ao último monitoramento incluíam respectivamente 3, 4, 10, 13, 14, 14, 14 pilhas de fezes espalhadas por porcos do mato. Na savana, houve no penúltimo e último monitoramento 7 e 8 pilhas de fezes respectivamente espalhadas por porcos do mato. Na pradaria não se verificou a interferência dos porcos do mato. Nos dois primeiros habitats a taxa de decomposição é provavelmente mais acelerada por porcos de mato enquanto que na pradaria os factores físicos como temperatura e humidade são provavelmente os mais importantes.

Segundo McClanahan (1986), quando se assume o estado constante de decomposição das fezes, o número de animais para uma área de amostragem é dada pela seguinte equação:

$$Na = NfK_2/K_1$$

Onde Nf é o número de pilhas de fezes, Na o número de animais, K_1 a taxa de defecação e K_2 a taxa de decomposição das pilhas de fezes.

A constante de decomposição K_2 é dependente de condições ambientais. Esta constante pode ser calculada pela seguinte equação:

$$K_2 = \ln 2 / t_{1/2}$$

Onde $t_{1/2}$ é o tempo no qual metade do número inicial de fezes de fezes é irreconhecível (McClanahan, 1986).

Wing e Buss (1970) citados por McClanahan (1986), encontraram $t_{1/2}$ igual a 80 dias para as fezes do elefante em áreas da floresta. No presente trabalho, metade das pilhas monitoradas na floresta deixaram de ser reconhecíveis a partir dos 42 dias, portanto $t_{1/2}$ foi igual a 42 dias. A diferença entre $t_{1/2}$ encontrado por Wing e Buss (1970) em áreas da floresta de outras zonas e $t_{1/2}$ encontrado na floresta da Reserva Especial de Maputo pode estar relacionada com o tamanho da amostra, tempo de amostragem e também outros factores, como a interferência de mamíferos como ocorreu nesta Reserva. Provavelmente, os valores $t_{1/2}$ encontrados na savana e na pradaria (31 e 28 respectivamente) podem ter sido mais influenciados por factores abióticos como temperatura, humidade e o efeito erosivo dos ventos.

Anderson e Coe (1974), citados por McClanahan (1986), notaram que na savana tropical, as taxas de decomposição são altamente dependentes da temperatura e humidade. Na savana da Reserva Especial de Maputo foi observada uma correlação positiva fraca ($r = 0.322602$) entre as taxas de decomposição e temperatura do ambiente e uma correlação negativa fraca ($r = -0.24819$) entre as taxas de decomposição e a temperatura do solo.

Neste habitat, embora as temperaturas do ambiente e do solo tenham apresentado correlações fracas com as taxas de decomposição parecem que são determinantes para a decomposição das fezes, apesar de existirem outros factores como distúrbios provocados por animais.

Nos três habitats houve diferenças significativas entre as temperaturas do ambiente e do solo, provavelmente estes factores ambientais são mais determinantes nas taxas de decomposição num dos habitats do que no outro.

O valor de K (Constante de decomposição) tem boa aplicação em amostragem feita em meados de estação seca e em meados de estação húmida. Uma amostragem começada no início da estação húmida ou no início da estação seca usando o método que assume uma taxa específica constante de mortalidade das fezes irá resultar em super e subestimação respectivamente. Este método produz resultados de maior precisão em ambientes estáveis e com populações não migratórias. Onde as condições ambientais flutuam grandemente, o método irá precisar de um factor de correcção (McClanahan, 1986). O presente estudo foi feito durante a estação húmida, os valores obtidos das taxas de decomposição são provavelmente altos em relação aos que seriam obtidos durante a estação seca. Contudo o estudo teve o seu início em meados da estação húmida (Janeiro), por essa razão os valores obtidos das taxas de decomposição poderiam não precisar de um factor de correcção, existindo, no entanto, uma população migratória de elefantes, os valores das taxas podem ter pouca precisão.

Trabalhos feitos em diferentes florestas africanas tiveram grandes diferenças na estimativa das taxas de decomposição das fezes do elefante durante a estação chuvosa, variando de 0.006 (Short, 1983) à 0.022 pilhas por dia (Barnes e Jensen, 1992), citados por White (1995).

Os valores das taxas obtidos na floresta no presente trabalho variaram de 0 a 0.0358. O valor 0 da taxa de decomposição encontrado no presente trabalho pode estar relacionado com o período do monitoramento. Em muitos trabalhos, o monitoramento é feito em

períodos superiores a uma semana enquanto que no presente estudo o monitoramento foi feito em períodos de três dias. O valor 0.0358 é superior ao obtido por Barnes e Jensen (1992). As razões destas diferenças podem estar associadas ao facto de outros estudos terem considerado a precipitação dos meses anteriores, enquanto que o presente estudo considerou a precipitação a partir da montagem das fezes em cada habitat, e aos distúrbios provocados por mamíferos que espalharam rapidamente as fezes na floresta da Reserva Especial de Maputo. Outra razão que provavelmente contribuiu para que a taxa de decomposição na floresta da Reserva de Maputo fosse relativamente alta pode ser o facto do trabalho ter terminado ainda existindo 5 pilhas de fezes que ainda não tinham atingido o estágio E, que talvez levariam muito tempo para se decomporem.

Não houve diferenças significativas da precipitação entre os três habitats, mas provavelmente o efeito das chuvas no aumento das taxas de decomposição pode ter sido maior na savana e na pradaria do que na floresta. Nos primeiros dois habitats a chuva caía directamente sobre as fezes provocando uma rápida lavagem e separação dos componentes das fezes, enquanto que no último habitat caía primeiro sobre a copa das árvores e depois de enfraquecida caía sobre as fezes.

