

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

TESE

**Pastagens no Cerrado e a Relação com os Térmitas
Construtores de Ninhos Epígeos**

Sandra Santana de Lima

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**PASTAGENS NO CERRADO E A RELAÇÃO COM OS TÉRMITAS
CONSTRUTORES DE NINHOS EPÍGEOS**

SANDRA SANTANA DE LIMA

Sob a Orientação do Professor
Robert Michael Boddey

e Co-orientação da Pesquisadora
Adriana Maria de Aquino

Tese submetida como requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutora em Ciências**,
no curso de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2012

633.202

L732p

T

Lima, Sandra Santana de, 1975-

Pastagens no Cerrado e a relação com os térmitas construtores de ninhos epígeos / Sandra Santana de Lima – 2012.

103 f.

Orientador: Robert Michael Boddey.

Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia.

Bibliografia: f. 80-90.

1. Pastagens - Manejo – Teses. 2. Térmita - Ninhos – Teses. 3. Cerrados - Ecologia – Teses. I. Boddey, Robert Michael, 1968- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

SANDRA SANTANA DE LIMA

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Ciências** em Agronomia.

TESE APROVADA EM 28/02/2012.



Robert Michael Boddey. Ph.D. EMBRAPA AGROBIOLOGIA
Orientador



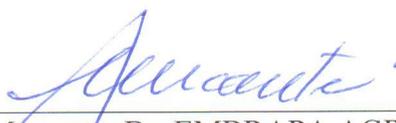
Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ



Marcos Bacis Ceddia. Dr. UFRRJ



Héliida Ferreira da Cunha. Dra. UEG



Fábio Martins Mercante. Dr. EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE

DEDICATÓRIA

A minha família amada, meus pais Lino e Dora, por ensinaram que respeito, dedicação e humildade são indispensáveis para alcançar qualquer objetivo.

Especialmente a minha Dorinha, a melhor mãe do mundo! Minha inesgotável fonte de amor e força, por nunca me deixar desanimar diante de qualquer dificuldade, por apoiar e adaptar-se a todas as mudanças que foram necessárias até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus que ilumina todos os dias da minha vida e que torna possível tudo o que necessito e desejo de coração.

A minha família que mesmo longe estão sempre presente pelo carinho e apoio incondicional, em especial minha mãe e irmã Suzete (Maninha).

À inesquecível UFRRJ, coordenação e professores do CPGA-CS, especialmente aos Professores Lúcia Helena Anjos e Marcos Gervasio, por toda a atenção e sensibilidade que sempre tiveram desde o difícil início do curso (adaptação) ao fim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa.

Dr. Robert Boddey (orientador querido) por aceitar a orientação e proporcionar um rico aprendizado durante a execução desse trabalho, pela confiança, carinho e entusiasmo com nossas descobertas no fascinante mundo dos térmitas.

À amiga e co-orientadora Adriana Aquino, por toda a confiança, carinho e sensibilidade de encontrar sempre a melhor forma de resolver qualquer situação e por apresentar-me ao grupo de Ciclagem de Nutrientes.

Ao Dr. Christopher Martius, meu co-orientador, por sua valiosa contribuição na adequação do projeto, discussão dos resultados, disponibilidade em atender-me prontamente e especialmente pela atenção e amizade.

Aos Drs. Bruno Alves e Segundo Urquiaga, que estiveram sempre prontos a ajudar a resolver todo e qualquer problema, pela confiança e ensinamentos.

Ao Dr. Fábio Mercante pela colaboração na execução da pesquisa, por todo o cuidado com cada detalhe e estrutura para a realização e sucesso das coletas em de Rio Brilhante.

À Dra. Eliana Cancellato do Museu de Zoologia da USP, pelos ensinamentos que possibilitou o amadurecimento e crítica referente aos térmitas. Tiago Carrijo e Maurício Rocha pelo auxílio na identificação dos térmitas e atenção nas minhas estadas em São Paulo.

Aos professores Érika Pinheiro e Marcos Bacis pela disponibilidade de tempo, espaço (Lab. de Física do Solo), equipamentos e estagiário (Agnê Moraes) e ainda a paciência no treinamento com GPS, análises de fração leve, geoestatística e ricas discussões e conselhos.

Ao Sr. Arthur Barbosa Coelho, proprietário da fazenda Campana em Rio Brilhante, por seu grande empenho e colaboração na execução dos trabalhos no campo ao disponibilizar toda a estrutura necessária e funcionários para acompanhar-me. Aos funcionários Dona Elina,

Rosinha, Lenir, Sr. Otavinho e Tendeu pelo carinho e toda a atenção sempre dispensadas, especialmente na escolha dos meus ajudantes (os melhores!).

À Embrapa Agrobiologia, aos funcionários que direto ou indireto estiveram envolvidos, que foram sempre atenciosos e especialmente os técnicos Roberto Silva e Roberto Grégio pela disposição em ajudar-me sempre, pela atenção com meu trabalho, carinho e amizade; Renato e Geraldo Baeta pela atenção e amizade.

À Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO) em especial aos funcionários, Luis Machado, Ruberley, Antonio Carlos, Willian, Gabriel, Vladimir e bolsistas do Lab. de Microbiologia do Solo (Irzo, Sadrac, Leo, Luciane, Élica e Aline), pelo empenho nas coletas e análises.

Ao Dr. Auro Akio (Pesquisador do CPAO), Sr. Jesanias (Secretário de Agricultura de Anaurilândia), Sr. Wilson, José Roberto (proprietários de fazendas) pela importante colaboração na realização das pesquisas no município de Anaurilândia.

A minha equipe de campo (inesquecíveis companheiros das aventuras no Cerrado), Adriano, Reinaldo, Ronaldo, Vidivaldo e Moacir (Fazenda Campana), Denílson e Alessandro (Anaurilândia), pelo respeito e especialmente pela alegria e disposição e cuidado com cada detalhe nas coletas, por entenderem a importância daquele trabalho.

À Dra. M. Elizabeth Correia (Beth) e aos amigos do lab. de Fauna do Solo, Mirinha, Itaynara, Rafael, Dayana, Eloísa e Fernandinha pelo carinho, amizade, companheirismo e claro, pelas descontraídas conversas, tirando dúvidas e trocando experiências.

Aos inesquecíveis amigos Adriano Knupp, Ana Paula, Andrea Lima, Carlos, Carol Dornelas, Cecília, Eline, Gislanne (Gi), Guilherme Angeline, Jakson Leite, Joyce e Roberto, Luciene Lucas, Rilner, Roriz, Rosana, Selenobaldo e Sandy pelo carinho, tão importante na adaptação e a amizade em todos os momentos dessa difícil e gratificante caminhada. Em especial ao querido Péricles Galisa (*in memorium*) pela alegria, carinho e amizade que pude sempre contar, infelizmente partiu muito precocemente deixando uma enorme saudade.

Ao amigo Alexandre Marcolino pela disposição em revisar o texto e carinho.

Aos colegas do grupo Ciclagem em especial aos amigos Fernando Zuchello, Rafael Fiusa que estiveram sempre dispostos a ajudar-me.

Aos funcionários da secretaria do CPGA-CS, Marquinhos, Roberto e Wagner.

Agradeço a todas as pessoas que encontrei nesses quatro inesquecíveis anos, a todos que indiretamente fizeram parte da minha vida, torcendo pelo sucesso do trabalho, por cada sorriso, bom dia, palavras e gentilezas...

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

LIMA, Sandra Santana de. **Pastagens no cerrado e a relação com os térmitas construtores de ninhos epígeos**. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012

A presença de ninhos epígeos de térmitas (cupins) em pastagens é comumente associada à degradação. Embora não haja consenso em relação aos danos causados por estes insetos construtores, a presença de ninhos epígeos nas pastagens tem sido considerada como sinal de degradação, deprecia a pastagem e em elevada densidade poderia reduzir a área útil de pastejo. Este trabalho objetivou avaliar a diversidade e as populações de térmitas durante o declínio da produtividade, vigor e qualidade da pastagem no Cerrado brasileiro. A pesquisa foi realizada em fazendas dos municípios de Rio Brillante e Anaurilândia, ambos no Estado de Mato Grosso do Sul. Foram selecionadas e delimitadas áreas de pastagem com diferentes quantidades de ninhos de térmitas. No Capítulo I, conduzido em ambos os municípios, foram realizadas coletas para identificação dos térmitas e análises de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. Os ninhos foram avaliados em relação à quantidade por hectare; área ocupada; atividade dos térmitas e distribuição espacial dos ninhos. Foram identificadas 14 espécies, onde *Cornitermes cumulans*, que é consumidor de liteira, foi a mais observada; a análise de $\delta^{13}\text{C}$ indicou a gramínea forrageira braquiária como fonte alimentar das espécies; os valores de $\delta^{15}\text{N}$ evidenciaram diferentes concentrações isotópicas entre os grupos humívoro (entre 13 a 15‰), intermediários (11‰) e os comedores de liteira (de 2 a 5‰); a área ocupada pelos ninhos (0,26 a 1%) não representou prejuízo em termos de área de pastejo, e a distribuição espacial dos ninhos foi aleatória. No Capítulo II, conduzido em Rio Brillante, MS, foram selecionadas três áreas de pastagens com presença e ausência de ninhos epígeos, foram avaliadas pelos indicadores de degradação: fertilidade do solo, granulometria, biomassa microbiana, nitrogênio potencialmente mineralizável, fração leve da matéria orgânica do solo (MOS), quantidade de liteira existente e depositada em 28 dias e macrofauna invertebrada do solo. Os indicadores testados não revelaram diferenças entre as áreas; apenas os parâmetros relacionados com a planta, rebrota e liteira, mostraram uma tendência numérica em diferir as áreas. No Capítulo III, conduzido em Anaurilândia (MS), avaliou-se em dezesseis áreas, a granulometria, fertilidade e quantidade de liteira existente. Não foi observado relação entre a quantidade de ninhos e os atributos químicos do solo. Houve relação negativa entre a quantidade de ninhos em função dos teores de MO e CTC, mostrando uma tendência de menor quantidade de ninhos com maior teor MO e CTC nessas áreas. A maior quantidade de ninhos em áreas com menor quantidade de liteira existente não foi evidenciada. A maior quantidade de térmitas construtores de ninhos epígeos não foi relacionada com os parâmetros de degradação avaliados; a densidade de ninhos nem sempre está relacionada com a idade da pastagem, mas pela forma de distribuição parece ser condicionada a fatores ecológicos.

Palavras-chave: Isoptera. Indicadores. Cupinzeiros.

ABSTRACT

LIMA, Sandra Santana de. **Pastures in the cerrado and the relationship with epigean termite nests**. 2012. 103p. Thesis (Doctor in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.

The presence of epigean termite nests in pastures is commonly associated with degradation. Although there is no consensus about the damage caused by these insect builders, the presence of epigeous nests in pastures has been considered as a sign of degradation, reduces the value due to the pasture appearance, and at high density could reduce the area for grazing. This study evaluated the diversity and population of termites with pasture declining productivity and quality in the Brazilian Cerrado region. The survey was conducted on farms in the municipalities of Rio Brilhante and Anaurilândia, both in Mato Grosso do Sul State. Pasture areas were selected and demarcated with different amounts of termite nests. In Chapter I, conducted in both municipalities, termites were collected for $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ analyses. The termite nests were evaluated in relation to number per hectare; area occupied; activity and spatial distribution of mounds. There were identified 14 species, where *Cornitermes cumulans*, which is a litter consumer, was the most commonly observed. The $\delta^{13}\text{C}$ analysis of the termites indicated that forage grass of brachiaria grass was the sole food source. Different ^{15}N values were registered between groups of humivours (between 13 and 15 ‰), intermediate (11 ‰) and litter-eaters (2 to 5 ‰). The area occupied by the nests (0.26 to 1%) did not affect the pasture net area, and the nests spatial distribution was random. In Chapter II, conducted in Rio Brilhante, MS, there were selected three pasture areas, with and without termite nests, and it was evaluated according to indicators of pasture degradation: soil fertility, soil texture, microbial biomass, potentially mineralizable N, light fraction of soil organic matter (SOM), amount of existing litter and litter deposited in 28 days, and soil invertebrate macrofauna. The indicators tested showed no differences between the areas, only the parameters related to plant, regrowth and litter, showed a numerical trend in the different areas. In Chapter III, conducted in Anaurilândia (MS), soil texture, soil fertility and amount of existing litter were evaluated in 16 areas. There was no relationship between the number of nests and soil chemical attributes. There was a negative relationship between the number of nests in relation to the content of SOM and cation exchange capacity (CEC), with a trend of least amount of nests with highest SOM and CEC observed in these areas. There was no trend toward increased number of nests in areas with less litter. The largest number of epigean termite nests builders was not related to the degradation parameters evaluated; the highest density was not always related to the pasture age, but the distribution form appears to be conditioned by ecological factors.

Key words: Isoptera. Indicators. Termite mounds.