Dados do campo obtidos por Barnes *et al.* (1997) mostraram uma relação entre a taxa de sobrevivência (tempo que leva uma pilha de fezes para desaparecer) e a precipitação. Observou-se que a relação entre a precipitação e a sobrevivência de pilhas de fezes no campo num dado mês depende da precipitação nos 2 meses anteriores (Barnes *et al.* 1997)

Segundo White (1995), estatisticamente foram encontradas diferenças significativas na duração média das pilhas de fezes em diferentes meses. White (1995) encontrou correlações negativas entre a duração média das pilhas de fezes e a precipitação nos 3 meses anteriores a seu estudo e a média de humidade. O presente estudo não considerou a precipitação dos 2 meses anteriores à sua realização, porque usaram-se fezes frescas. Contudo observou-se que em alguns casos, o pico da precipitação no presente estudo foi seguido por um pico da taxa de decomposição (veja o anexo 7), isto supõe que o intervalo do tempo em que a precipitação tem efeito sobre taxa de

decomposição pode ser reduzido, dependendo provavelmente do tempo de monitoramento.

A decomposição das fezes é um processo complexo. As fezes podem permanecer húmidas e aparentemente frescas por longos períodos devido ao contacto com o solo pantanoso. As fezes expostas em contacto directo com o sol podem secar tornando-se "fossilizadas" e mantendo esta forma por um ano ou mais (White, 1995). No presente trabalho, na floresta as fezes conservavam a humidade por muito tempo o que dava a aparência de serem frescas durante muito tempo, contudo eram facilmente espalhadas por animais. Na savana e na pradaria as fezes perdiam rapidamente a humidade, mas provavelmente devido ao efeito erosivo da temperatura e dos ventos espalhavam-se rapidamente.

O factor mais importante que afecta a duração das pilhas de fezes do elefante foi encontrado na quantidade da fruta na dieta de um dado mês. A sua disponibilidade é baixa durante estação seca (White, 1995). A influência da qualidade da dieta na taxa de decomposição não foi analisada no presente estudo. Contudo, como o estudo foi feito na estação húmida, é provável que a dieta dos elefantes tenha sido rica em frutas e, portanto, com poucas fibras o que terá contribuído para o aumento das taxas de decomposição.

7.3. Macrofauna e as taxas de decomposição

As taxas de decomposição são afectadas por vários factores sazonais, como, por exemplo, a actividade dos insectos (White, 1995).

As diferenças entre as taxas de decomposição podem ser explicadas na maioria das vezes através de diferentes mecanismos e a relativa abundância dos vários decompositores (Tyndale e Biscoe, 1994; citados por Herrick e Lal, 1996). Mesmo dentro do mesmo grupo de decompositores de fezes, pode-se notar uma variedade de comportamentos (Bomemissza, 1969; citado por Herrick e Lal, 1996).

As altas taxas de remoção das fezes estão associadas a grandes populações de besouros das fezes enquanto que as baixas são registadas em sistemas onde há pouca ou sem actividades dos besouros das fezes e térmites (Herrick e Lal, 1996).

No presente estudo, a actividade da macrofauna teve maior intensidade nos primeiros estágios das fezes (A e B), nos quais estes organismos espalhavam rapidamente as fezes alterando a forma em que eram depositadas dentro de poucas horas. Por essa razão a forma com a qual as fezes eram depositadas descrita por Barnes e Jensen (1987), citados por Barnes (1996) não foi considerada no presente estudo. Embora se tenha observado diferenças significativas no número e no peso por volume dos indivíduos, a floresta com maior número e a pradaria com maior peso por volume, nos três habitats não foram notadas grandes diferenças no número de dias em que uma pilha de fezes passava de um estágio para outro, provavelmente poderá ter havido diferenças de algumas horas o que não foi possível notar dentro do período do monitoramento que era feito em intervalos de três dias.

Os besouros causam a perda de humidade das fezes provocando a sua fragmentação (Yokoyama *et al.* 1991). No presente estudo notou-se que a humidade das fezes nos três habitats foi alta nos primeiros dias mas devido a actividade dos besouros baixou rapidamente nos dias posteriores. Deste modo algumas pilhas de fezes fragmentaram-se com relativa rapidez o que provavelmente contribuiu para aumentar as taxas de decomposição. As correlações negativas observadas no presente estudo entre o número, peso por volume e as taxas de decomposição podem estar relacionadas com a diminuição do número de indivíduos ao longo do envelhecimento das fezes.

A taxa de colonização das fezes varia com a sua idade, mas nem todas as espécies são similarmente afectadas. Algumas espécies colonizam preferencialmente fezes frescas, enquanto outras preferem fezes velhas e para algumas espécies a idade das fezes aparece a fazer pouca diferença (Doube, 1991). No presente estudo foi observada uma sucessão de indivíduos de acordo com a idade (estágio) das fezes, em alguns casos

mesmos indivíduos foram encontrados em estágios diferentes das fezes (veja a tabela 7). A sucessão da macrofauna está provavelmente associada a competição, predação e talvez à afinidade alimentar. Embora haja diminuição da macrofauna ao longo do envelhecimento das fezes, provavelmente esta participa na decomposição das fezes em todos os estágios.

Os besouros das fezes mostram uma considerável especialização em relação ao tipo de solo e cobertura vegetal, actividade diária e sazonal, a idade e o tipo de fezes usadas e no seu foragimento e comportamento reprodutivo (Doubé, 1991).

Davis (1987) e Osberg (1988) citados por Doubé(1991) encontraram diferenças significativas entre a média de abundância dos besouros entre os diferentes tipos de solo. Entre as comunidades vegetais da Reserva Especial de Maputo a areia representa a maior fracção do solo, seguida pela argila e limo respectivamente. A quantidade máxima de argila existe na margem do rio Futi e a mínima na floresta. Na floresta pode-se observar o valor mais alto de limo em relação aos solos de outras comunidades (Sousa, 1997).

Nos três tipos de comunidades vegetais do presente estudo foram notados indivíduos com uma distribuição exclusiva num habitat (veja a tabela 8 e o anexo 6). Esta distribuição exclusiva de indivíduos por habitat pode estar relacionado com o tipo de cobertura vegetal. Embora não se tenha feito a análise dos solos nos três habitats, é também provável que estes tenham influenciado a distribuição da macrofauna que participou na decomposição das fezes.

A abundância relativa das espécies obtidas num determinado estudo depende da técnica aplicada na amostragem, das quais duas tem sido de uso muito comum. Uma é baseada nas armadilhas "pitfall traps", e a outra consiste em extrair os insectos das fezes (Digweed *et al.* 1995).

Muitos estudos dos besouros das fezes tem sido baseados em dados obtidos de um conjunto de armadilhas de uma área, e tem-se assumido que tais dados são representativos para outras áreas do mesmo habitat (Doubé, 1991).

As armadilhas "pitfall traps" são largamente usadas para a amostragem dos artrópodes. A captura através deste método pode ser afectada pelo tamanho da armadilha, tipo de material usado para a construção, tipo de preservativo, microclima, estrutura física do ambiente e do período de captura (Digweed *et al.* 1995).

As capturas iniciais em armadilhas são desproporcionalmente altas em relação as posteriores. Também a comparação da captura relativa entre as espécies pode ser errada porque há distúrbios que afectam uma espécie e não afectam a outra (Digweed *et al.* 1995).

A técnica que consistia na observação da macrofauna na superfície usada no presente estudo pode não ter reflectido a realidade em termos de abundância e do número de espécies que participaram na decomposição das fezes porque a observação e o registo da macrofauna foram feitos sempre no mesmo período (tarde), provavelmente neste período ocorria a diminuição da actividade de algumas espécies da macrofauna.

As armadilhas também podem não reflectir a abundância da macrofauna em termos de espécies e do número de indivíduos, porque a distribuição e tamanho das armadilhas podem ter influenciado nos valores obtidos, também o tipo de preservativo usado (álcool) pode ter atraído algumas espécies ou afastado outras que provavelmente participaram na decomposição das fezes.

A extracção da macrofauna das fezes, pode também não reflectir todas as espécies que participaram na decomposição das fezes, uma vez que a existência de uma dada espécie dentro de um bolo de fezes estava normalmente ligado ao seu estágio. Tem-se observado também que na pradaria a macrofauna permanecia mais no interior das fezes frescas para evitar a insolação, este factor provavelmente contribuiu para aumentar a taxa de decomposição neste habitat.

8. Conclusões:

Os resultados do presente estudo permitem tirar as seguintes conclusões:

1. O envelhecimento das fezes do elefante foi rápido na pradaria.
2. A taxa de decomposição das fezes do elefante foi maior na pradaria.
3. As médias de precipitação e das humidades do solo e das fezes foram maiores na floresta.
4. As temperaturas médias do ambiente e do solo foram maiores na pradaria.
5. A floresta apresentou maior número e maior diversidade de macrofauna.
6. Foi observada uma correlação negativa e significativa entre a humidade das fezes e as taxas de decomposição na floresta, savana e na pradaria.
7. Não foi observada uma correlação significativa entre a temperatura, precipitação e as taxas de decomposição das fezes do elefante em todos os habitats.
8. Foi observada uma correlação negativa e significativa entre a humidade do solo e as taxas de decomposição na floresta e na pradaria e uma correlação negativa não significativa na savana.
9. Foi observada uma correlação negativa e significativa entre o número de insectos e as taxas de decomposição na savana e na pradaria e uma correlação negativa não significativa na floresta.

9. Recomendações

1.O estudo da taxa de decomposição das fezes do elefante Reserva Especial de Maputo deve ser repetido na época seca, dado que os factores que afaectam as taxas de decomposição como temperatura, precipitação e a actividade dos insectos variam sazonalmente.

2.Recomenda-se que se faça um estudo similar com uso de dois métodos, um que inclui o transporte e a montagem das fezes numa área de estudo como no presente estudo e o método usado por Barnes & Jensen (1992) no qual as fezes são monitoradas onde são depositadas por elefantes.

3. Para a amostragem da macrofauna recomenda-se a montagem de um local de controle (um local com fezes e sem fezes), para se ver a influência das fezes na atracção dos insectos .

10. Referências Bibliográficas

- Anderson, J. M. and J. S. I. Ingram (1993) . Tropical Soil Biology and Fertility , second edition , 221pp. Oxford, C.A.B. International.
- Barnes, R. F. W. and K .L . Barnes (1992) . Estimating Decay Rates of Elephant Dung Piles in Forest. African journal Ecology. 30 : 316-321
- Barnes, R . F . W . (1993). Plenary Paper :Indirect Methods of Counting Elephant in Forest. Pachyderm . 16 : 24 - 33.
- Barnes, R. F. W., A . Blom, M . P . T . Alers and K . L . Barnes (1995). An Estimate of the Numbers of Elephants in Gabon . Journal of Tropical Ecology. 11: 27-37.
- Barnes, R. (1996). Estimating Forest Elephant Abundance by Dung Counts. Em Kagwana(ed.). Studying Elephant. pp: 38-48. African Wildlife Foundation, Nairobi.
- Barnes, R. F. W.; B. Asamoah-Boateng; J. N. Majam and J. Agyei-Ohemeng (1997). Rainfall and the Population dynamics of Elephant Dung-piles in the Forests of Southern Ghana. African Journal Ecology. 35: 39-52.
- Basilewsky, P., M. C. Ferreira; C. Koch; R. Paulian; E. Pinhey; A. de B. Machado; e L. Vári.(1969). Revista de Entomologia de Moçambique, volume 11. Instituto de Investigação Científica de Moçambique. Lourenço Marques.
- Coe, M. (1977). The Role of Termites in Removal of Elephant Dung in Tsavo (East) National Park Kenya. Journal East African Wildlife . 15 : 49-54

Correia, A. U. (1995). Determinação da Dieta de cinco Espécies de Herbívoros na Reserva de Maputo pelo Método de Análise Fecal. Tese de Licenciatura . 33 pp . Maputo , Universidade Eduardo Mondlane.