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Temperatura e precipitação médias da Fazenda Campana, município de Rio Brilhante, nos anos de 2009 e 2010. Fonte: CPAO (2011) e Artur Barbosa (proprietário da fazenda)..... | 17 |
| Figura 2. Áreas de pastagens na Fazenda Campana, Município de Rio Brilhante, MS. Fotos: Robert Boddey e Sandra Lima, 2009 e 2010. | 18 |
| Figura 3. Áreas de pastagens nas Fazendas N. Senhora das Graças (Pasto 1 a 3) e Santa Luzia (Pasto 4 a 6), no município de Anaurilândia, MS. Fotos: Robert Boddey e Sandra Lima, 2010. | 21 |
| Figura 4. Áreas de pastagens nas fazendas Santa Luzia (Pasto 7 e 8), São Francisco (Pasto 9 a 11) e São José (Pasto 12), no Município de Anaurilândia, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010. | 22 |
| Figura 5. Áreas de pastagens nas fazendas São José (Pasto 13) e Fortaleza (Pasto 14 e 15), no Município de Anaurilândia, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010..... | 23 |
| Figura 6. Semivariograma da circunferência e altura dos ninhos de térmitas, avaliados na parcela 1 do Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. | 34 |
| Figura 7. Semivariograma da circunferência e altura dos ninhos de térmitas, avaliados na parcela 3 do Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante –MS. | 34 |
| Figura 8. Distribuição espacial da altura dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS..... | 36 |
| Figura 9. Distribuição espacial circunferência dos ninhos no Pasto 2 , na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. | 37 |
| Figura 10. Distribuição espacial da altura dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS..... | 38 |
| Figura 11. Distribuição espacial da circunferência dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. | 39 |
| Figura 12. Distribuição espacial da vitalidade dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (+ = ninho sem atividade dos térmitas, morto; o = ninho ativo)... | 40 |
| Figura 13. Distribuição espacial da altura e vitalidade dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (1= ninhos ativos; 0 = ninhos mortos)..... | 41 |
| Figura 14. Distribuição espacial da vitalidade dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (+ = ninho sem atividade dos térmitas, morto; o = ninho ativo)... | 42 |
| Figura 15. Distribuição espacial da altura e vitalidade dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (1= ninhos ativos; 0 = ninhos mortos)..... | 43 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16. Área de pastagem (Pasto 1) e fragmento de Cerradão, na fazenda Campana, Município de Rio Brillhante, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010..... | 49 |
| Figura 17. Distribuição dos grupos funcionais da macrofauna invertebrada em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS. | 63 |
| Figura 18. Área de pasto na fazenda San Remo no Município de Anaurilândia, MS. Foto: Sandra Lima, 2010..... | 70 |
| Figura 19. Quantidade de ninhos de térmitas em áreas de pastagens, amostradas no município de Anaurilândia, MS. | 71 |
| Figura 20. Granulometria do solo em $g\ kg^{-1}$ na profundidade de 0-10 cm, em fazendas com pastagens, no município de Anaurilândia, MS. | 72 |
| Figura 21. Número de ninhos de térmitas em função da porcentagem das partículas granulométricas do solo, em $g\ kg^{-1}$, na profundidade de 0-10 cm. (ns = não significativo a 5%)..... | 73 |
| Figura 22. Números de ninhos em função do teor de matéria orgânica (MO) e de capacidade de troca catiônica (CTC) em solos, a 10 cm de profundidade, no Município de Anaurilândia, MS. (* = significativo a 5%)..... | 74 |
| Figura 23. Avaliação da liteira existente em fazendas com pastagens, no Município de Anaurilândia, MS..... | 76 |
| Figura 24. Quantidade de ninhos em função da liteira existente $kg\ ha^{-1}$ no Município de Anaurilândia, MS. (ns = não significativo a 5%) | 77 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Caracterização das áreas de coletas no Município de Anaurilândia, MS..... | 20 |
| Tabela 2. Abundância de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em térmitas conservados por 24 horas em formol, naftalina e congelados em freezer..... | 25 |
| Tabela 3. Abundância natural em térmitas submetidos ao congelamento em freezer e conservados em álcool 80%..... | 25 |
| Tabela 4. Número de ninhos e espécies coletadas em ninhos epígeos em áreas de pastagens, no município de Anaurilândia, MS..... | 28 |
| Tabela 5. Espécies, grupo alimentar e abundância natural de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ de térmitas coletados em ninhos epígeos, em áreas de pastagens, no Município de Anaurilândia, MS. Classificação dos grupos alimentares de acordo com (1) Donovan et al. (2001); (2) Cunha (2006) ; (3) Mathews (1977) e (4) Vasconcellos (2010). | 30 |
| Tabela 6. Avaliação dos ninhos em fazendas com áreas de pastagens, nos município de Rio Brilhante e Anaurilândia, MS. | 32 |
| Tabela 7. Estatística descritiva para as medidas dos ninhos de térmitas na parcela 1 do Pasto 2 e Pasto 3 na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. | 33 |
| Tabela 8. Matriz de correlação das medidas dos ninhos de térmitas na parcela 1 do Pasto 2 e Pasto 3 na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. | 33 |
| Tabela 9. Granulometria do solo na profundidade de 0-5 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 55 |
| Tabela 10. Características químicas do solo nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 56 |
| Tabela 11. Características químicas do solo nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 57 |
| Tabela 12. Biomassa microbiana do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS..... | 58 |
| Tabela 13. Nitrogênio potencialmente mineralizável do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 59 |
| Tabela 14. Produção de matéria seca de forragem e taxa de rebrota em áreas de pastagens, em maio de 2010, na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 59 |
| Tabela 15. Produção de matéria seca de forragem e taxa de rebrota em áreas de pastagens, em maio de 2011, na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 60 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 16. Acúmulo de liteira e produção em 28 dias após a coleta da liteira existente em áreas de pastagens, em maio de 2010, na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. .. | 60 |
| Tabela 17. Acúmulo de liteira e produção em 28 dias após a coleta da liteira existente em áreas de pastagens, em maio de 2011, na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. .. | 61 |
| Tabela 18. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. Densidade 1,80 g dm ⁻³ | 61 |
| Tabela 19. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. Densidade 1,20 g dm ⁻³ | 61 |
| Tabela 20. Índices ecológicos da macrofauna invertebrada do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS. | 63 |
| Tabela 21. Macrofauna invertebrada do solo a 10 cm de profundidade em áreas de pastagens da fazenda Campana em Rio Brilhante, MS..... | 64 |
| Tabela 22. Análises de fertilidade do solo em fazendas do Município de Anaurilândia, MS. | 75 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 | Pastagens no Cerrado: Degradação e Manejo | 3 |
| 2.2 | Uso do Isótopo ¹³ C em Pastagens..... | 5 |
| 2.3 | Macrofauna Invertebrada do Solo | 6 |
| 2.4 | Térmitas: Aspectos Gerais..... | 7 |
| 2.5 | Diversidade de Térmitas no Cerrado | 8 |
| 2.6 | Modificações em Atributos do Solo pela Atividade dos Térmitas..... | 9 |
| 2.7 | Análise do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em Invertebrados do Solo | 10 |
| 3 | CAPÍTULO I INCIDÊNCIA DE NINHOS EPÍGEOS EM PASTAGENS E HÁBITOS ALIMENTARES DOS TÉRMITAS | 12 |
| | RESUMO | 13 |
| | ABSTRACT | 14 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 3.2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 17 |
| 3.2.1 | Área de estudo | 17 |
| 3.2.2 | Avaliação dos ninhos e amostragem dos térmitas..... | 23 |
| 3.2.3 | Análises isotópicas dos térmitas..... | 24 |
| 3.2.4 | Análise geoestatística dos ninhos em Rio Brilhante..... | 26 |
| 3.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 3.3.1 | Espécies e preferência alimentar dos térmitas..... | 27 |
| 3.3.2 | Avaliação dos ninhos de térmitas | 31 |
| 3.3.3 | Variabilidade espacial dos ninhos de térmitas em Rio Brilhante | 32 |
| 3.4 | CONCLUSÕES..... | 44 |
| 4 | CAPÍTULO II INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM PASTAGENS COM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE NINHOS DE TÉRMITAS | 45 |
| | RESUMO | 46 |
| | ABSTRACT | 47 |
| 4.1 | INTRODUÇÃO..... | 48 |
| 4.2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 49 |
| 4.2.1 | Área de estudo | 49 |
| 4.2.2 | Caracterização das áreas..... | 49 |
| 4.2.3 | Amostragem de solo | 50 |
| 4.2.4 | Granulometria e umidade gravimétrica | 50 |
| 4.2.5 | Fertilidade do solo | 50 |
| 4.2.6 | Carbono orgânico total e biomassa microbiana..... | 50 |
| 4.2.7 | Nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot})..... | 51 |
| 4.2.8 | Fornagem em oferta e taxa de rebrota..... | 52 |
| 4.2.9 | Liteira existente e deposição..... | 53 |
| 4.2.10 | Fração leve da matéria orgânica do solo | 53 |
| 4.2.11 | Amostragem e determinação da macrofauna do solo..... | 53 |
| 4.2.12 | Análises dos dados | 54 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 55 |
| 4.3.1 | Granulometria..... | 55 |
| 4.3.2 | Fertilidade do solo | 55 |
| 4.3.3 | Biomassa microbiana..... | 57 |
| 4.3.4 | Nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot})..... | 58 |
| 4.3.5 | Forragem em oferta e taxa de rebrota..... | 59 |
| 4.3.6 | Liteira existente e deposição..... | 60 |
| 4.3.7 | Fração leve da matéria orgânica do solo | 61 |
| 4.3.8 | Macrofauna invertebrada do solo | 62 |
| 4.4 | CONCLUSÕES | 65 |
| 5 | CAPÍTULO III FERTILIDADE DO SOLO E LITEIRA EXISTENTE EM ÁREAS DE PASTAGENS COM DIFERENTES QUANTIDADES DE NINHOS DE TÉRMITAS | 66 |
| | RESUMO | 67 |
| | ABSTRACT | 68 |
| 5.1 | INTRODUÇÃO..... | 69 |
| 5.3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 70 |
| 5.3.1 | Área de estudo | 70 |
| 5.3.2 | Amostragem de solo | 70 |
| 5.3.3 | Análise granulométrica e fertilidade do solo..... | 70 |
| 5.3.4 | Avaliação da liteira..... | 70 |
| 5.3.5 | Análise de dados..... | 71 |
| 5.4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 72 |
| 5.4.1 | Relação entre número de ninhos de térmitas e textura do solo | 72 |
| 5.4.2 | Avaliação da liteira existente..... | 76 |
| 5.5 | CONCLUSÕES | 78 |
| 6 | CONCLUSÕES GERAIS..... | 79 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 80 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos 35 anos o Brasil foi marcado por grandes mudanças no setor agropecuário, entre essas, o considerável crescimento das áreas de pastagens. O crescimento das áreas de pastagens cultivadas resultou, principalmente, da valorização das terras, dos créditos especiais na década de 1970 e da necessidade de aumentar a produtividade da pecuária brasileira (Zimmer e Barbosa, 2005). As condições ambientais e topográficas da região Centro-Oeste, sob o domínio do bioma Cerrado, favoreceram a abertura de imensas áreas, onde a vegetação nativa deu lugar à implantação de gramíneas de origem africana, com grande potencial de adaptação a região.

Assim, grande parte das áreas antes ocupadas por pastagens nativas foram substituídas por espécies cultivadas. O crescimento do rebanho acompanhou o crescimento das áreas de pastagens cultivadas. Porém, esse crescimento foi reduzido ou estabilizado em virtude da legislação ambiental, que estabeleceu um limite de abertura de novas áreas, ou ainda devido à redução na capacidade de suporte das pastagens, por causa de sua degradação, resultante da ausência de reposição de nutrientes no solo (Zimmer e Barbosa, 2005).

Os solos da região dos cerrados são reconhecidos por serem naturalmente pouco férteis e com solos ácidos. Tais características indicam que a utilização sustentável dessas áreas requer atenção no sistema de manejo. No entanto, no decorrer dos anos, a utilização de grande parte dessas áreas se deu de forma indiscriminada, ou seja, sem manejo adequado, ausência de reposição de nutrientes e altas taxas de lotação. Como consequência disso, houve declínio da produtividade e avanço no processo de degradação das pastagens.

Muitos estudos relatam a degradação em pastagens. No entanto, a inexistência de um método uniforme dificulta a caracterização de indicadores de degradação (Dias-Filho, 2007). Os primeiros sinais do processo de degradação não são identificados e, na grande maioria dos casos, a degradação é caracterizada quando está em estágio avançado e, nessa condição, nenhuma atitude é tomada para reverter ou minimizar o colapso do sistema. Nesse contexto, muito se discute sobre as possíveis causas e sinais da qualidade da pastagem. São utilizados muitos métodos para avaliação da produtividade, porém, pouco se avançou na identificação dos sinais do processo de declínio da qualidade do sistema, Oliveira et al. (2004) testaram indicadores capazes de diagnosticar a condição dos principais fatores que influenciam diretamente a qualidade da pastagem.

Áreas de pastagens são comumente consideradas em processo de degradação quando apresentam ninhos de térmitas. Acredita-se que a implantação de uma monocultura e consequente simplificação dos recursos disponíveis resulta na redução da diversidade de alguns grupos da macrofauna. Por outro lado, a grande disponibilidade do material vegetal, proveniente dessa cultura, pode favorecer o aumento de alguns grupos, que são mais eficientes, como os térmitas.

É comum, especialmente na região Centro-Oeste, se observar pastagens densamente ocupadas com ninhos epígeos de térmitas. Embora não haja consenso em relação aos danos causados por esses insetos, para muitos, a presença de ninhos epígeos nas pastagens tem sido considerada como sinal de degradação, deprecia a pastagem e, em elevada densidade, podem reduzir a área útil. O entendimento sobre a possível relação entre as condições da pastagem e a ocupação em massa da comunidade de térmitas, bem como o papel desses indivíduos no sistema são importantes, pois até o presente momento são escassas informações científicas com essa abordagem na região. Considerando a complexidade dessa questão, a utilização de técnicas isotópicas e a análise de distribuição espacial podem contribuir de forma

significativa, elucidando ou indicando novas perspectivas para esse tipo de estudo.

Nesse sentido, a hipótese deste trabalho é que a diversidade da macrofauna diminui ao longo de um gradiente de degradação, mas grupos oportunistas que possuem estratégias mais eficientes para utilizar os recursos alimentares que os outros, como os cupins que constroem ninhos epígeos, começam a permanecer de forma efetiva na pastagem, aumentando rapidamente suas populações. Caso essa hipótese seja confirmada, os térmitas, nesse caso específico, mudarão sua diversidade e sua densidade em consequência da degradação da pastagem, podendo, inclusive, serem utilizados como indicadores do estado de declínio deste ambiente.

Em virtude da escassez de informações sobre a relação da comunidade de térmitas que constroem ninhos epígeos em áreas de pastagens e a importância de tais informações para posteriores pesquisas, motivaram este trabalho, cujo objetivo geral foi avaliar a diversidade e as comunidades de térmitas durante o declínio da produtividade, vigor e qualidade da pastagem no Cerrado brasileiro.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

Testar parâmetros físicos, químicos e biológicos como indicadores de degradação em áreas de pastagem com presença e ausência de ninhos epígeos;

Investigar a possível relação entre a quantidade de ninhos epígeos e os indicadores de degradação;

Avaliar a diversidade da comunidade de térmitas e a ocorrência de ninhos epígeos;

Analisar a fonte alimentar das espécies de térmitas coletados por meio da análise de isotópica de $\delta^{13}\text{C}$.

Para apresentar os resultados, a tese foi dividida em Capítulos, que são precedidos por uma revisão de literatura, com uma abordagem geral do assunto.

Capítulo I – Apresenta a identificação das espécies coletadas, preferência alimentar e avaliação dos ninhos em relação à área que ocupam e sua distribuição espacial.

Capítulo II - Aborda a utilização de indicadores de degradação numa cronosequência de pastagem, com diferentes densidades de ninhos de térmitas.

Capítulo III – Com base nos resultados anteriores, realizou-se um levantamento em várias áreas de pasto a fim de verificar se há relação entre a densidade de ninhos de térmitas e a quantidade de liteira existente ou algum dos atributos químicos do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagens no Cerrado: Degradação e Manejo

A área de pastagem no Brasil passou de 154,1 para 177,7 milhões de hectares nos últimos 35 anos, em decorrência do aumento expressivo das áreas de pastagens cultivadas (Silva e Nascimento Jr, 2006). Até a década de 1970, as pastagens nativas e “naturalizadas” respondiam pela maior proporção da área total de pastagens no País (Martha Jr. e Vilela 2002). O crescimento das áreas de pasto cultivado resultou no decréscimo das áreas de pastagens nativas, passando a representar aproximadamente 45% do total (99.650 milhões até 1995). Ou seja, em 30 anos houve um crescimento de 300% na área de pastagens cultivadas (Zimmer e Barbosa, 2005; Silva e Nascimento Jr., 2006).

De acordo com Kluthcouski et al. (2004), a exploração intensiva de culturas anuais e de pastagens no Cerrado é favorecida pela abundância de luminosidade, menor variação da temperatura durante o ano, nível de pluviosidade por seis a sete meses no ano, pela predominância de topografia, assim como, pela disponibilidade de mananciais hídricos e aporte tecnológico.

A abertura do Cerrado como fronteira agrícola coincidiu com a retirada de matas nativas para introdução em vasta escala de gramíneas de origem africana, principalmente *Brachiaria* spp. (Macedo, 1995). Com isso, a monocultura de *Brachiaria* spp. foi estabelecida no Brasil a partir dos anos 70, atingindo uma área entre 26 e 28 milhões de hectares, dos estimados 50 milhões de ha de pastagens cultivadas da região dos cerrados (Macedo, 2004; Sano et al., 2002). Essa espécie se destaca pela adaptabilidade a solos com baixa fertilidade e grande produção anual de biomassa, resultando em excelente cobertura vegetal do solo (Timossi et al., 2007).

Considerando-se que a região dos cerrados no Brasil tem inserções nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, pode-se inferir que a participação relativa da região em termos de pastagens cultivadas ultrapassa os 100 milhões de ha e a participação percentual das pastagens cultivadas mencionadas, mais de 50%. Trata-se de uma área extremamente extensa, igualando-se ou até superando as áreas de alguns países da Europa, como França, Alemanha e Espanha (Macedo, 2004; Klink e Machado, 2005).

Sem a aplicação de fertilizantes, a fertilidade do solo das pastagens declina com a sua utilização e idade (Macedo, 1995; Costa e Rehman, 1999). Como forma de atenuar esse quadro, a *Brachiaria* spp. aumenta seu sistema radicular na tentativa de obter mais nutrientes do solo. Com isso, em determinado momento, o seu sistema fotossintético não consegue manter essa massa radicular e todo o sistema colapsa, levando à morte relativamente rápida das raízes (Braz et al., 2004). Estima-se que, dos 40 milhões de hectares de pastagens cultivadas, cerca de 80% encontram-se em algum estágio de degradação (Kluthcouski et al., 2004), ou seja, suportam baixas taxas de utilização, pouca cobertura vegetal, redução do número de plantas novas (provenientes da ressemeadura natural), tornam-se invadidas por espécies de plantas daninhas, aparecem áreas de solo nu, e muitas vezes, densamente ocupadas por ninhos de térmitas (cupins) (Macedo, 1995; Rezende et al., 1999; Nascimento Jr. e Carvalho, 2001; Braz et al., 2004; Aquino et al., 2008).

As causas para o declínio das pastagens têm sido objeto de várias investigações. De acordo com Dias-Filho (2004), a degradação da pastagem pode ser caracterizada pela drástica diminuição da biomassa vegetal da área, provocada pela degradação do solo, que, principalmente devido à falta de fertilização (Bernoux et al., 1999; Macedo, 1995; Neill et al.,

1997) e esgotamento do nitrogênio do sistema (Boddey et al., 2000), degradação das propriedades físicas do solo (erosão e compactação), devido às altas taxas de lotação (Cantarutti et al., 2002), ou biológica (redução do conteúdo de matéria orgânica) (Dias-Filho, 2004). O problema da degradação das pastagens está diretamente relacionado ao seu manejo realizado de forma errônea, especialmente no que se refere ao ajuste na capacidade de suporte e a reposição de nutrientes no solo (Zanine et al., 2005; Macedo, 2009). De acordo com Zimmer e Barbosa (2005) os fatores que contribuem para degradação podem manifestar-se de forma independente ou conjunta.