Correia , A ., F . de Boer e C. P. Ntumi (1996).Trabalhos de Investigação junto à Reserva de Maputo . Papel da Investigação na Gestão da Costeira Zona. pp 45 - 49 . Ed. D. Dias, P. Scarlett, J. Hatton e A. Macia. Maputo.

de Boer, W. F., C. P. Ntumi, A. U. Correia and J. M. Mafuca (em preparação) . Diet and Distribution of Elephant in Danger : the Maputo Elephant Reserve .

Digweed, S. C.; C. R. Currie; H. A. Cárcamo and J. R. Spence (1995). Digging Out the "digging-in effect" of Pitfall Traps: Influences of Depletion and Disturbance on Catches of Ground Beetles (Coleoptera: Carabaeidae). Pedobiologia. 39: 561- 576.

DNFFB (1997). Plano de Maneio da Reserva Especial de Maputo: 1997-2001. 102 pp. Maputo. Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia.

Doube, B. M.(1991). Dung Beetles of Southern Africa. Em Hanski e Cambefort.(eds) Dung Beetle Ecology. pp:133-155. Princenton University Press. New Jersey.

Edwards, P. B. (1991). Sesonal Variation in Dung of African Grazing Mammals and its Consequences for Coprophagous Insects. Funtional Ecology 5: 617 - 628.

Giller, P. S. e B. M. Doube (1994). Spatial and Temporal Co- occurrence of Competitors in Southern African Beetle Communities. Journal of Animal Ecology. 63: 629-643.

Grossman, R. and A. Loforte (1994). The Feasibility of TFCA Development in Southern Maputo Province. Em: Environmental Development Group (eds). GEF Transfrontier Conservation Areas and Institution Strengthening Project. pp: 99-145. Preparation Studies. Final Report. Oxford.

Hatton, J. C.; B. Chande; K. Seródio and A. Jujumen (1995). A Status Quo Assessment of the Maputo Transfrontier Conservation Area. 43 pp. UEM. Maputo.

Herrick, J. E. and R. Lal (1996). Dung Decomposition and Pedoturbation in a Seasonally Dry Tropical Pasture. Biol Fertility Soils. 23: 177-181.

Hirschberger, P. and T. Bauer (1994). The Coprophagous Insect Fauna in Sheep Dung and its Influence on Dung Disappearance. Pedobiologia 38 : 375 - 384.

Jachman, H. and R. H. V. Bell (1984). The Use of Elephant Droppings in Assessing Numbers, Occupance and Age Structure: A Refinement of the Method. African Journal Ecology. Volume 22, pp: 127-141.

Kangwana, K. (1996). Assessing the Impact of Human-Elephant Interaction. Em: K. Kangwana(ed.). Studying Elephant. pp: 138-147. African Wildlife Foundation, Nairobi.

Mafuca, J. M. (1996). Estudo da Dieta de cinco Espécies de Herbívoros da Reserva Especial de Maputo pelo Método de Análise Fecal. Trabalho de Licenciatura. Maputo. U.E.M., Departamento de Ciências Biológicas.

McClanahan, T. R. (1986). Quick Population Survey Method Using Faecal Droppings and a Steady State Assumption. African Journal Ecology. Volume 24. pp 37-39.

Murwira, H. K., H. Kirchmann and M. J. Swift (1990). The Effect of Moisture on the Decomposition Rate of Cattle Manure. Plant and Soil. 122, 197-199.

Ntumi, C. (1997). Estudo da Distribuição e Movimento de Elefantes e seu Impacto nas Machambas Adjacentes a Reserva Especial de Maputo. Tese de Licenciatura. 102 pp. Maputo. Universidade Eduardo Mondlane .

Patrício, D. M. (1999). Comunicação pessoal. Instituto Nacional Meteorologia.

Poole, J. (1996). The African Elephant. Em Kangwana(ed). Studying Elephant. pp: 1-8. African Wildlife Foudation. Nairobi.

Plumptre, A. J. and S. Harris (1995)...Estimating the Biomass of Large Mammalian Herbívoros in Tropical Montane Forest : a Method of Faecal Counting that Avoids Assuming a "Steady stat" system Journal of Applied Ecology 32 : 111 - 120.

Scholtz, C. H. and E. Holm (1985). Insects of Southern Africa. 502 pp. Edited by Interpak. Natal.

Skinner, J. D. and R . H. N. Smithers (1990) .The Mammals of Souththern African Subregion. pp 545 - 552 . University of Pretoria .Pretoria.

Sousa, L. C. V. (1997). Estudo da Descrição e Fertilidade dos Solos da Reserva Especial de Maputo. Trabalho de Licenciatura. 54 pp. U.E.M. Departamento de Ciências Biológicas. Maputo.

Tello, J. L . P . L. (1973) . Reconhecimento Ecológico da Reserva dos Elefantes do Maputo . Veterinária de Moçambique ,6 (2): 133-186.

Wallwork, J. A. (1970). Ecology of Soil Animals. 283 pp . Mc Graw - Hill Publishing Company. London.

White, L. J. T. (1995). Factors Affecting the Duration of Elephant Dung Piles in Rain Forest in the Lopé Reserve, Gabon. African Journal Ecology. Volume 33, pp: 142-150.

Yokoyama, K., H. Kai, T. Koga, and T. Aibe (1991). Nitrogen Mineralization and Microbial Populations in Cow Dung, Dung Balls and Underlying Soil Affected by Paracoprid Dung Beetles. Soil Biol. Biochem. Vol 23, pp: 649 -653.

ANEXOS

Anexo 1: Envelhecimento, peso e as datas da colocação das pilhas de fezes em cada habitat

N. da pilha	Floresta						Savana						Pradaria					
	Duracao de cada estagio						Duracao de cada estagio						Duracao de cada estagio					
	A	B	C	D	P.(Kg)	Data	A	B	C	D	P.(Kg)	Data	A	B	C	D	P.(Kg)	Data
1	3	9	6	6	8.6	24-Jan	3	9	18	6.4	24-Jan	3	9	18		6.7	24-Jan	
2	3	9	21	17*	6.6	24-Jan	3	9	12	29	6.8	24-Jan	3	9	3	6	9.8	24-Jan
3	3	9	18	20*	7.7	24-Jan	3	9	3	12	8	24-Jan	3	9	3	3	5.5	24-Jan
4	3	9	15		5	24-Jan	3	9	3	9	5.6	24-Jan	3	9	18		4.8	24-Jan
5	3	9	15		9.2	24-Jan	2	9	15	27	7	25-Jan	3	9	3	12	4.7	24-Jan
6	2	9	18		5	25-Jan	2	9	15	23	4	25-Jan	2	9	18		4.9	25-Jan
7	2	9	24		4.8	25-Jan	2	9	12		5	25-Jan	2	9	12		5.7	25-Jan
8	2	9	24		4.9	25-Jan	2	9	12		4	25-Jan	2	9	15	22	4.8	25-Jan
9	2	9	18	17*	5.8	25-Jan	2	9	9	9	4	25-Jan	2	9	3		4.2	25-Jan
10	2	9	21	19*	6.8	25-Jan	4	8	6	7	5.5	26-Jan	4	9	9	31	7	26-Jan
11	4	6	18	17*	11	26-Jan	4	8	12	23	5.7	26-Jan	4	5	3	3	7.5	26-Jan
12	4	6	18	3*	5.5	26-Jan	3	8	12	23	5	27-Jan	4	5	9	3	9	26-Jan
13	4	6	12	6	5.2	26-Jan	3	8	15		11	27-Jan	4	5	3	9	7.5	26-Jan
14	4	6	12	23*	5.5	26-Jan	3	8	3	7	4.8	27-Jan	4	5	12	3	4.5	26-Jan
15	4	6	12	23*	6.2	26-Jan	3	8	6	4	5.6	27-Jan	3	5	6	9	6.5	27-Jan
16	3	6	15	23*	12	27-Jan	3	8	3	7	9	27-Jan	3	5	6	12	5.7	27-Jan
17	3	6	18	6	10	27-Jan	3	8	12	23	7	27-Jan	3	5	9	26	6.5	27-Jan
18	2	6	12	9*	11.5	27-Jan	3	8	3	9	11	27-Jan	3	5	3	3	6.6	27-Jan
19	2	6	15	20*	12.5	28-Jan	3	8	12	23	12	27-Jan	2	3	12	32	4	28-Jan
20	2	6	15	3	5.2	28-Jan	2	7	3	9	9	28-Jan	2	3	12	6	5	28-Jan
21	2	6	6	12	7.7	28-Jan	2	7	3	9	4	28-Jan	2	3	3	9	7.5	28-Jan
22	2	6	15	26	8.5	28-Jan	2	7	12		4	28-Jan	2	3	3	12	9	28-Jan
23	2	6	12	9*	9	28-Jan	2	7	3	12	7.3	28-Jan	2	3	18	30	4.8	28-Jan
24	2	6	6	9	7.5	28-Jan	2	7	3	12	7	28-Jan	2	3	3	12	9.4	28-Jan
25	2	6	15	29	10	28-Jan	2	7	15	26	6.5	28-Jan	2	3	6	12	6.5	28-Jan
26	2	6	9	9	9.5	28-Jan	3	6	3	13	9	29-Jan	2	3	3	15	5	28-Jan
27	2	6	15	20*	10	28-Jan	3	6	3	3	7.5	29-Jan	2	3	3	6	10	28-Jan
28	2	6	15	9	5.5	28-Jan	3	6	9	32	7.2	29-Jan	2	3	9	9	5.5	28-Jan
29	2	6	15	26*	7	28-Jan	3	6	18	23	7	29-Jan	2	3	12	32	4.4	28-Jan
30	2	6	12	9	11	28-Jan	3	6	9		7.6	29-Jan	2	3	9	12	6	28-Jan
Med	3	7	15	11	7.82		3	7.8	9	11	6.78		3	5.53	8	13	6.3	

Duracao de cada estagio (em dias)

* Pilhas de fezes espalhadas por porcos do mato.

Anexo 2: Taxas de decomposicao, Humidade das fezes (H.f.), Humidade do solo (H.s.), Precipitacao (Prec.), Temperatura do solo (T. solo), Temperatura media do ambiente (T. med.).

Data	Taxas	FLORESTA					SAVANNA					PRADARIA						
		H.f.	H.s.	Prec.	T. solo	T. med	Taxas	H.f.	H.s.	Prec.	T. solo	T. med	Taxas	H.f.	H.s.	Prec.	T. solo	T. med.
24-Jan	0	71,44	12,21	0	28,2	27,5	0	76,42	5,77	0	35,4	29,5	0	77,52	15,48	0	36,2	31
27-Jan	0	75,78	29,37	7	26,5	25,5	0	47,5	5,03	7,2	31,1	27	0	59,6	8,2	8,5	30,5	32
30-Jan	0	69,42	16,02	9,7	26,6	23	0	49,17	11,96	5,4	30,4	24,5	0	73,04	9,32	4,2	29,6	30
05-Feb	0	48,63	15,14	0	27,6	27	0	64,35	7,64	0	33,1	29	0	68,68	10,69	0	34,3	32,5
08-Feb	0	72,9	16,63	29,1	24,6	24,5	0	66,74	6,14	26,4	26,4	26	0	75,67	8,76	24	28,9	30
11-Feb	0,0017	58,99	18,61	0,8	23,3	22,5	0,0017	74,73	4,1	0,8	30,5	24	0,0039	58,14	3,46	1,2	35,2	27,5
14-Feb	0,0033	56,14	16,21	4,5	25,4	22,5	0,0086	60,63	6,71	5,9	30,6	25	0,0124	60,11	7,67	4,9	31	30
17-Feb	0,0108	63,68	9,8	0	24,5	23	0,0192	15,37	2,28	0	30,3	27,5	0,0192	20,17	2,45	0	32,1	30
20-Feb	0,0148	54,92	11,41	33,7	25,6	24	0,0189	15,87	6,36	31,9	28,7	28,5	0,0341	56,94	7,8	24	30,3	30
23-Feb	0,0153	44,31	21,51	60,5	26,8	24	0,023	52,32	7,8	49,4	30,5	29	0,0333	2,22	7,77	33,8	32,3	34
06-Mar	0,0205	44,39	13,29	0	26,1	21,5	0,0168	21,43	4,71	0,5	31,3	28,5	0,0244	30,37	8,56	1,7	31,6	32,5
09-Mar	0,0273	23,61	8,05	0	27,1	24	0,0157	10,17	1,86	0	27,1	27,5	0,025	12,42	1,98	0	36,4	31,5
12-Mar	0,0309	15,52	7,2	0	26,8	24	0,0147	22,17	0,77	0	31,1	27,5	0,0234	2,38	5,4	1,5	35,5	31,5
15-Mar	0,0358	29,8	10,57	5,3	25,8	23	0,0264	10,83	4,13	7	31	27	0,029	10	3,5	4,4	30,9	32
18-Mar	0,0338	45,12	10,16	12,5	25,4	23	0,0304	12,43	5,6	11,5	29,4	27,5	0,0338	5	3,8	8,7	32,5	32,5