Em seus estádios mais avançados, a degradação das pastagens caracteriza-se pelo declínio na produtividade de forragem, com reflexos na produção animal, em virtude de alterações na dinâmica da comunidade vegetal, onde as espécies desejáveis (plantas forrageiras) cedem lugar a outras, de menor ou quase nenhum valor forrageiro (Costa et al., 2006). Por outro lado, os sinais da degradação de pastagens, muitas vezes, não são identificados, sendo difícil observar sua primeira causa. A queda na produção de forragem é a principal causa da redução na produtividade (kg de produto animal/área). Alguns outros fatores são pouco perceptíveis, como a redução da fauna do solo, início da degradação e aumento da compactação do solo (Rodrigues et al., 2000).

De acordo com Nascimento Jr. (2001), para manejar pastagens cultivadas é preciso encontrar a melhor combinação de fatores principais: crescimento da planta, utilização e desempenho animal, para alcançar máxima eficiência, e a reciclagem de nutrientes, com especial atenção ao nitrogênio, uma vez corrigida a deficiência dos outros elementos essenciais. O melhor manejo para maximizar a produção animal por área é aquele que otimiza o processo de captura da energia solar, a eficiência da colheita e a eficiência da conversão dentro do sistema.

Em um ecossistema de pastagem, a reciclagem de minerais no solo assume uma importância crucial. Assim, é importante considerar a interação solo-planta-animal no contexto da ecologia do pastejo (Nascimento Jr., 2001). Além disso, a definição dos limites para a estabilidade produtiva das pastagens deve ser estabelecida em função das condições ecológicas regionais (Costa et al., 2006). A adoção de medidas como o preparo correto do solo, a escolha da espécie forrageira adequada para o local, o uso de sementes selecionadas e na quantidade certa, o manejo correto das pastagens, observando a pressão de pastejo e um período de descanso adequado e da mesma forma as adubações de manutenção, seriam suficientes para impedir o processo de degradação (Peron e Evangelista, 2004).

De acordo com Dias-Filho (2007), a falta de métodos uniformes para caracterização de indicadores de degradação, pode resultar no fato de que uma pastagem que fosse considerada degradada em um determinado local poderia ser considerada ainda produtiva em outro local. Isso ocorre porque a quantificação da degradação da pastagem é relativa à produtividade que se considera ideal para aquela pastagem e região em particular. No entanto, Carvalho (2007) acredita que a degradação do solo, o declínio da produtividade e a capacidade reguladora do meio ambiente de suportar o manejo inadequado podem ser quantificados através das mudanças provocadas nas propriedades do solo ou nos processos relacionados a essas propriedades.

No estudo de Oliveira et al. (2004), avaliaram numa área de cronosequência, um conjunto de indicadores composto por atributos do solo (fertilidade, conteúdo de C e N total do solo, biomassa microbiana, nitrogênio potencialmente mineralizável e fração leve da matéria orgânica) e atributos relacionados à planta (taxa de rebrota e quantidade de liteira existente e depositada). No entanto, esses autores observaram que o grau de degradação das pastagens de *Brachiaria* ssp. não se relacionava com nenhum atributo de fertilidade de solo, conteúdo de C ou de N total do solo ou da planta, mas, correlacionava-se, todavia, com a biomassa microbiana, com a fração leve da matéria orgânica do solo, taxa de rebrota e taxa de

deposição da liteira. Esses resultados levam ao questionamento do funcionamento do solo e do papel dos organismos que vivem nele, na reabilitação e degradação desse solo.

Nesse contexto, uma questão que deve ser compreendida é a grande dificuldade em distinguir “compartimentos e fluxos”. Uma pastagem pode ter muito material em oferta, caso não tenha sido pastejada há algum tempo. Entretanto, é degradada devido a PPA (produção de massa/unidade de tempo) baixa. Nesse caso, ocorreu um crescimento lento por falta de nutrientes, os sumidouros fixos (N, P, pH, Ca, K, Mg, entre outros) que medem compartimentos não fluxos.

2.2 Uso do Isótopo ^{13}C em Pastagens

Nos estudos da dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), a utilização da abundância natural de ^{13}C é aplicada para avaliar o padrão fotossintético da vegetação original. Considerando que houve modificação, pressupõe-se que a matéria orgânica do solo irá refletir o material vegetal do qual foi originada (Urquiaga et al., 2008).

A aplicação da técnica de abundância natural de ^{13}C nos estudos da MOS utiliza a diferença na relação dos isótopos de C que existe nos diferentes grupos de plantas. As maiores diferenças na composição isotópica de C nos tecidos vegetais são observadas entre espécies que têm ciclo de carboxilação C_3 e ciclo C_4 . As plantas do ciclo C_3 (ou Calvin) fixam o CO_2 atmosférico por meio da enzima RUBISCO (Ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase), enquanto as C_4 contam com o processo enzimático adicional de fixação de CO_2 da enzima PEP carboxilase (fosfoenolpiruvato carboxilase). A PEP carboxilase apresenta alta afinidade (baixo K_m) pelo CO_2 (Magalhães, 1985, citado por Urquiaga et al., 2008), enquanto no RUBISCO esta afinidade pelo CO_2 é menor. Portanto, as plantas C_3 acumulam menos ^{13}C , o isótopo pesado de carbono, em relação ao isótopo leve ^{12}C , do que as plantas C_4 (Urquiaga et al., 2008).

Em virtude da maior discriminação do ^{13}C pelas plantas de ciclo C_3 , essas plantas apresentam uma variação na abundância isotópica de ^{13}C de -20 a -34 deltas (em média, -27 deltas). Enquanto as plantas C_4 , em sua maioria monocotiledôneas, discriminam menos o ^{13}C e apresentam valores que variam de -9 a -17 deltas (em média -13 deltas). Devido à diferença média de 14 deltas de ^{13}C entre espécies C_3 e C_4 , pode-se dizer que os ciclos fotossintéticos das plantas podem ser identificados com base na análise da variação da abundância isotópica de ^{13}C (Urquiaga et al., 2006).

No estudo realizado por Bernoux et al. (1999), sob uma cronossequência de floresta tropical, foi observado que à medida que as pastagens tornam-se mais antigas o ^{13}C do solo aumentou progressivamente. Este enriquecimento é devido à entrada de material vegetal rico em carbono -13 proveniente da pastagem. Esta variação foi muito mais pronunciada na camada superficial. De acordo com esses autores, o desmatamento e o tempo de uso do solo ocasionarão uma progressiva diminuição do carbono proveniente da floresta. A ausência da adição da matéria orgânica de plantas de ciclo fotossintético C_3 resultará no aumento do carbono introduzido pela pastagem. Já a proporção relativa do carbono nas pastagens diminuiu com a profundidade. Comparações entre as pastagens indicaram que as mais antigas são as que apresentam maior proporção de carbono (Bernoux et al., 1999).

Ao avaliarem o impacto do desmatamento e implantação de pastagens nos estoques de carbono e nitrogênio e na dinâmica da matéria orgânica do solo, em duas cronossequências com florestas e pastagens de 8 e 20 anos em Rondônia, Morais et al. (2002) verificaram uma tendência de aumento do carbono do solo derivado da pastagem, acompanhado de um declínio do carbono do solo derivado da floresta. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do solo na camada de 0-10 cm variaram de -27 a -28 deltas na floresta para aproximadamente -20 deltas na pastagem com vinte anos de implantação, confirmando com isso a entrada de uma grande quantidade de

carbono no solo derivado de plantas C₄. Em ambos os trabalhos acima citados, em todas as áreas de cronossequências, as amostras foram coletadas em uma trincheira de 150 cm de profundidade. De acordo com a literatura, essas coletas são feitas na profundidade de 100 a 150 cm, critério importante, pois, possibilita a melhor caracterização do C nos perfis do solo.

No estudo de Neil et al. (1997), foram avaliadas alterações de densidade do solo e estoques de C e N em sete cronossequências, cada uma composta por uma floresta intacta e pastagens de diferentes idades criadas diretamente da floresta desmatada e observaram que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ geralmente aumentam (ficam menos negativos) com a idade da pastagem. Tais aumentos foram maiores nas camadas superficiais, consistentes sob vegetação de pastagem C₄, com maior tempo e com maiores taxas de adição de matéria orgânica em profundidades. Por outro lado, também observaram em outra sequência de pastagem de 7 e 12 anos, valores de $\delta^{13}\text{C}$ semelhantes, que não mostram um aumento constante com a idade da pastagem. Para esses autores, a ausência de uma correlação entre C e acúmulo de N e textura do solo sugere que a história local e do manejo podem ser mais importantes que o próprio tipo de solo, como determinantes da direção e da magnitude das mudanças de estoques de C e N do solo.

2.3 Macrofauna Invertebrada do Solo

A macrofauna invertebrada do solo inclui os organismos maiores que 10 mm de comprimento (Lavelle et al., 1997) e/ou com diâmetro corporal maior que 2 mm (Swift et al., 1979) atuantes no conjunto serapilheira-solo, em pelo menos um estágio do seu ciclo biológico completo. A macrofauna, além de muito afetada pelas práticas agrícolas (Jones et al., 2003; Decaëns et al., 2004; Eggleton et al., 2005; Santos et al., 2005), apresenta relação com as características físicas e químicas e com as da matéria orgânica, podendo ser utilizada como indicadora da qualidade do solo. Assim, possibilita uma avaliação rápida, fácil e econômica, o que a torna uma poderosa ferramenta na avaliação e monitoramento da qualidade do solo.

A macrofauna desempenha um papel-chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo e afeta a produção primária, de maneira direta e indireta. Altera, por exemplo, as populações e atividades de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação. Em consequência, exerce influência sobre o ciclo da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (Decaëns et al., 2003). A macrofauna pode ser também, vetora de microrganismos simbióticos das plantas, como fixadores de nitrogênio e fungos micorrízicos, além de ser capaz de digerir, de maneira seletiva, microrganismos patogênicos (Brown, 1995). Alguns organismos da macrofauna, principalmente térmitas, formigas e minhocas são denominados “engenheiros do ecossistema”. Suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem e disponibilizam recursos para outros organismos (Wolters, 2000). Por meio de suas ações mecânicas no solo, a macrofauna contribui na formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica contra uma mineralização rápida, constituindo também, uma reserva de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (Decaëns et al., 2003; Lavelle e Spain, 2001).

Essa biota associada à matéria orgânica irá afetar indiretamente a produção primária, em decorrência do seu papel na ciclagem de nutrientes, na disponibilidade de água e na estruturação do solo. Muitos autores colocam a estrutura e a função da teia alimentar dos decompositores como indicadores primários da qualidade do ecossistema (Coleman et al., 2002). A hipótese é que, quanto mais longa e mais complexa essa teia, mais estável é o ecossistema. Entende-se que a preservação do ecossistema e integridade dessa teia possa ter

impacto positivo na conservação da biodiversidade e igualmente na perspectiva do manejo de pragas (Lachat et al., 2006).

A macrofauna edáfica é sensível às mudanças de uso da terra e isto tem implicações no funcionamento do solo (Decaëns et al., 2004). O impacto da conversão de ecossistemas nativos em pastos extensivos ou intensivos leva à redução de recursos e refúgios. Alguns grupos da macrofauna podem ocupar os nichos disponibilizados, estabelecer-se eficientemente e dominar a comunidade. Dentre esses, destacam-se os insetos sociais, especialmente as formigas (Formicidae) e cupins (Isoptera) nas pastagens do Cerrado (Benito et al., 2004; Silva et al., 2006b). Os insetos sociais ocorrem nas áreas de mata e com o desmatamento mantêm uma população mais especializada (Constantino e Acioli, 2008). Aquino et al. (2008) consideraram a dominância dos cupinzeiros como a maior evidência da degradação de uma pastagem. De acordo com esses autores, a intensa ocupação dos térmitas nesses ambientes, parece estar relacionada à eficiente utilização da energia e nutrientes provenientes da pastagem, por meio da simbiose que realizam com bactérias, fixadores de nitrogênio, e com protozoários, que degradam a celulose.

A riqueza da macrofauna no Cerrado, entendida como o número de unidades taxonômicas (Classe, Ordem ou Família), varia de 15 a 23. Os menores valores são encontrados em Minas Gerais e Brasília (Pasini et al., 2004; Benito et al., 2004) e os maiores, em Mato Grosso do Sul (Silva, 2006b), destacando-se os cupins (Isoptera) no Cerrado (Pasini et al., 2004; Benito et al., 2004).

2.4 Térmitas: Aspectos Gerais

Os térmitas ou cupins são insetos sociais pertencentes à ordem Isoptera, constituindo-se como importante componente da fauna de regiões tropicais, pelo papel essencial que exercem nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (Constantino e Schlemmermeyer, 2000). Isoptera é uma ordem de tamanho médio entre os insetos, reunindo cerca de 2860 espécies conhecidas no mundo, distribuídas principalmente em regiões tropicais e subtropicais, com algumas espécies em lugares de clima temperado e outras em regiões desérticas. A fauna de Isoptera da região Neotropical, com mais de 522 espécies descritas, é a terceira no mundo em número de espécies, superada apenas pela fauna da região Etiópica (Constantino, 1999).

Existem sete famílias de Isoptera: *Mastotermitidae*, *Kalotermitidae*, *Termopsidae*, *Hodotermitidae*, *Serritermitidae*, *Rhinotermitidae* e *Termitidae* (Grassé, 1986). O Brasil, com sua vasta extensão territorial e grande diversidade ecológica tem uma das termitofaunas mais diversas do mundo. Com registro de cerca de 290 espécies distribuídas entre as famílias *Kalotermitidae*, cupins de madeira seca, que vivem no seu interior, sem qualquer contato com o solo, e sem constituir ninhos; *Rhinotermitidae*, cupins xilófagos, que geralmente vivem em contato com o solo, são bastante abundantes e comuns, embora em poucas espécies; *Serritermitidae*, com duas espécies conhecidas, *Serritermes serrifer* e *Glossotermes oculatus*, e *Termitidae* que é a maior família, com cerca de 70% das espécies no mundo e em torno de 90% na região do Cerrado. Possuem hábitos alimentares variados, incluindo madeira em diversos estádios de degradação, húmus, folhas e até líquens. Muitas espécies constroem ninhos grandes e complexos, os quais podem abrigar uma rica fauna associada como outros cupins, vários artrópodes e mesmo alguns vertebrados (Constantino, 1999).

Nos ecossistemas tropicais, sejam em áreas de vegetação aberta, como os Cerrados (sensu stricto), seja em florestas tropicais úmidas, os cupins têm importante papel, apesar de ainda ter sido pouco estudado (Cancellato e Schlemmermeyer, 1999). São particularmente evidentes e abundantes no Cerrado, onde alguns tipos de cupinzeiros podem alcançar elevados níveis de densidade (Lima-Ribeiro et al., 2006). A distribuição e a abundância dos organismos

estão relacionadas com a disponibilidade local de recursos para alimentação e nidificação, bem como são dependentes das relações intra e interespecíficas existentes e do nível de distúrbios ambientais (Florencio e Diehl, 2006).

Alguns efeitos dos térmitas no ambiente são bem conhecidos, tais como mudanças nas propriedades do solo, efeitos no processo de decomposição, ciclagem de nutrientes entre outros (Lee e Wood, 1971). Neste sentido, os térmitas apresentam um papel ecológico fundamental nos ecossistemas onde são encontrados. São eles os responsáveis por boa parte da ciclagem de nutrientes, através da decomposição da matéria orgânica, e modificam a estrutura do solo por meio da mobilização de componentes texturais mais finos, além de abrigarem em seus ninhos diversas outras espécies de térmitas e, inclusive, outros grupos faunísticos (Krishna e Weesner, 1969).

De acordo com Constantino e Schlemmermeyer (2000), os térmitas podem ser bons indicadores por várias razões: são quase sésseis, isto é, vivem em ninhos ou em madeira e são incapazes de se movimentar dentro de seu habitat ou de um habitat para outro; apresentam boa fidelidade em relação ao habitat, onde cada espécie tende a ser encontrada sempre no mesmo tipo de habitat; muitas espécies são sensíveis à degradação do habitat, particularmente aquelas que dependem de ambientes úmidos.

2.5 Diversidade de Térmitas no Cerrado

O Brasil tem uma das mais diversas faunas de cupins, sendo particularmente evidentes e abundantes no Cerrado, formando um componente dominante e conspícuo da fauna desse bioma, onde alguns tipos de cupinzeiros podem alcançar elevados níveis de densidade (Constantino e Aciole, 2008; Constantino, 2005; Lima-Ribeiro et al., 2006). De modo geral, poucas espécies vivem bem tanto em floresta como em áreas abertas, existindo uma fauna típica de savanas e outra típica de matas. As principais diferenças da termitofauna de cerrado em relação à de florestas são: a) menor proporção de xilófagos; b) maior proporção de comedores de folhas da serapilheira (Constantino, 2005).

Não existe nenhuma estimativa da biomassa de cupins no Cerrado. As dificuldades práticas são muito grandes, já que muitos deles vivem dentro de madeira dura ou em túneis difusos no solo. A distribuição dos ninhos de várias espécies também é claramente agregada, com altas densidades em algumas áreas e baixa densidade ou ausência, em outras. De qualquer modo, é evidente que os cupins estão entre os animais mais abundantes no Cerrado e, provavelmente, possuem biomassa maior do que todos os vertebrados somados (Constantino, 2005).

Uma das espécies mais comuns em áreas de pastagens no Cerrado é *Cornitermes cumulans*, que possui ninhos epígeos de estrutura externa dura e material cartonado em seu interior (Redford, 1984). Esse autor considera *Cornitermes cumulans* uma espécie importante na região do Cerrado, pois seus ninhos podem abrigar uma série de outras espécies de cupins, o que os tornaria uma “espécie chave” no ecossistema, e apresentam um teor de nutrientes superior ao solo adjacente. No entanto, ainda há muita controvérsia, em relação aos danos diretos às pastagens, onde as altas infestações de cupinzeiros estão sempre relacionadas com a ideia de abandono e/ou de manejo inadequado das pastagens (Valério, 2006). Existe ainda, uma possibilidade teórica, de que os cupins venham a afetar o desenvolvimento da pastagem, diminuindo seu potencial produtivo (Fadini et al., 2001). Além disso, os danos indiretos como a possível redução da área útil das pastagens e o fato de cupinzeiros abrigarem animais peçonhentos, dificultarem a movimentação de máquinas e até mesmo de depreciarem a propriedade.

No levantamento realizado por Czapak et al. (2003), foram avaliadas espécies de cupins de montículo que habitam as pastagens naturais e artificiais do estado de Goiás, para

conhecer a distribuição das espécies, bem como as áreas de maior ocorrência, visando estabelecer estratégias de controle para cada região do Estado. Esses autores concluíram que, nas pastagens do estado de Goiás são encontrados, em média, 73 cupinzeiros por hectare, os quais ocupam 0,4% da área útil, portanto pouco significativa. Além disso, sugerem que essas pastagens são habitadas por espécies de vários gêneros, principalmente da subfamília Nasutitermitinae, sendo *Cornitermes snyderi* a espécie predominante. Brandão e De Souza (1998) realizaram um estudo em uma área de pastagem também em Goiás, e verificaram que a substituição da cobertura vegetal original por pastagem, com simplificação do ambiente através da implantação de monocultura, levou à diminuição da diversidade de térmitas, facilitando a instalação de espécies que se alimentam de gramíneas e liteira, o que, provavelmente, acarretou modificações na ciclagem de nutrientes intermediada por esse grupo da fauna. No entanto, ainda existem muitas incertezas em relação à infestação de térmitas nessas áreas, talvez por não se conhecer o suficiente a respeito de seus hábitos alimentares.

2.6 Modificações em Atributos do Solo pela Atividade dos Térmitas

Com exceção de algumas espécies de nidificação arbórea, a maioria dos térmitas passam suas vidas construindo túneis, ninhos em forma de montículos, forrageando e alimentando-se no solo. A íntima associação deles com o solo, aliada à alta densidade da população, resulta em uma influência significativa nas propriedades e processos do solo (Holt e Lepege, 2000), constituindo-se como importante componente da fauna de regiões tropicais, por exercer papel essencial nos processos de decomposição, ciclagem de nutrientes e mudanças nas propriedades do solo (Constantino e Schlemmermeyer, 2000; Lee e Wood, 1971), podendo ainda, modificar profundamente as paisagens (Rocha e Canello, 2007). Suas atividades no solo promovem alterações na estrutura dos ecossistemas, que podem influenciar a disponibilidade de recursos para outros organismos de categorias tróficas diferentes; em virtude disso, são considerados como “engenheiros” de ecossistemas (Lavelle et al., 1997).

Outras propriedades dos solos também são alteradas pela atividade dos térmitas, que podem ter um papel semelhante ao das minhocas na aeração do solo (Canello e Schlemmermeyer, 1999). Geralmente, a atividade dos térmitas produz um efeito local de elevar a qualidade do solo utilizado nas construções de túneis, galerias e montículos, no entanto, não se sabe quanto tempo essas mudanças persistem (Donovan et al., 2001).

As atividades de forrageamento ocorrem no horizonte superficial (0-15 cm) (Brauman, 2000). Essa atividade promove a criação de uma rede de galerias subterrâneas que estão ligadas à superfície do solo por canais, através dos quais a água pode penetrar (Léonard e Rajot, 2001). Além disso, também são responsáveis por mediar uma série de outros processos no solo, contribuem para o desenvolvimento físico, pelo rearranjo de partículas do solo, alterando a distribuição do tamanho dos poros e, como resultado, os padrões de infiltração da água e nutrientes, emissões gasosas e de C e N (Beare et al., 1997).

As propriedades químicas dos solos, em grande parte, são determinadas pela natureza de seus materiais de origem, porém, com a influência adicional do clima, cobertura vegetal e a atividade dos organismos no solo, especialmente para solos mais antigos. Térmitas usam secreção salivar rica em nutrientes e material fecal como agentes cimentantes durante a construção dos ninhos (Holt e Lepege, 2000). É possível que as partículas do solo, como os argilominerais, sejam alteradas quando transportadas na boca ou ao passar pelo intestino.

Mesmo térmitas que não ingerem solo, trabalham utilizando as mandíbulas, misturando partículas do solo com saliva para construir as paredes externas do montículo (Sarcinelli et al., 2009). Em algumas regiões onde a atividade dos térmitas é alta, eles são capazes de modificar significativamente as propriedades químicas do solo (Holt e Lepege, 2000), podendo trazer até $7,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou $13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de solo das camadas mais

profundas para a superfície durante a atividade de construção do seu montículo (Sarcinelli et al., 2009).

Materiais de granulometria mais fina (argila) e cátions trocáveis são translocados das camadas subsuperficiais para a superfície durante a construção de galerias e montículos, meio pelo qual enriquece a superfície do solo com nutrientes úteis para a planta (Holt e Lepege, 2000). Sarcinelli et al. (2009) observaram maiores valores de C e N nos ninhos de térmitas em comparação com solos adjacentes e atribuíram esse padrão a de ingestão de solo e matéria orgânica e a produção fecal, onde o material orgânico é fisicamente e quimicamente protegido, formando agregados estáveis. Esses resultados foram significativamente maiores em todos os segmentos estudados de uma encosta, exceto no topo do morro, devido à cobertura florestal. A aceleração da decomposição da matéria orgânica devido à ação dos térmitas pode aumentar a estabilidade, porosidade e areação do solo, que pode aumentar a retenção da água, bem como a distribuição de matéria orgânica e nutrientes minerais (Sarcinelli et al., 2009; Beare et al., 1997). A concentração de matéria orgânica presente nos ninhos dos térmitas está diretamente relacionada aos seus hábitos alimentares e concentrações de 2 a 5 vezes mais altas que o solo adjacente, bem como um aumento significativo das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P) (Black e Okwakol 1997; Rückamp et al., 2010).

2.7 Análise do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em Invertebrados do Solo

Técnicas de isótopos estáveis têm sido usadas com sucesso para estudar a estrutura trófica das comunidades de invertebrados do solo. Vários estudos têm empregado técnicas de análises isotópicas, onde o $\delta^{13}\text{C}$ é utilizado para a identificar a dieta do consumidor por meio da fonte vegetal de carbono (Spain e Reddell, 1996; Abd El-Wakeil, 2009), enquanto os índices de $\delta^{15}\text{N}$ foram utilizados como indicadores de posição trófica de invertebrados do solo (Tayasu et al., 1997; Schmidt et al., 2004; Hyodo et al., 2008).

No estudo de Spain e Reddell (1996), foram observados resultados das análises isotópicas dos tecidos dos térmitas e dos materiais construídos por estas espécies. Percebeu-se que os térmitas que se alimentam de gramíneas adicionam carbono C_4 às suas construções e elevam os valores de $\delta^{13}\text{C}$ acima (menos negativo) dos encontrados nos solos adjacentes, comprovando que as estratégias de forrageio determinam os valores de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos e influenciam fortemente os valores de $\delta^{13}\text{C}$ de suas construções.

No estudo realizado por Tayasu et al. (1997), foi determinada a variação isotópica em várias espécies de térmitas. Os resultados formaram um gradiente de concentração isotópica de ^{15}N nos térmitas chamados humívoros (que se alimentam de matéria orgânica) até os térmitas xilófagos (que se alimentam exclusivamente de madeira). Para esses autores, esse gradiente varia de acordo com o estado de humificação do material digerido. Ocorre um claro enriquecimento isotópico de N nos térmitas humívoros, confirmando a importância que este grupo apresenta na ciclagem de nutrientes do solo e um empobrecimento contínuo em direção ao grupo que forrageia em madeira, com resultados intermediários para os grupos tróficos que se alimentam de liteira e gramíneas. Tayasu et al. (2002) encontraram resultados que indicaram modificações da concentração isotópica na mesma espécie de térmita, fato que foi relacionado a dietas diferenciadas baseadas em plantas C_3 e C_4 , de acordo com o local que a espécie de térmita foi coletada.

Recentemente, Bourguignon et al. (2011) realizaram o primeiro estudo na região Neotropical utilizando a técnica isotópica. Estudaram térmitas em duas florestas da Guiana Francesa, e por meio de análise isotópica de $\delta^{15}\text{N}$, ressaltaram a importância dessa técnica para o fornecimento de informações mais seguras em relação ao grupo alimentar ao qual pertencem. No Brasil, a utilização dessa técnica tem sido empregada para verificar mudanças do estoque de carbono no solo após a substituição da vegetação natural por monocultivos. Até

o presente momento, apenas um estudo empregou a técnica isotópica em invertebrados, Florêncio et al. (2010). No entanto, o objetivo do estudo foi estabelecer uma técnica para preservar os térmitas até o momento das análises isotópicas. A utilização de técnicas isotópicas no Brasil pode representar um grande avanço nas pesquisas com invertebrados do solo, possibilitando verificar as fontes e os hábitos alimentares das espécies que ocorrem na região.

3 CAPÍTULO I
INCIDÊNCIA DE NINHOS EPÍGEOS EM PASTAGENS E HÁBITOS
ALIMENTARES DOS TÉRMITAS

RESUMO

Os térmitas ou cupins são insetos sociais pertencentes à ordem Isoptera, que possuem um hábito alimentar variado e têm relevante papel no solo. Contribuem nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. São evidentes e abundantes em áreas de Cerrado natural e pastagem, fato que tem sido atribuído à facilidade de proliferação pela vasta disponibilidade de recursos alimentares e a possível relação com o estado de degradação das pastagens. A presença de ninhos em elevadas quantidades tem despertado questionamentos em relação a possíveis prejuízos ao produtor. O objetivo do estudo, apresentado nesse capítulo, foi realizar um levantamento em áreas de pastagens a fim de conhecer as espécies existentes nos ninhos, seus hábitos e fontes alimentares, a área ocupada e a distribuição espacial dos ninhos. Foram realizadas avaliações em 17 áreas de pasto nos municípios de Rio Brillante e Anaurilândia, Estado de Mato Grosso do Sul. Os ninhos foram avaliados quanto ao número, vitalidade, altura e circunferência, para o cálculo da área ocupada e distribuição espacial. Alguns ninhos foram destruídos para amostragens dos térmitas para identificação das espécies e análise isotópica. A espécie mais abundantemente amostrada foi *Cornitermes cumulans*, que consome liteira e construiu a grande maioria dos ninhos. Nas fazendas do Município de Anaurilândia observou-se maior quantidade de espécies co-habitando nos ninhos, com até cinco espécies. A análise de $\delta^{13}\text{C}$ indicou valor correspondente a gramínea braquiária (entre -8 e -12‰) como fonte alimentar das espécies coletadas. Já o $\delta^{15}\text{N}$ evidenciou os hábitos alimentares com diferenças de concentração isotópica entre os grupos tróficos, humívoro (entre 13 e 15‰), intermediários (11‰) e os comedores de liteira (entre 2 e 5‰). A área dos ninhos variou entre 0,26 a 1% da área das pastagens não representando prejuízo direto ao produtor, a distribuição dos ninhos nas pastagens se deu de forma aleatória. As análises isotópicas podem funcionar como importantes ferramentas no estudo dos térmitas.

Palavras-chave: Isoptera. Análises isotópicas. Distribuição espacial.

ABSTRACT

Termites are social insects belonging to the order Isoptera that can be observed in high densities in open areas. They have a varied eating habits and play an important role in soil genesis and structure and contribute in the processes of organic matter decomposition and nutrient cycling. These insects are obvious and abundant in natural areas of Cerrado and in pastures, a fact that has been attributed to the vast proliferation of easy availability of food resources and the possible relationship with the state of degradation of pastures. The presence of nests in large quantities has raised questions about possible prejudice to the farmer. The purpose of this chapter was to survey areas of pasture to ascertain the species present in the nests, their habits and food sources, the area occupied and the spatial distribution of nests. Evaluations were made on 17 grazing areas in the municipalities of Rio Brillhante and Anaurilândia, both in the state of Mato Grosso do Sul. Nests were evaluated regarding the number, vitality, height and girth, to calculate the occupied area, and spatial distribution. Some nests were destroyed for sampling of termites for the identification of species and for analysis of their ^{13}C and ^{15}N natural isotopic abundance. The most abundant species sampled was *Cornitermes cumulans* which is a plant-litter consumer and built the great majority of nests. On farms in the municipality of Anaurilândia higher number of species co-inhabiting the nests were observed with up to five species found in the same nest. The $\delta^{13}\text{C}$ analysis of the insects closely corresponded to that of the grass *Brachiaria* (between -8 and -12 ‰) and thus it was concluded that this was the main food source of the species collected. The $\delta^{15}\text{N}$ values showed differences in isotopic abundance which were related to the different trophic groups, soil-feeders (between 13 and 15‰), interface-feeders (11‰) and litter-feeders (between 2 and 5‰). The area occupied by the nests ranged from 0.26 to 1% of the area of pastures and does not represent a significant loss to the producer, the distribution of nests in pastures occurred randomly. It was concluded that the isotopic analyses can serve as important tools in the study of termites.

Key words: Isoptera. Isotopic analysis. Spatial distribution.

3.1 INTRODUÇÃO

Entre os invertebrados do solo, os térmitas (cupins) constituem um dos grupos mais importantes devido ao papel que desempenham no solo. Um grande número de animais e plantas depende da atividade dos térmitas para sobreviver, seja por deles se alimentarem, utilizarem os ninhos como abrigo ou se aproveitarem da matéria orgânica que esses acumulam (Constantino e Schlemmermeyer, 2000). No Brasil são particularmente evidentes e abundantes no Cerrado, onde alguns tipos de ninhos podem apresentar alta densidade (Lima-Ribeiro et al. 2006). A distribuição e a abundância desses organismos estão relacionadas com características ambientais, como altitude, temperatura, pluviosidade, com a disponibilidade local de recursos para alimentação e nidificação. Além disso, são dependentes das relações intra e interespecíficas existentes e do nível de distúrbios ambientais (Eggleton, 2002; Florencio e Diehl, 2006).