Anexo 3: Macrofauna visível na superfície ao longo de uma de
 uma transversal com uma largura de 2 m em todos estágios
 das fezes

Ordem	Família	Gênero	Floresta					Savana					Pradaria				
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Orthopagus</i>	40	21	0	0	0	30	28	0	0	0	26	18	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Copris</i>	5	5	0	0	0	10	2	0	0	0	3	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Sisyphus</i>	5	7	0	0	0	5	4	0	0	0	5	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Proagoderus</i>	15	10	0	0	0	13	6	0	0	0	7	3	0	0	0

Anexo 4: Macrofauna apanhada em armadilhas "pitfall traps" em todos estágios das fezes e em todos os habitats

Ordem	Familia	Genero	Floresta					Savana					Pradaria					
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
			13	10	1	0	0	18	23	1	0	0	9	2	0	0	0	
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Orthopagus</i>	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Copris</i>	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Sisyphus</i>	5	7	0	0	0	0	11	4	0	0	0	7	5	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Proagoderus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Macrophylla</i>	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Anachalcos</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Oritis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Metacatharsius</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Oscinidae	<i>Macroderes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorpionida	Iniidae	<i>Spirobolus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Scorpionida	Ischnuridae	<i>Hadogenes</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Orthoptera	Grillidae	<i>Grylloipa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Opisthacanthus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Histeridae	<i>Hister</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Catharsius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0

Anexo 5: Macrofauna extraída das fezes em todos os habitats e em todos os estágios das fezes

Ordem	Familia	Genero	Floresta					Savana					Pradaria					
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Onthophagus</i>	11	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	18	7	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Copris</i>	5	4	0	0	0	0	3	3	0	0	0	7	5	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Sisyphus</i>	8	1	0	0	0	0	7	5	0	0	0	10	3	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Proagoderus</i>	9	8	0	0	0	0	8	4	0	0	0	13	6	0	0	0
Coleoptera	Aphodiidae	<i>Aphodius</i>	4	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4	4	0	0	0
Coleoptera	Histeridae	<i>Macrolister</i>	7	1	0	0	0	0	5	3	0	0	0	9	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Alumnus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Allogymnopleurus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera (larva)			0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Oniscidae	<i>Macroderes</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Scarabariidae	<i>Orticitellus</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorpionida	Inliidae	<i>Spirobolus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera (larva)			0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Blattodea	Blaberidae	<i>Phalerata</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorpionida	Ischnuridae	<i>Hadogenes</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Anexo 6: Distribuição dos indivíduos nos três habitats

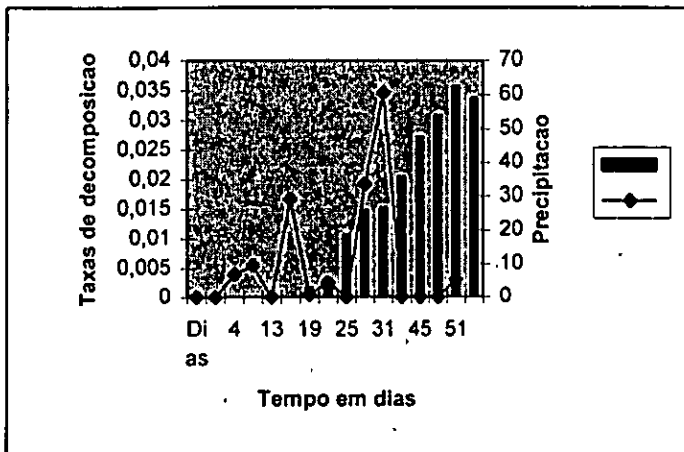
Macrofauna	Habitats			Linha de soma
	Floresta	Savana	Pradaria	
<i>Onhophagus</i>	1	1	1	3
<i>Copris</i>	1	1	1	3
<i>Sisyphus</i>	1	1	1	3
<i>Proagoderus</i>	1	1	1	3
<i>Aphodius</i>	1	1	1	3
<i>Macrolister</i>	1	1	1	3
<i>Allogymnopleurus</i>	1	0	0	1
<i>Macrophylla</i>	0	1	0	1
<i>Hister</i>	0	0	1	1
Larva de <i>Coleoptera</i>	1	0	1	2
<i>Anachalcos</i>	0	1	0	1
<i>Onitis</i>	0	1	0	1
<i>Metacatharsius</i>	0	1	0	1
<i>Macroderes</i>	1	1	0	2
<i>Oniticellus</i>	1	0	0	1
<i>Alumos</i>	0	0	1	1
<i>Gryllotalpa</i>	1	0	0	1
<i>Hadogenes</i>	1	1	0	2
Larva de <i>Diptera</i>	1	0	0	1
<i>Spirobolus</i>	1	1	0	2
<i>Opisthacanthus</i>	1	0	0	1
<i>Cetharsius</i>	0	0	1	1
<i>Phalerata</i>	1	0	0	1