Quanto aos hábitos alimentares, Eggleton et al. (1995) classificam os térmitas em húmívoros ou geófagos - ingerem grande quantidade de solo, digerindo e absorvendo a matéria orgânica semi-decomposta; xilófagos - alimentam-se de madeira; ceifadores ou comedores de liteira - cortam folhas ou alimentam-se de pequenos fragmentos de madeira e/ou outros materiais da liteira; intermediários - conhecidos como “soil/wood interface-feeders”, que alimentam-se do terra e matéria orgânica encontrados na interface solo/madeira. São coletados no solo sob troncos caídos ou fixados a eles, ou dentro de troncos em alto estágio de decomposição. De acordo com Holt e Lepege (2000), esses invertebrados são essencialmente detritívoros, pois consomem uma vasta gama de material morto em vários estádios de decomposição, alimentando-se de material rico em celulose. Muitas espécies que ocorrem na África e Ásia são criadoras de fungos e coletam gramíneas, levando o alimento de volta para seus ninhos subterrâneos, ou acima do solo (Gulan e Cranston, 2008).

Apesar dos térmitas serem muito abundantes, nem sempre são vistos com facilidade, em virtude do seu modo de vida no solo (Bandeira e Vasconcellos, 2004). Dentre as espécies que se alimentam de solo, algumas constroem seus ninhos sobre a superfície do solo, outras em sub-superfície (Oliveira et al., 2011). Os ninhos conhecidos como cupinzeiro, montículo, morundu ou murundum, possuem formas e características diferenciadas, de acordo com a espécie, os quais foram classificados por Constantino (2008) como epígeos, subterrâneos, arborícolas e ninhos peças únicas em madeira. De acordo com Bandeira e Martius (2009), um ninho geralmente corresponde a uma colônia. Contudo, existem espécies cujas colônias podem ter dois ou mais ninhos “filiais” espalhados por áreas grandes, ou seja, ninhos policálicos ou compostos.

Os ninhos (colônias) dos térmitas podem conter milhares e até milhões de indivíduos (Bandeira e Vasconcellos, 2004). Uma colônia madura produz alados que poderão formar novas colônias. Durante a revoada, os pares se formam, no voo ou no solo. O casal, então, perde as asas e começa a procurar um local favorável (que depende da espécie em questão), para iniciar uma nova colônia (Canello e Schlemmermeyer, 1999). As revoadas acontecem, geralmente, uma vez ao ano, quando ninfas maduras desenvolvem asas e se transformam em imagos (Bandeira e Martius, 2009). É um fenômeno essencialmente sazonal, relacionado com as variações climáticas da região, principalmente calor e umidade relativa do ar. Há espécies que voam ao fim da tarde e outras à noite. Geralmente, colônias da mesma espécie em um mesmo lugar revoam no mesmo dia e hora (Canello e Schlemmermeyer, 1999). De acordo com Valério (1996), a revoada dos cupins-de-montículos, geralmente, ocorre nos primeiros meses da época chuvosa, logo após fortes chuvas.

Espécies construtoras de ninhos epígeos, como os *Cornitermes cumulans* podem

atingir altas densidades, principalmente em áreas de vegetação mais aberta (Constantino, 2005). No Brasil o termo cupim-de-montículo tem sido associado quase exclusivamente a esse gênero, em virtude da sua predominância nas pastagens (Valério, 2006). De acordo com Cunha e Moraes (2010), a formação de pastagem facilita a proliferação de ninhos devido à homogeneidade do ambiente e ausência de competidores. Diante disso, o aspecto visual de pastagens densamente ocupadas por ninhos epígeos levou ao questionamento de um possível dano indireto em relação à área útil da pastagem (Valério, 1995).

Considerando que o aumento da população desses insetos pode estar relacionado com a oferta de alimento, o objetivo desse estudo foi realizar um levantamento de ninhos em áreas de pastagens, a fim de conhecer as espécies existentes nos ninhos, sua fonte e hábito alimentar, bem como a área ocupada e a distribuição espacial dos ninhos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Os trabalhos foram realizados em fazendas localizadas em dois municípios do Estado de Mato Grosso do Sul:

(1) **Município de Rio Brillante** localizado ao Sudoeste de Mato Grosso do Sul, região agropecuária e sulcroatoleira, pertencente à Microrregião da Grande Dourados, distante 161 km da capital Campo Grande. Situado entre a latitude 21°48'07" S a longitude 54°32'47" W e a altitude de 312 m. A região de estudo está localizada no bioma Cerrado, com fitofisionomia de Cerradão, apresentando extensas áreas de pastagens que cobrem aproximadamente 80% da área total do município.

O clima predominante é o tropical, que se apresenta claramente dividido em duas estações: inverno seco e verão úmido, chuvoso e bastante quente. A temperatura média anual é de 20°C com variação entre 22°C e 18°C. A precipitação média mensal na área da fazenda, no período das avaliações, está apresentada na Figura 1. O solo predominante no Município foi classificado como Latossolo Vermelho de acordo com Embrapa (2006).

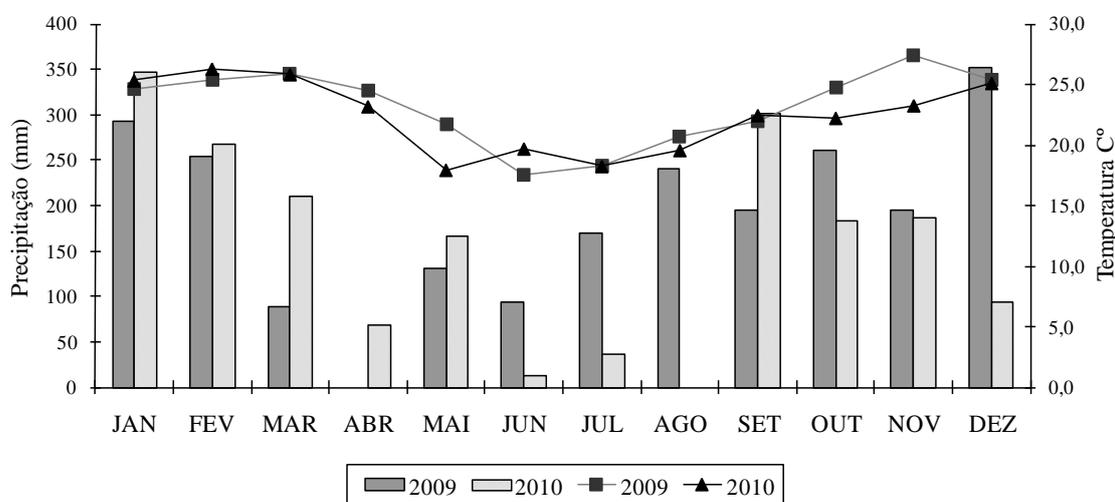


Figura 1. Temperatura e precipitação médias da Fazenda Campana, município de Rio Brillante, nos anos de 2009 e 2010. Fonte: CPAO (2011) e Artur Barbosa (proprietário da fazenda).

Fazenda Campana (22°16'29''S; 54°48'57''O e 353m de altitude), as áreas selecionadas apresentavam histórico semelhante: antes de 1989, eram utilizadas como pasto de *Panicum maximum*, que foi degradado e depois foi dominado pela grama mato-grosso também conhecida por grama-batatais (*Paspalum notatum*). De 1989 a 1991, a área foi cultivada com soja e, em seguida, com a cultivar Marundu de *Brachiaria brizantha*, tendo sido dividida em sete piquetes de aproximadamente 60 ha. Em cada internada, o gado pasteja

por sete a oito dias e, após esse período, é conduzido a outro piquete. Desde a sua implantação, a pastagem foi mantida sem nenhuma adição de fertilizante.

Foram selecionadas três áreas de pastagens em diferentes piquetes, a fim de formar uma cronossequência considerando diferenças na densidade de ninhos de térmitas. Para a escolha das áreas, considerou-se a proximidade e a similaridade topográfica, o manejo, a idade, e o contraste na ocorrência de ninhos de cupins. Em cada área foram delimitadas quatro parcelas contínuas, de 1 ha para as avaliações. As áreas foram denominadas de:

Pasto 1 - Não apresentava ninhos epígeos;

Pasto 2 – Caracterizado por apresentar ninhos epígeos, poucas árvores e arbustos entre a pastagem;

Pasto 3 – Caracterizado por apresentar maior densidade de ninhos e maior quantidade de árvores e arbustos entre a pastagem. Esse piquete estava localizado próximo a um fragmento de Cerradão. Após a escolha das áreas os ninhos de cada parcela foram quantificados e tiveram sua média (ninhos por hectare) calculada. Inicialmente, houve a caracterização das áreas em relação aos térmitas e seus ninhos nos Pastos 2 e 3.



Pasto 2.



Pasto 3.

Figura 2. Áreas de pastagens na Fazenda Campana, Município de Rio Brillhante, MS. Fotos: Robert Boddey e Sandra Lima, 2009 e 2010.

(2) **Município de Anaurilândia** localizado na região sudeste do estado de Mato Grosso de Sul, a 367 km de Campo Grande. Situado entre a latitude 22°11'15" S a longitude 52°43'04" W e a altitude de 312 m, na sede administrativa. No Município predomina o bioma Cerrado, representado pelas fisionomias Arbóreo Denso (Cerradão), Arbóreo aberto (Campo de Cerrado). O clima é caracterizado como úmido a sub-úmido. A precipitação anual varia entre 1.500 a 2.000 mm (SEMAC, 2011).

O solo predominante no município é o Latossolo Vermelho-Escuro (Embrapa, 2006). O município destaca-se na região por apresentar muitas áreas de pastagens com elevada densidade de ninhos de térmitas.

Foram selecionadas seis fazendas no município a partir do histórico de implantação e manejo das pastagens. Em cada fazenda, foram delimitadas áreas de coletas, totalizando 15 áreas (Tabela 1) a partir de um transecto com 100 m x 20 m, a fim de, posteriormente, extrapolar os valores obtidos para a área de um hectare. Para a escolha das áreas considerou-se o histórico de uso, topografia, espécie de gramínea cultivada, disponibilidade de forragem em oferta contrastante e quantidade visual de ninhos.

Fazenda Nossa Senhora das Graças - As áreas de pastagens foram implantadas na década de 70 e reformadas há mais de 20 anos com *B. brizantha*: Os ninhos que receberam controle químico não foram destruídos (Figura 3).

Fazenda Santa Luzia - Implantada na década de 70 e reformada há pouco mais de 20 anos com *B. brizantha*. Os ninhos que receberam controle químico não foram destruídos (Figuras 3 e 4).

Fazenda São Francisco - Pastagens formadas na década de 70 com *B. brizantha*, não há informações de reforma. Os ninhos que receberam controle químico não foram destruídos (Figura 4).

Fazenda São José - Áreas de pastagens formadas com *B. brizantha*. Os ninhos que receberam controle químico foram destruídos as partes epígeas (Figuras 4 e 5).

Fazenda Fortaleza - Pastagens com *B. brizantha*. Até a semana de avaliação das áreas nunca havia sido aplicado controle químico (Figura 5).

Tabela 1. Caracterização das áreas de coletas no Município de Anaurilândia, MS.

| Áreas de Coletas | Controle químico | Característica do local de coleta |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fazenda N. Senhora. das Graças | | |
| Pasto 1 | Há mais de 5 anos. | Havia pouca gramínea em oferta; em alguns pontos o solo estava exposto, outros, de grama-batatais (<i>Paspalum notatum</i>). |
| Pasto 2 | Há mais de 5 anos. | Semelhante ao pasto 1, com pouco material em oferta e pontos com grama-batatais. |
| Pasto 3 | Não houve aplicação, devido à baixa incidência de ninhos. | Apresentava algumas espécies arbóreas e arbustivas espalhadas no pasto e início da exposição do solo. |
| Fazenda Santa Luzia | | |
| Pasto 4 | Aplicação em 2007, sem destruição dos ninhos. | Havia pouco material em oferta. |
| Pasto 5 | Aplicação em 2007, com destruição dos ninhos. | Reformada há 8 anos; em 2008, houve um incêndio na área. |
| Pasto 6 | Nunca houve. | Não há registro de reforma. |
| Pasto 7 | Há mais de 3 anos, sem destruição dos ninhos. | Não há registro de reforma. |
| Pasto 8 | Há mais de 3 anos, sem destruição dos ninhos. | Sem reforma e contendo algumas espécies arbustivas. |
| Fazenda São Francisco | | |
| Pasto 9 | Nunca houve aplicação. | Havia muita forragem em oferta. |
| Pasto 10 | Há mais de 15 anos. | Havia pouca forragem em oferta e muitas manchas da espécie conhecida por grama-batatais. Outras culturas há mais de 30 anos. |
| Pasto 11 | Há mais de 15 anos. | Havia muita forragem em oferta, com outras culturas anteriores há mais de 30 anos. |
| Fazenda São José | | |
| Pasto 12 | Há 2 anos. | Pouca forragem em oferta e poucas áreas de solo exposto. |
| Pasto 13 | Nunca houve. | Área próxima a um fragmento de Cerradão; não há registro de culturas anteriores no local. |
| Fazenda Fortaleza | | |
| Pasto 14 | Nunca houve. | Foram cultivados soja, milho e trigo há mais de 20 anos; apresentava solo exposto, grandes manchas de grama-batatais e marcante ocorrência de formigas cortadeiras. |
| Pasto 15 | Nunca houve. | Implantada há mais de 30 anos; não foi reformada, tampouco houve outras culturas. Havia pouca forragem em oferta, porém boa cobertura do solo. |



Pasto 1



Pasto 2



Pasto 3



Pasto 4



Pasto 5



Pasto 6

Figura 3. Áreas de pastagens nas Fazendas N. Senhora das Graças (Pasto 1 a 3) e Santa Luzia (Pasto 4 a 6), no município de Anaurilândia, MS. Fotos: Robert Boddey e Sandra Lima, 2010.



Pasto 7



Pasto 8



Pasto 9



Pasto 10



Pasto 11



Pasto 12

Figura 4. Áreas de pastagens nas fazendas Santa Luzia (Pasto 7 e 8), São Francisco (Pasto 9 a 11) e São José (Pasto 12), no Município de Anaurilândia, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010.



Pasto 13



Pasto 14



Pasto 15

Figura 5. Áreas de pastagens nas fazendas São José (Pasto 13) e Fortaleza (Pasto 14 e 15), no Município de Anaurilândia, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010.

3.2.2 Avaliação dos ninhos e amostragem dos térmitas

Rio Brillhante - A avaliação dos ninhos e coletas de térmitas ocorreu em maio de 2010. A quantidade média de ninhos foi calculada a partir das quatro parcelas, em cada área. Sorteou-se uma parcela de 1 ha nos pastos 2 e 3 para avaliação da vitalidade (presença de cupins), medição da altura e circunferência. Os ninhos foram georeferenciados, utilizando o GPS Trimble Pathfinder - ProXT, com precisão horizontal de $\pm 0,8$ metros e vertical de $\pm 1,3$ metros. Em maio de 2011, foi necessário realizar outra avaliação no Pasto 3, com sorteio de outra parcela, devido a danos no arquivo do GPS dessa área. A avaliação da vitalidade foi realizada a partir do aspecto externo e ainda pela determinação de presença ou ausência dos térmitas, com auxílio de cavador de ferro; foram feitas perfurações nos ninhos, até a identificação da presença de indivíduos. Em muitos casos, os ninhos foram destruídos para constatar o abandono. Inicialmente, a perfuração era feita do lado sob a sombra. A identificação da presença era facilitada de acordo com o horário da avaliação, sendo o início da manhã e final da tarde considerados os melhores.

Anaurilândia - As avaliações dos ninhos e coletas dos térmitas aconteceram em novembro de 2010. Em virtude do maior número de áreas de coleta, foi necessário reduzir o tamanho das mesmas. Para tanto, em cada pasto demarcou-se um transecto com 100 m x 20 m. Considerou-se 20 m de largura, sendo 10 m de cada lado de uma linha imaginária, para a avaliação dos ninhos de térmitas, a fim de extrapolar os valores para hectare. Para a escolha

das áreas, considerou-se o histórico, topografia, espécie de gramínea cultivada, densidade visual de ninhos e a disponibilidade de material vegetal em oferta.

A área ocupada pelos ninhos foi calculada a partir do valor da circunferência, por meio do cálculo do raio ($r = c/2\pi$) e da área da base ($A = \pi * r^2$).

Considerando a densidade de ninhos por área de coleta, 10% dos ninhos foram quebrados nas partes epígea e subterrânea, para a amostragem da maior variedade de espécies pertencentes a todas as castas em ambos os municípios. As amostras coletadas foram acondicionadas em vidros com álcool 80% para posterior identificação taxonômica; as amostras foram etiquetadas com informações do local, data e área à qual aquela amostra pertencia. A identificação taxonômica foi realizada com o auxílio da chave ilustrada para gêneros brasileiros (Constantino, 1999). Cada amostra foi identificada até gênero utilizando-se lupa binocular, placa de Petri com álcool 80% e uma fina camada de areia, para facilitar o posicionamento dos indivíduos. A identificação em espécies e morfoespécies foi realizada no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), a partir de chaves de identificação, revisões de espécies (Mathews, 1977; Canello, 1989; Constantino, 1995, 1999 e 2006) e, ainda, por comparação com a coleção de Isoptera do museu. Após identificado, parte do material foi integrado à coleção do MZUSP e outra parte foi deixada no Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, onde será montada uma coleção de referência.

A classificação quanto aos hábitos alimentares dos térmitas foi realizada ao nível de gênero, considerando que em geral, as espécies do mesmo gênero apresentam dieta semelhante (Constantino, 1999). Assim, de acordo com os hábitos alimentares, os térmitas do Cerrado foram classificados em: xilófagos; húmívoros; comedores de liteira e intermediários (Constantino, 2005).

3.2.3 Análises isotópicas dos térmitas

Análises de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram feitas para determinar fonte e hábito alimentar das espécies coletadas. Antes da amostragem em campo, foram realizados testes avaliando a forma de conservação dos térmitas, bem como o método de análise de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Para tanto, coletaram-se alguns térmitas no entorno da Embrapa Agrobiologia, que foram acondicionados em frascos e submetidos a diferentes formas de conservação. Frasco 1 – contendo formol; frasco 2 – contendo naftalina; frasco 3 – foi submetido ao congelamento em freezer, sob a temperatura de -18°C . O material foi deixado nessas condições por 24 horas.

Os indivíduos congelados foram, posteriormente, liofilizados, por 24 horas a -40°C . Após liofilizados, foram transformados em pó fino e, em seguida, pesados (0,005 g) em cápsulas de estanho, para análise dos isótopos. O objetivo do teste foi verificar o efeito das diferentes formas de conservação em relação ao valor do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

Os resultados do teste de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dos térmitas não revelaram diferenças quanto à conservação do material sob formol, naftalina ou sob congelamento, atendendo, com isso, o objetivo de sua realização (Tabela 2). Portanto, pode-se inferir que essas substâncias não influenciam no resultado das análises. O teste teve grande relevância, já que nem sempre é possível congelar as amostras imediatamente após a coleta, sendo necessário utilizar outras formas de preservação até a análise.

Tabela 2. Abundância de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em térmitas conservados por 24 horas em formol, naftalina e congelados em freezer.

| Abundância (‰) | Formol | Naftalina | Freezer (-18°C) |
|-----------------------|----------|-----------|-----------------|
| $\delta^{15}\text{N}$ | 3,57 | 3,63 | 3,30 |
| $\delta^{13}\text{C}$ | - 23, 86 | -23,58 | -23,31 |

Na Fazenda Campana, em Rio Brillhante, parte do material coletado foi congelado em freezer (-18°C), logo em seguida à amostragem e transportado até a Embrapa Agrobiologia em isopor, contendo gelo para evitar o descongelamento. Para a análise, de cada amostra retiraram-se entre 15 e 20 indivíduos congelados (operários e soldados); posteriormente, foram submetidos ao corte da cabeça e abdômen. Após a separação das partes do corpo, foram liofilizados, por 24 horas a - 40°C, transformados em pó fino e em seguida, pesadas pequenas alíquotas de 0,002g em cápsulas de estanho, para análise dos isótopos. A intenção desta avaliação foi detectar a fonte alimentar. O método de análise do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ já foi descrito em diversos trabalhos, inclusive alguns especificamente com térmitas (Spain e Reddell, 1996, Tayasu et al., 1997).

A técnica utilizada no Laboratório de Ciclagem de Nutrientes da Embrapa Agrobiologia foi descrita em maiores detalhes por Tarré et al. (2001). Os isótopos são medidos em um espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus, acoplado a um analisador CN (Carlo Erba 1108) e uma referência laboratorial é calibrada contra Pee Dee Belemnite (PDB), com padrão NBS-22. A razão dos isótopos é expressa segundo a fórmula:

$$\delta^{13}\text{C}\% = [({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C amostra}) / ({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C referência}) - 1] \times 1000$$

$$\delta^{15}\text{N}\% = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N amostra}) / ({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N referência}) - 1] \times 1000$$

Após a primeira coleta, houve um novo teste com o material coletado em Rio Brillhante. Separaram-se algumas amostras que foram congeladas, e outras conservadas em álcool no momento da coleta, com o objetivo de testar o efeito do álcool sobre o resultado da análise isotópica. Em seguida, realizou-se o procedimento descrito anteriormente. Com isso, pode-se verificar que as amostras conservadas em álcool apresentaram valores de delta bem próximos (Tabela 3). Neste sentido, pode-se inferir que o álcool não influenciou no resultado das análises.

Tabela 3. Abundância natural em térmitas submetidos ao congelamento em freezer e conservados em álcool 80%.

| Abundância (‰) | Freezer (-18° C) | | Álcool 80% | |
|-----------------------|------------------|---------|------------|---------|
| | CA | AB | CA | AB |
| $\delta^{15}\text{N}$ | 4,892 | 3,132 | 5,145 | 4,532 |
| $\delta^{13}\text{C}$ | -10,731 | -11,598 | -10,818 | -11,476 |

CA= cabeça; AB= abdômen.

No Município de Anaurilândia, devido às distâncias entre as áreas e a ausência de condições para manter o material congelado, as amostras coletadas foram conservadas em álcool 80% e congeladas em freezer (-18°C), posteriormente, para a realização dos procedimentos da análise isotópica descritos anteriormente.

3.2.4 Análise geoestatística dos ninhos em Rio Brillhante

Foram analisados os dados provenientes da parcela 1, de um hectare, do Pasto 2, coletados em maio de 2010 e parcela 3, do Pasto 3, coletados em maio de 2011.

Inicialmente, realizou-se estatística descritiva pelo programa STAT (Vieira et al., 1983), sendo calculadas média, mediana, desvio padrão, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, e o coeficiente de variação. A análise da dependência espacial, interpolação dos dados e construção de mapas foi realizada por meio de geoestatística (programa AVARIO), conforme Vieira (2000). Foram construídos semivariogramas, com o objetivo de perceber a presença de dependência espacial dos dados. A semivariância foi estimada a partir de h e $N(h)$ representa o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separadas por um vetor (h).

Para melhor representação e visualização da variabilidade espacial dos ninhos de térmitas, mapas foram gerados por krigagem pelo programa GEOESTAT (Vieira, 2003) e exportado para o programa SURFER 7.02 (Golden Software, 2000).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Espécies e preferência alimentar dos térmitas

Na fazenda Campana em Rio Brilhante, em ambos os pastos, todos os ninhos eram construções de uma única espécie *Cornitermes cumulans*. Esse fato pode ser justificado pela ausência de ninhos mais antigos, onde geralmente são encontradas mais de uma espécie co-habitando, o que também não foi observado. De acordo com Canello (1989), essa espécie é a mais comum e distribuída na região Centro-Sul do Brasil. O gênero *Cornitermes* é considerado por Fadini et al. (2002) como o que mais infesta as pastagens. No estudo de Valério et al. (2006), em áreas de pastagens com diferentes espécies de forrageiras, foi observada a predominância desse gênero, com 94% dos ninhos, enquanto apenas 6% eram ninhos de *Syntermes* spp.

Nas áreas de pastagem do município de Anaurilândia, a grande maioria dos ninhos era de *C. cumulans*, que também foi à espécie mais comumente encontrada. No entanto, também foram observados, em algumas áreas, ninhos de *Armitermes euamignathus* e *Cornitermes bequaerti*, especialmente nos Pastos 14 e 15 (Tabela 4). No entanto, apenas nos ninhos de *Cornitermes* ssp. haviam outras espécies, onde foram observadas até cinco espécies no mesmo ninho, o que é bastante comum nessa espécie, podendo ser encontrada maiores quantidades de espécies co-habitando.

Em relação aos grupos alimentares, a identificação das espécies coletadas revela que, além dos *Cornitermes*, que são os mais abundantes e se alimentam de liteira, espécies de outros grupos tróficos também ocorreram humívoros, distribuídos em seis espécies, e intermediários, com duas espécies amostradas. De acordo com Bandeira (1991), os térmitas consumidores de liteira podem ter considerável importância para o sistema, uma vez que esta pode ser a principal via de incorporação da matéria orgânica ao solo. Na concepção de Cunha e Morais (2010), apesar da grande quantidade de ninhos nas pastagens, a maioria das espécies que habita os ninhos participa dos processos de decomposição e reciclagem de nutrientes da liteira para a pastagem. Com isso, consideram que a presença dos ninhos epígeos contribui para o ambiente.

Tabela 4. Número de ninhos e espécies coletadas em ninhos epígeos em áreas de pastagens, no município de Anaurilândia, MS.

| Espécies | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Apicotermatinae</i> spp. | 1 | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | |
| <i>Armitermes euamignathus</i> | 2 | 1 | | | 4 | | 1 | 2 | | | 2 | 1 | 2 | | |
| <i>Atlantitermes osborni</i> | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Cornitermes bequaerti</i> | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Cornitermes cumulans</i> | 2 | 4 | 3 | 8 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | | |
| <i>Embiratermes</i> spp. | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Embiratermes festivellus</i> | | 2 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 | 2 |
| <i>Genuotermes</i> spp. | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Grigiotermes</i> spp. | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Labiotermes orthocephalus</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 2 |
| <i>Orthognathotermes</i> spp. | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| <i>Ruptitermes</i> spp. | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| <i>Spinitermes</i> spp. | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | 3 |
| <i>Subulitermes microsoma</i> | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | 1 | |
| <i>Syntermes obtusus</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Velocitermes</i> spp. | 2 | 2 | | | | | 1 | 2 | 1 | | 1 | | 1 | | |

Os térmitas amostrados foram classificados quanto ao grupo alimentar, de acordo com alguns autores Donovan et al. (2001); Cunha (2006); Mathews (1977); Vasconcellos (2010) (Tabela 5). Por meio da análise isotópica de $\delta^{15}\text{N}$, pode-se verificar que há uma diferença na abundância isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ dos grupos, formando um gradiente onde os menores valores são apresentados pelo grupo que se alimenta de liteira (em torno de 5‰), enquanto os intermediários (11‰) e especialmente húmívoros (de 13 a 15‰) evidenciam um enriquecimento maior de $\delta^{15}\text{N}$. Esses resultados corroboram os observados por Tayasu et al. (1997) e Bourquignon et al. (2011). De acordo com Tayasu (1998), o grupo intermediário (madeira/solo) tem valores intermediários entre madeira e solo, possivelmente, representando um gradiente de valores entre a madeira e o solo.

A maioria dos valores observados pela análise de $\delta^{15}\text{N}$ corroboram a literatura, exceto para *Subulitermes microssoma* (5,92 e 6,24‰), que, de acordo com Cunha (2006), Mathews (1977) e Vasconcellos (2010), pertencem ao grupo de húmívoros. Entretanto, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ observados são próximos aos valores observados no grupo que se alimenta de liteira. Embora a análise de todas as espécies tenha sido repetida para confirmação, ainda é prematuro questionar a classificação dos autores acima citados, considerando que o tamanho e a quantidade de indivíduos dessa espécie impossibilitaram a separação das partes do corpo, como as demais espécies analisadas.

A análise de $\delta^{13}\text{C}$, que possibilita a diferenciação do material proveniente de plantas de ciclo C_3 e C_4 nos térmitas, mostrou que a fonte alimentar, nas áreas estudadas, provém de plantas de ciclo C_4 , ou seja, da gramínea *Brachiaria* ssp. Foram observados valores entre -8,76 a -12,54, porém, essa diferença para $\delta^{13}\text{C}$ não é significativa. De acordo com Urquiaga et al. (2006), a diferença média entre plantas de ciclo C_3 e C_4 corresponde a 14 deltas. Apesar da existência de árvores e arbustos, no Pasto 2, que disponibiliza liteira dessas plantas de ciclo C_3 , assim como, a proximidade com o fragmento de Cerradão, em algumas áreas, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos térmitas indicam claramente a preferência dessa espécie pelas gramíneas. Assim, é negada a hipótese de que a área com aporte de liteira diversificada por plantas de ciclo C_3 e C_4 , poderia influenciar na maior quantidade de ninhos epígeos.

O conhecimento dos hábitos alimentares dos térmitas ainda tem muito que ser investigado e, nesse contexto, a utilização de análises isotópicas pode ser empregada como importante ferramenta para esclarecer de forma mais precisa sobre o grupo e a fonte alimentar, eliminando imprecisões quanto à observação do coletor e hábitos mais conspícuos dos animais.

Tabela 5. Espécies, grupo alimentar e abundância natural de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ de térmitas coletados em ninhos epígeos, em áreas de pastagens, no Município de Anaurilândia, MS. Classificação dos grupos alimentares de acordo com (1) Donovan et al. (2001); (2) Cunha (2006) ; (3) Mathews (1977) e (4) Vasconcellos (2010).

| | Espécies | Grupo Alimentar | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{13}\text{C}$ |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | ‰ | |
| Rio Brilhante | | | | |
| CA | <i>Cornitermes cumulans</i> | | 5,18 | -10,63 |
| AB | | | 5,05 | -11,19 |
| CA | <i>Cornitermes cumulans</i> | Liteira ² | 5,32 | -10,73 |
| AB | | | 5,04 | -11,26 |
| CA | <i>Cornitermes cumulans</i> | | 4,97 | -11,53 |
| AB | | | 5,02 | -11,99 |
| CA | <i>Cornitermes cumulans</i> | | 5,08 | -10,84 |
| AB | | | 5,05 | -11,77 |
| Anaurilândia | | | | |
| CAB | <i>Apicotermatinae spp.</i> | Humívoro | 14,37 | -11,37 |
| CAB | | | 14,50 | -11,51 |
| CA | <i>Armitermes euamignathus</i> | Intermediário ^{3,4} | 11,38 | -10,84 |
| AB | | | 11,35 | -12,07 |
| | <i>Atlantitermes osborni</i> | | NA | NA |
| CA | <i>Cornitermes bequaerti</i> | Liteira ² Madeira ³ | 5,71 | -10,70 |
| AB | | | 4,99 | -11,35 |
| CA | <i>Cornitermes cumulans</i> | Liteira ² | 5,15 | -10,56 |
| AB | | | 5,14 | -11,43 |
| CA | <i>Embiratermes festivellus</i> | Intermediário ² | 11,40 | -10,34 |
| AB | | | 11,17 | -12,24 |
| | <i>Genuotermes spp.</i> | Humívoro ⁴ | NA | NA |
| | <i>Grigiotermes spp.</i> | Humívoro ¹ | NA | NA |
| CA | <i>Labiotermes orthocephalus</i> | Humívoro ^{1,2,3,4} | 12,97 | -8,98 |
| AB | | | 13,15 | -11,99 |
| CA | <i>Orthognathotermes spp.</i> | Humívoro ^{2,3,4} | 15,51 | -10,13 |
| AB | | | 15,12 | -11,21 |
| | <i>Ruptitermes spp.</i> | Liteira ³ | NA | NA |
| CA | <i>Spinitermes spp.</i> | Humívoro ^{2,4} | 13,99 | -10,99 |
| AB | | | 13,67 | -12,54 |
| CAB | <i>Subulitermes microssoma</i> | Humívoro ^{2,3,4} Liteira? | 5,92 | -12,47 |
| CAB | | | 6,24 | -12,51 |
| CA | <i>Syntermes obtusus</i> | Liteira ^{2,4} | 3,41 | -8,76 |
| AB | | | 4,23 | -10,79 |
| CA | <i>Velocitermes spp.</i> | Liteira ^{3,4} | 2,43 | -10,65 |
| AB | | | 2,22 | -10,86 |

CA = cabeça; AB = abdômen; CAB = cabeça e abdômen. NA= não analisado.