1- Presente

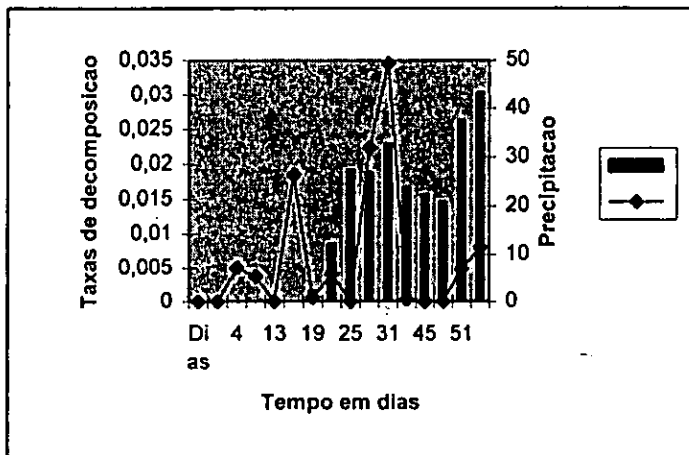
0-Ausente

Linha de soma- Número de habitats no qual se encontram distribuídos os indivíduos

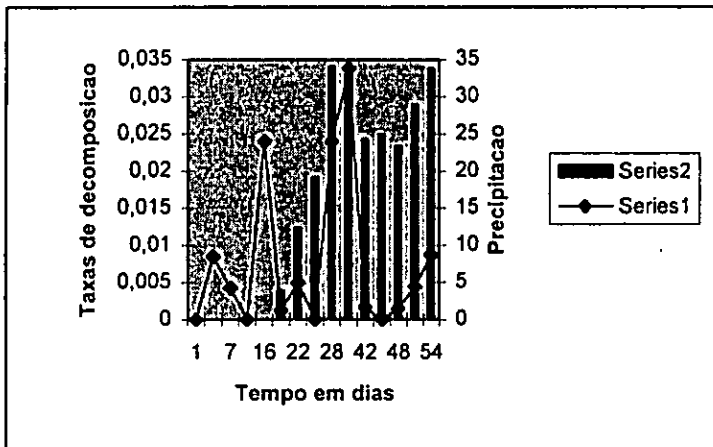
Anexo 7: Relacao entre as taxas de decomposicao e a precipitacao



7A: Relacao entre as taxas de decomposicao e a precipitacao na floresta



7B: Relacao entre as taxas de decomposicao e a precipitacao na savana



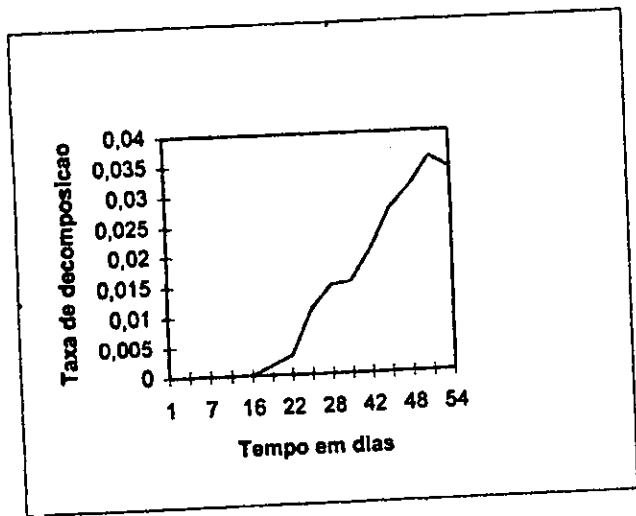
7C: Relacao entre as taxas de decomposicao e a precipitacao na pradaria

Anexo 8

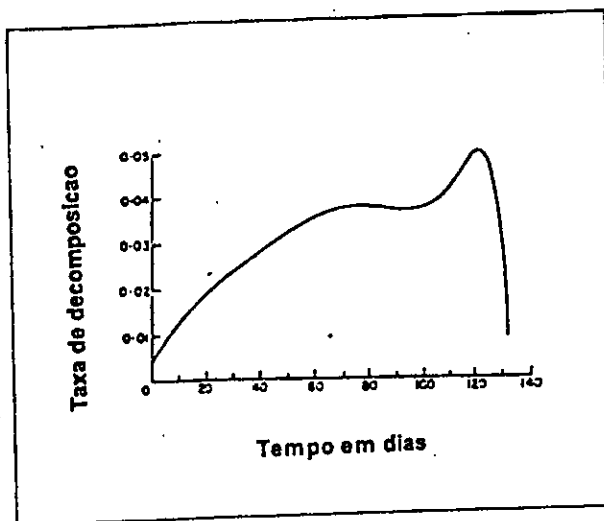


Envelhecimento das pilhas de fezes,
(Plumptre e Harris, 1995)