3.3.2 Avaliação dos ninhos de térmitas

No município de Rio Brilhante, a quantidade média de ninhos, por hectare, na área de Pasto 2 foi de 68, enquanto na área de Pasto 3, observou-se praticamente o dobro desse valor (128). A área ocupada pelos ninhos foi, respectivamente, de 0,4% a 1% da área total (Tabela 6). No Município de Anaurilândia, a quantidade de ninhos variou entre 75 a 550 unidades por hectare. Por outro lado, a área útil ocupada foi de 0,26% a 1%. Os dados observados, no que se refere ao número de ninhos nas pastagens, em ambos os municípios, corroboram com outros estudos realizados na região do Cerrado. O número médio de ninhos em estados do Brasil foi quantificado por diversos autores, sendo verificado o Estado de Minas Gerais (Cosenza e Carvalho, 1974); de 73 ha⁻¹ em 133 municípios goianos (Czepak et al., 2003), e de 182 ha⁻¹ também no estado de Goiás (Cunha e Moraes, 2010). Oliveira et al. (2011) verificaram no Cerrado do planalto central, um número médio de 408 ha⁻¹, sendo que o maior número foi observado numa pastagem de dez anos (672 ninhos ha⁻¹). O valor da área ocupada no presente trabalho também corrobora a média observada pelos autores acima citados, com exceção de Cosenza e Carvalho (1974), que verificaram um maior valor (1,65%). Para os últimos autores, a área ocupada pelos ninhos foi menor do que esperavam e ainda não significa prejuízo em relação à área utilizada para pastejo para o gado.

No que concerne à atividade dos térmitas nos ninhos (vitalidade), em ambos os municípios estudados, o percentual de ninhos ativos (habitados), foi alto, variando de 82 a 100%, em Anaurilândia (Tabela 6). Esses valores são relevantes, considerando que o histórico de algumas dessas áreas registra aplicação de inseticida nos ninhos; a quantidade de ninhos mortos ou abandonados é muito inferior ao observado na literatura. Poucos trabalhos quantificaram a vitalidade dos ninhos. Redford (1984) observou grande quantidade (quase 60%) de ninhos abandonados em área natural no Parque Nacional de Emas, no Estado de Goiás. No estudo de Valério et al. (2006), em pastagem de *B. decumbens*, no Município de Ribas do Rio Pardo, MS, o percentual de ninhos abandonados representou 60,7% dos cupinzeiros presentes na área, embora esses autores não tenham registro do histórico da área quanto à medidas de controle eventualmente adotadas no passado. De acordo com Valério et al. (2006), em pastagens cultivadas, muito provavelmente, o percentual de ninhos abandonados será menor do que o que foi constatado nesta propriedade. De fato, o percentual de incidência de ninhos ativos verificados nas pastagens desse estudo foi alto, mesmo em áreas onde houve aplicação de inseticidas. Esse resultado demonstra que o controle por meio de agentes químicos não foi eficiente. Houve falta de informação quanto à necessidade de combate e qual o produto mais indicado para combater os térmitas. Contudo, para uma abordagem mais precisa sobre essa questão seria necessário conhecer as formas utilizadas e os produtos utilizados para combater os térmitas construtores de ninhos, o que não foi objetivo do presente trabalho.

Na fazenda do Município de Rio Brilhante foi observado o predomínio da espécie *Cornitermes cumulans*, sendo a altura média observada entre 0,57 m a 0,65 m (Tabela 6). Essas pastagens, apesar de reformadas há 20 anos, não apresentavam sinais visíveis de degradação quando comparada com uma pastagem sem ninhos. Nas áreas do Município de Anaurilândia, a altura média variou entre 0,22 m a 1,55 m. Vale ressaltar que nos pastos onde a média de altura foi menor, havia outras espécies em maior número: P1 e P13 contam grande quantidade de ninhos de *Armitermes* ssp.; no P12 os ninhos foram destruídos e deram início a novos ninhos; no P14, os ninhos que existiam eram de *Cornitermes bequaerti* em processo de deterioração da parte acima do solo. Com exceção dos pastos acima citados houve um predomínio de ninhos da espécie *Cornitermes cumulans*. Nesse Município, os ninhos mais altos foram registrados em áreas onde não foi aplicado inseticida, tendo o mais alto 3 m, com 4 m de circunferência.

Tabela 6. Avaliação dos ninhos em fazendas com áreas de pastagens, nos municípios de Rio Brilhante e Anaurilândia, MS.

| Rio Brilhante | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| Pasto | Ninhos ha⁻¹ | Vitalidade dos ninhos | % Área Ocupada ha⁻¹ | Altura Média m |
| P2 - 1 | 71 | 91% | 0,40 | 0,65 |
| P3 - 2 | 193 | 89% | 1,00 | 0,57 |
| P3 - 3 | 115 | 84% | 0,51 | 0,59 |
| Anaurilândia | | | | |
| P1 | 120 | 96% | 0,26 | 0,41 |
| P2 | 285 | 93% | 0,83 | 0,48 |
| P3 | 75 | 93% | 0,26 | 0,56 |
| P4 | 285 | 97% | 1,04 | 0,51 |
| P5 | 550 | 90% | 0,57 | 0,21 |
| P6 | 95 | 90% | 0,27 | 0,40 |
| P7 | 300 | 97% | 1,00 | 0,53 |
| P8 | 195 | 93% | 0,69 | 1,55 |
| P9 | 140 | 96% | 0,71 | 0,86 |
| P10 | 225 | 98% | 0,90 | 0,82 |
| P11 | 145 | 97% | 0,60 | 0,86 |
| P12 | 520 | 82% | 0,72 | 0,26 |
| P13 | 310 | 98% | 0,39 | 0,22 |
| P14 | 105 | 100% | 0,36 | 0,23 |
| P15 | 185 | 97% | 0,36 | 0,53 |

3.3.3 Variabilidade espacial dos ninhos de térmitas em Rio Brilhante

A análise da variabilidade espacial foi realizada com o objetivo de verificar a existência de dependência espacial na distribuição dos ninhos. E a partir desse resultado, a investigação de variáveis relacionadas ao fenômeno. A estatística dos valores de altitude, circunferência e altura dos ninhos, em ambos os pastos avaliados, mostram que houve uma variação dos dados (Tabela 7). A diferença de altitude dentro de cada área pode ser considerada insignificante. Os valores de assimetria nos pastos foram próximos a zero, o que indicam uma distribuição normal (Carvalho et al., 2002). O coeficiente de variação dos dados retratou as duas áreas, onde o Pasto 2 é mais homogêneo em relação à altura e circunferência do ninhos, enquanto para o Pasto 3 o coeficiente de variação foi um pouco maior que o Pasto 2 (Tabela 7). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de no Pasto 3, existir uma quantidade maior de ninhos novos com alturas e circunferências menores (Figuras 9 e 11). A maior altura verificada na fazenda em Rio Brilhante foi de 1,3 m. De acordo com Fadini et al. (2002), os ninhos em pastagens, com frequência, podem alcançar uma altura de 1,5 m. Cunha (2011) avaliou ninhos de *C. cumulans* e observou a altura média de 0,42 m. De acordo com a autora, esse valor de altura não deve causar incômodo ao gado no deslocamento dentro do pasto, por se tratar de animais de grande porte. Os valores médios observados no presente estudo foram maiores (0,65 e 0,59 m) nos Pastos 2 e 3, respectivamente, corroborando, portanto, à inferência da autora acima citada.

A análise de correlação entre os valores de circunferência e altura foram significativos ($P < 0,05$) (Tabela 8). Esses fatores geralmente estão relacionados pelo próprio desenvolvimento dos ninhos, que crescem de acordo com o aumento da colônia. Assim,

considerando o formato das construções de *C. cumulans*, ninhos mais altos têm circunferências também maiores. Em ninhos mais velhos, onde a parte superior já está em processo de deterioração pela ação das chuvas, é comum a altura ser reduzida em relação à circunferência. A grande quantidade de ninhos dessa espécie favoreceu esse resultado, já que apresentam o mesmo formato.

Tabela 7. Estatística descritiva para as medidas dos ninhos de térmitas na parcela 1 do Pasto 2 e Pasto 3 na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS.

| Pasto 2 | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|---------------|
| Parâmetro | Altitude | Circunferência | Altura |
| | m | m | cm |
| Valor Mínimo | 330,6 | 1 | 20 |
| Valor Máximo | 334,6 | 3,9 | 130 |
| Média | 332,7 | 2,58 | 0,65 |
| Assimetria | -0,001 | -0,51 | 0,19 |
| Curtose | -1,21 | -0,75 | -0,88 |
| Coef. Variação (%) | 0,33 | 28,82 | 42,55 |
| Desv. Padrão | 1,11 | 0,74 | 27,96 |
| Pasto 3 | | | |
| Valor Mínimo | 323,2 | 0,6 | 10 |
| Valor Máximo | 329,7 | 3,44 | 128 |
| Média | 325,6 | 226 | 0,59 |
| Assimetria | 0,70 | -0,38 | 0,21 |
| Curtose | -0,77 | -102 | -0,72 |
| Coef. Variação (%) | 0,54 | 31,62 | 46,38 |
| Desv. Padrão | 1759 | 0,71 | 0,27 |

Tabela 8. Matriz de correlação das medidas dos ninhos de térmitas na parcela 1 do Pasto 2 e Pasto 3 na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS.

| Pasto 2 | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|---------------|
| | Altitude | Circunferência | Altura |
| Altitude | 1,000 | | |
| Circunferência | 0,2963 | 1,000 | |
| Altura | 0,2863 | 0,803* | 1,000 |
| Pasto 3 | | | |
| Altitude | 1,000 | | |
| Altura | 0,0659 | 1,000 | |
| Circunferência | 0,0849 | 0,8163* | 1,000 |

(*) Indica diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste de Pearson de probabilidade.

Por meio dos semivariogramas de altura e circunferência dos ninhos avaliados no Pasto 2, pode-se observar que a distribuição espacial em relação à altura e circunferência dos ninhos foi aleatória. Ambos os semivariogramas apresentaram o “efeito pepita puro” (Figura 6), que evidencia uma descontinuidade na origem do gráfico, ou seja, não houve dependência espacial para essas variáveis nessa área. O semivariograma foi construído a partir da análise

dos vizinhos (ninhos) mais próximos, onde a menor distância calculada foi de cinco metros.

No Pasto 3, onde foi observada maior quantidade de ninhos, a análise do semivariograma de altura e circunferência dos ninhos mostrou que não há dependência para esses fatores (Figura 7). No entanto, pode-se observar que diferentemente do Pasto 2, houve uma tendência de dependência na distância de cinco metros, não confirmada com o aumento da distância dos pares.

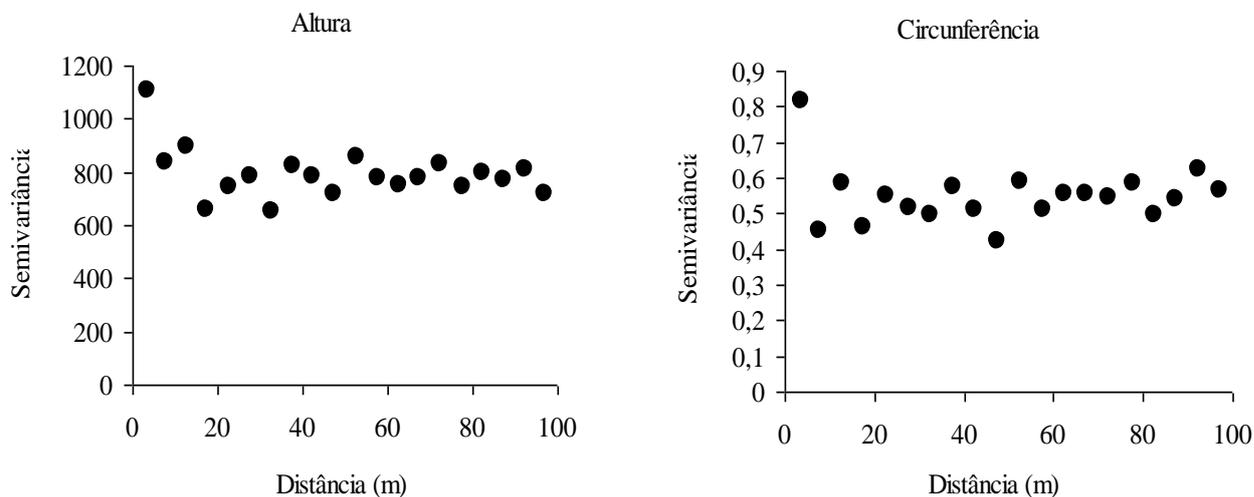


Figura 6. Semivariograma da circunferência e altura dos ninhos de térmitas, avaliados na parcela 1 do Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brillhante, MS.

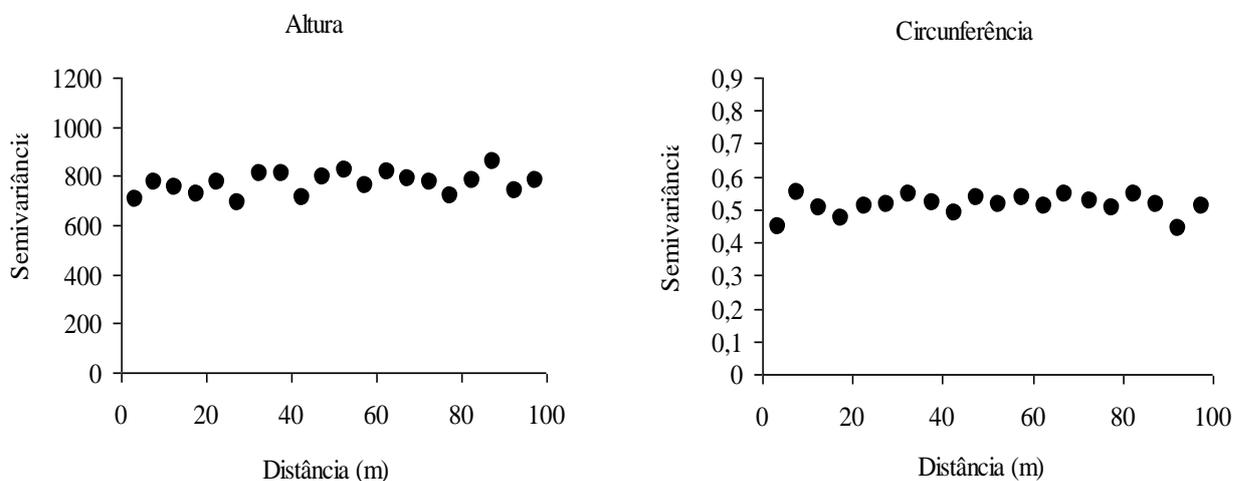


Figura 7. Semivariograma da circunferência e altura dos ninhos de térmitas, avaliados na parcela 3 do Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brillhante, MS.

Outros autores estudaram a distribuição espacial de ninhos epígeos de *Cornitermes* spp. utilizando outras ferramentas de avaliação, como Cunha (2011), que verificou a distribuição espacial dos ninhos por índices de dispersão e agrupamentos, observando a distribuição aleatória dos ninhos, atribuindo esse fato à ausência de competição intraespecífica. No estudo de Bruschini (2006), a distribuição espacial foi avaliada por índice de distância, o qual também mostrou distribuição aleatória dos ninhos. Todavia, para essa

autora, essa distribuição foi influenciada pela baixa densidade de ninhos (65) e ausência de competição intraespecífica de espaço e recurso alimentar.

O presente trabalho avaliou a distribuição espacial, por meio de análises geostatísticas, que oferecem um conjunto de ferramentas estatísticas, que incorporaram no sistema de coordenadas espaciais de observação (Paroli e Vier, 2011). A análise da distribuição espacial dos ninhos ainda pode ser explicada por meio de mapas construídos a partir das coordenadas de cada ninho, possibilitando melhor visualização da distribuição e entendimento do fenômeno.

A ausência de dependência espacial em relação à altura, em ambas as áreas, deve-se ao fato de que em pequenas distâncias podem ser observados ninhos com maior e menor altura, como destacado nas Figuras 8 e 10. O mesmo padrão foi observado em relação à circunferência, onde a similaridade de dados independe da distância; ninhos com maior ou menor valor de circunferência estão distribuídos de forma aleatória (Figuras 9 e 11), como foi constatado pelo semivariograma. A existência de ninhos maiores e menores, próximos, pode ser influenciada por diferentes circunstâncias, como o fato de alguns dos menores ninhos serem novos e os maiores ninhos, mais velhos. Por outro lado, pode acontecer de alguns dos ninhos menores serem filiais do maior, ou seja, ninhos policálicos.

A distribuição dos ninhos em ambas as áreas de pastagem foi aleatória e considerando que as áreas estudadas tinham o mesmo tamanho (1 ha) mas com quantidade de ninhos diferentes, pode-se supor que o tamanho da área não influenciou na aleatoriedade da distribuição, como sugerido no estudo de Bruschini (2006). Assim, como essa autora, Cunha (2006) também levanta a hipótese de que a distribuição pode estar relacionada com a competição intraespecífica, que no presente estudo, não foi possível confirmar, já que, quantidades de ninhos diferentes em igual tamanho de área tiveram distribuição semelhante quanto à aleatoriedade.