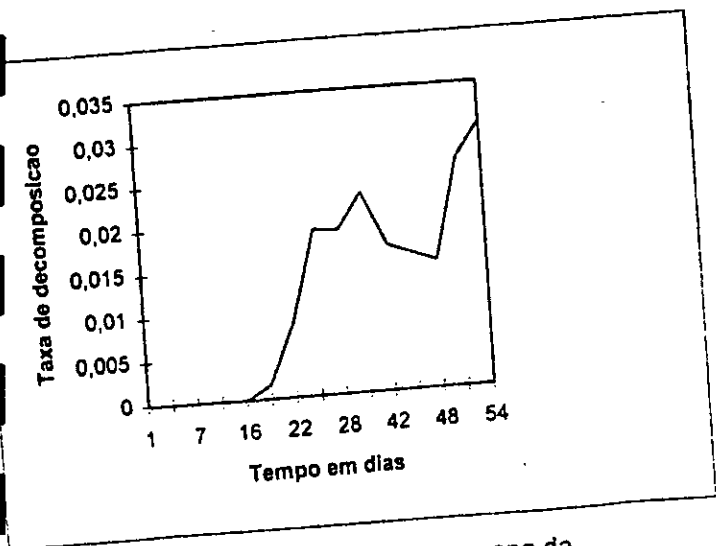
Anexo 9



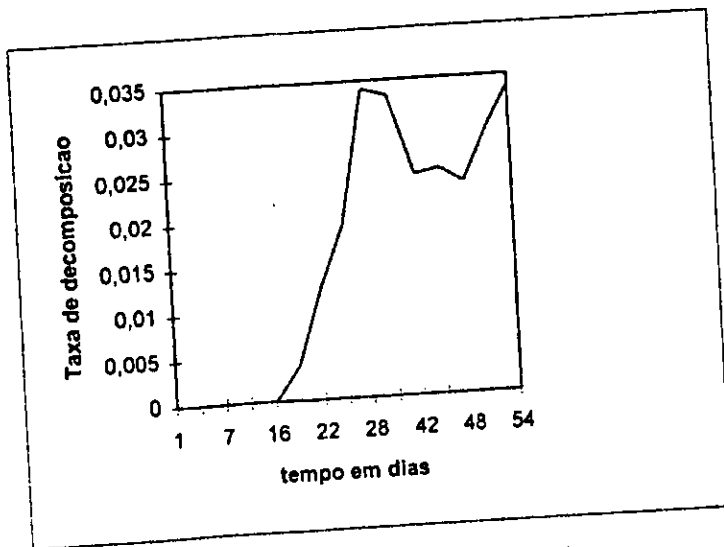
9a: Taxas de decomposição na floresta da Reserva de Maputo



9b: Taxas de decomposição na floresta obtidas por Barnes e Barnes (1992)



9c: Taxas de decomposição na savana da Reserva de Maputo



9d: Taxas de decomposição na pradaria da Reserva de Maputo

Anexo 10: Correlações entre os parâmetros estudados

parametro	H. solo	H. fezes	T. solo	Precipitac	T. ambient	Taxas
H. solo						
H. fezes	0,589734					
T. solo	-0,06321	0,20793				
Precitacao	0,322197	0,102332	-0,04239			
T. ambient	0,171556	0,249463	0,639099	0,131928		
Taxas	-0,61104	-0,83873	0,036874	-0,01769	-0,39819	
N. insecto	0,500531	0,58249	0,334292	-0,1355	0,25415	-0,44812

10 A: Correlações na floresta

parametro	H. solo	H. fezes	T. solo	Precipitac	T. ambient	Taxas
H. solo						
H. fezes	0,458246					
T. solo	0,128172	0,364302				
Precitacao	0,359434	0,051181	-0,36921			
T. ambient	-0,16757	-0,24426	0,139294	0,2021		
Taxas	-0,33353	-0,79919	-0,24819	0,280523	0,322602	
N. insecto	0,561812	0,266922	0,260216	-0,15496	-0,01006	-0,52321

10 B: Correlações na savana

parametro	H. solo	H. fezes	T. solo	Precipitac	T. ambient	Taxas
H. solo						
H. fezes	0,676887					
T. solo	-0,06665	-0,23595				
Precitacao	0,119602	-0,0438	-0,49462			
T. ambient	0,139294	-0,50528	0,032569	0,226514		
Taxas	-0,52247	-0,82474	0,010526	0,308422	0,413838	
N. insecto	0,532715	0,392402	-0,12117	-0,16026	-0,01006	-0,59373

10 C: Correlações na pradaria

H.Solo- Humidade do solo
H.Fezes- Humidade das fezes
T.solo- Temperatura do solo
T.ambiente- Temperatura do ambiente
N.insectos- Numero dos insectos

Anexo 11: Densidade de elefantes na Reserva de Maputo obtida através da contagem de pilhas de fezes do elefante nas picadas percorridas (Ntumi, 1997)

	Comprimento(Km)	Largura(Km)	Fezes(N)	Fezes/Km2	Elefante/Km2
Floresta seca	92.55	0.00202	728	3894	4(3.2)
Savana aberta	113.15	0.00202	331	1448	1.5(1.2)
Pradaria inundada	26.6	0.00202	4	74	0.08(0.06)
Total	232.3			1063	
Media ponderada					2.3(1.8)

Densidade de elefantes na Reserva de Maputo calculada a partir das taxas de decomposicao determinadas no presente estudo

	Fezes/Km2	de decomposicao	E= Y.r/D
Floresta seca	3894	0,0129	2,3
Savana aberta	1448	0,0117	0,77
Pradaria inundada	74	0,0159	0,053
Total	1063		
Media ponderada			1,26158

Area da floresta-98 Km2
 Area da savana-30 Km2
 Area da Pradaria-72 Km2

Ficha 1
Alterações dos estágios das fezes

Habitat::

Número da pilha	Estágio (A-E)

Ficha 2

Pluviosidade e temperatura

	Temperatura			Pluviosidad	Horas
	do ambiente		do		
Habitat	mínima	máxima	solo		
floresta					
savana					
pradaria					

Ficha 3

Humidade das fezes e do solo

Data:

Habitat	Humidade do solo %	Humidade das fezes %
floresta		
savana		
pradaria		

Ficha 4

Macrofauna observada directamente no campo

Cat. taxonómica	Nº de indivíduos	Estágio (A-E)	Habitat

Ficha 5

Macrofauna apanhada nas armadilhas

Cat. taxonómica	Nº de indivíduos	Habitat

Ficha 6

Macrofauna encontrada nas fezes

Cat. taxonómica	Nº de indivíduos	Habitat