É oportuno observar que a distribuição dos ninhos também pode estar diretamente relacionada à distância do voo e as condições climáticas do momento da revoada, que vai influenciar no local onde o par de reprodutores formará a nova colônia. Considerando que a distância do voo não pode ser avaliada com precisão, a aleatoriedade é aceitável e explica a distribuição dos ninhos.

Por meio dos mapas de variabilidade espacial é possível observar a distribuição da vitalidade (Figuras 12 e 14) e a existência de alguma relação com o tamanho dos ninhos (Figuras 13 e 15). A presença e ausência de atividade nos ninhos são critérios que não se adequaram à análise de distribuição espacial pelo semivariograma. No entanto, a distribuição da vitalidade com a altura fornece a possibilidade de observar que a grande parte dos ninhos maiores estão ativos, especialmente no Pasto 3, onde a porcentagem de ninhos mortos foi um pouco maior.

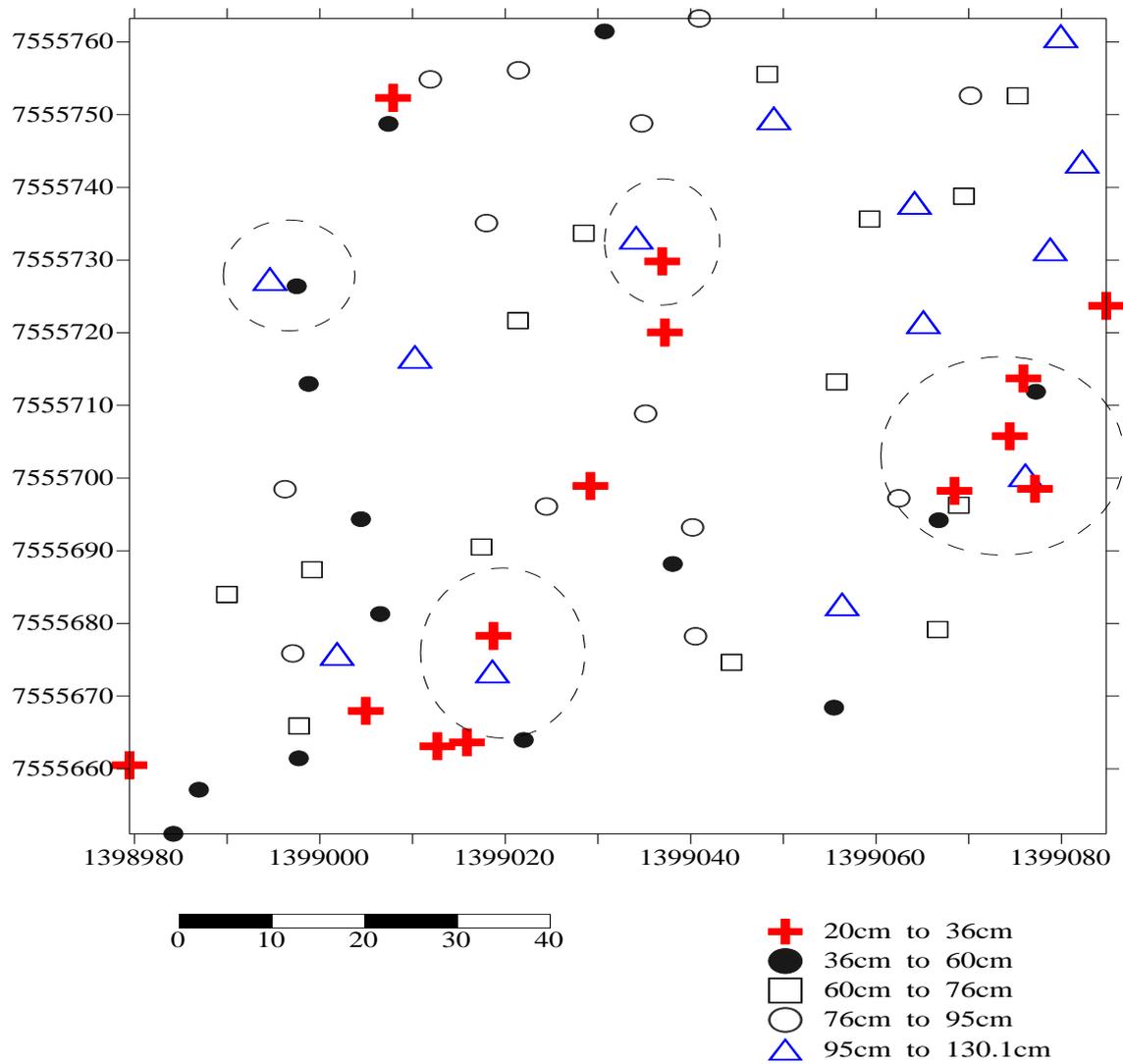


Figura 8. Distribuição espacial da altura dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS.

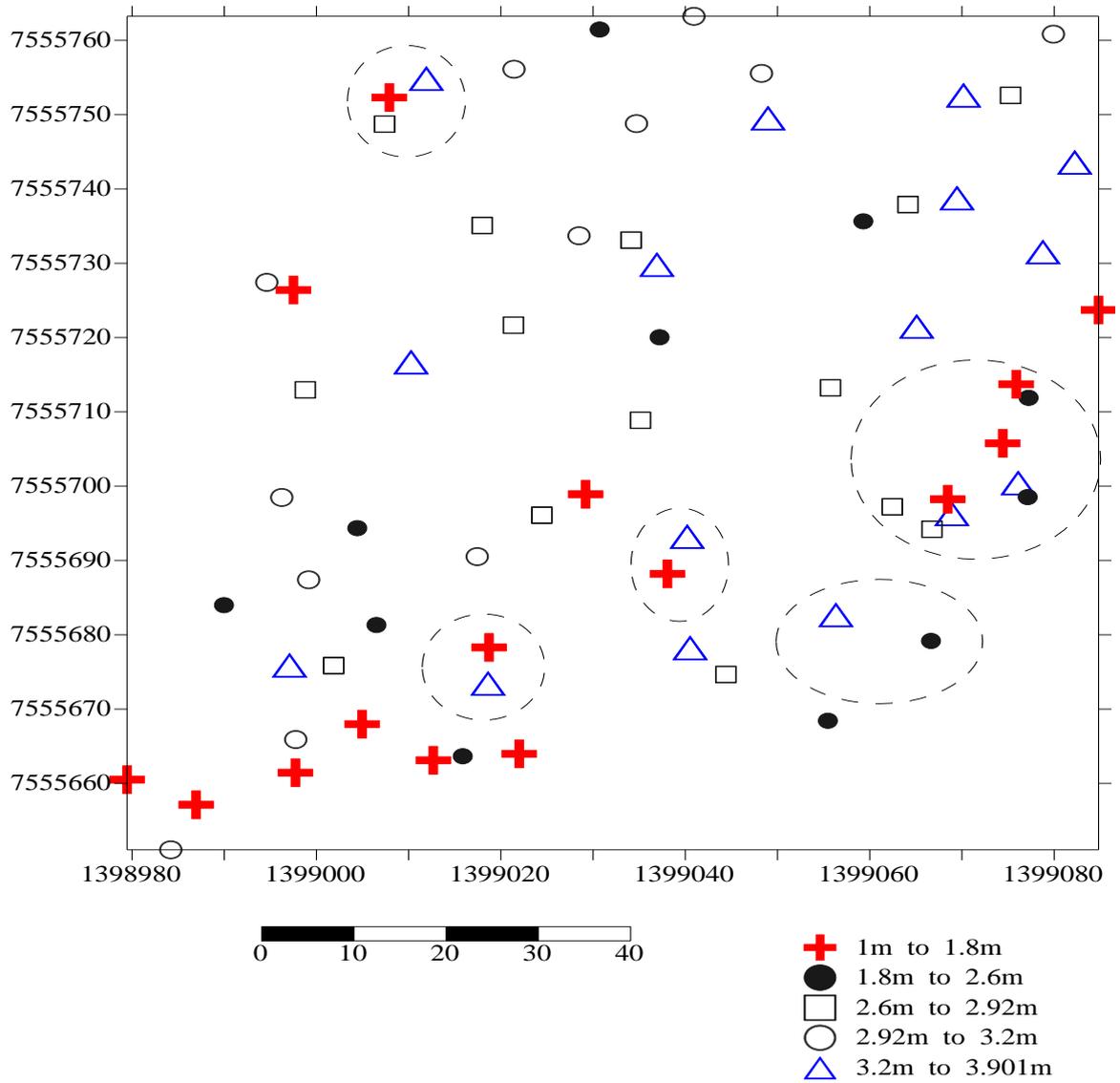


Figura 9. Distribuição espacial circunferência dos ninhos no Pasto 2 , na Fazenda Campana, Rio Brillhante, MS.

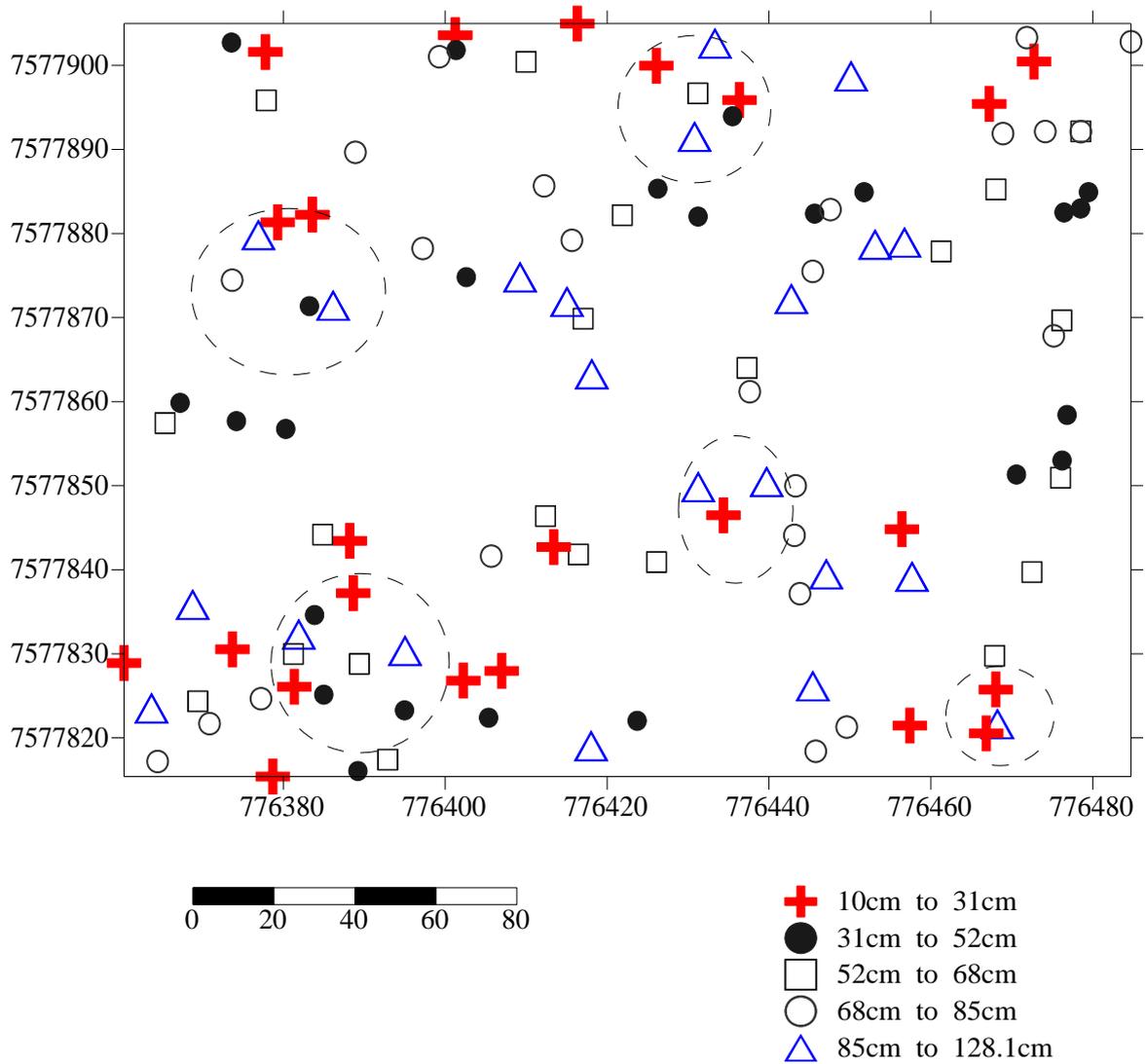


Figura 10. Distribuição espacial da altura dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brillante, MS.

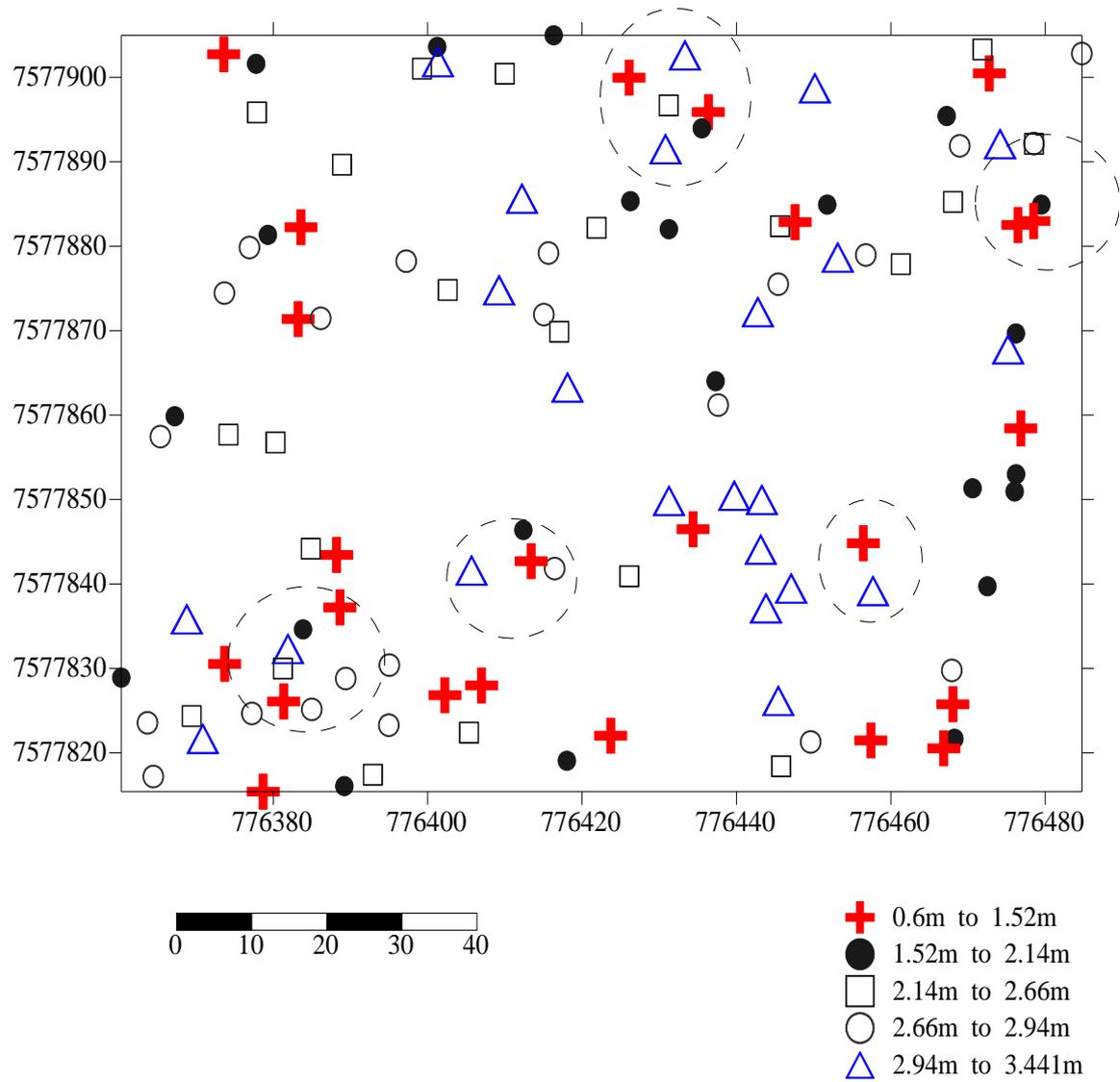


Figura 11. Distribuição espacial da circunferência dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brillante, MS.

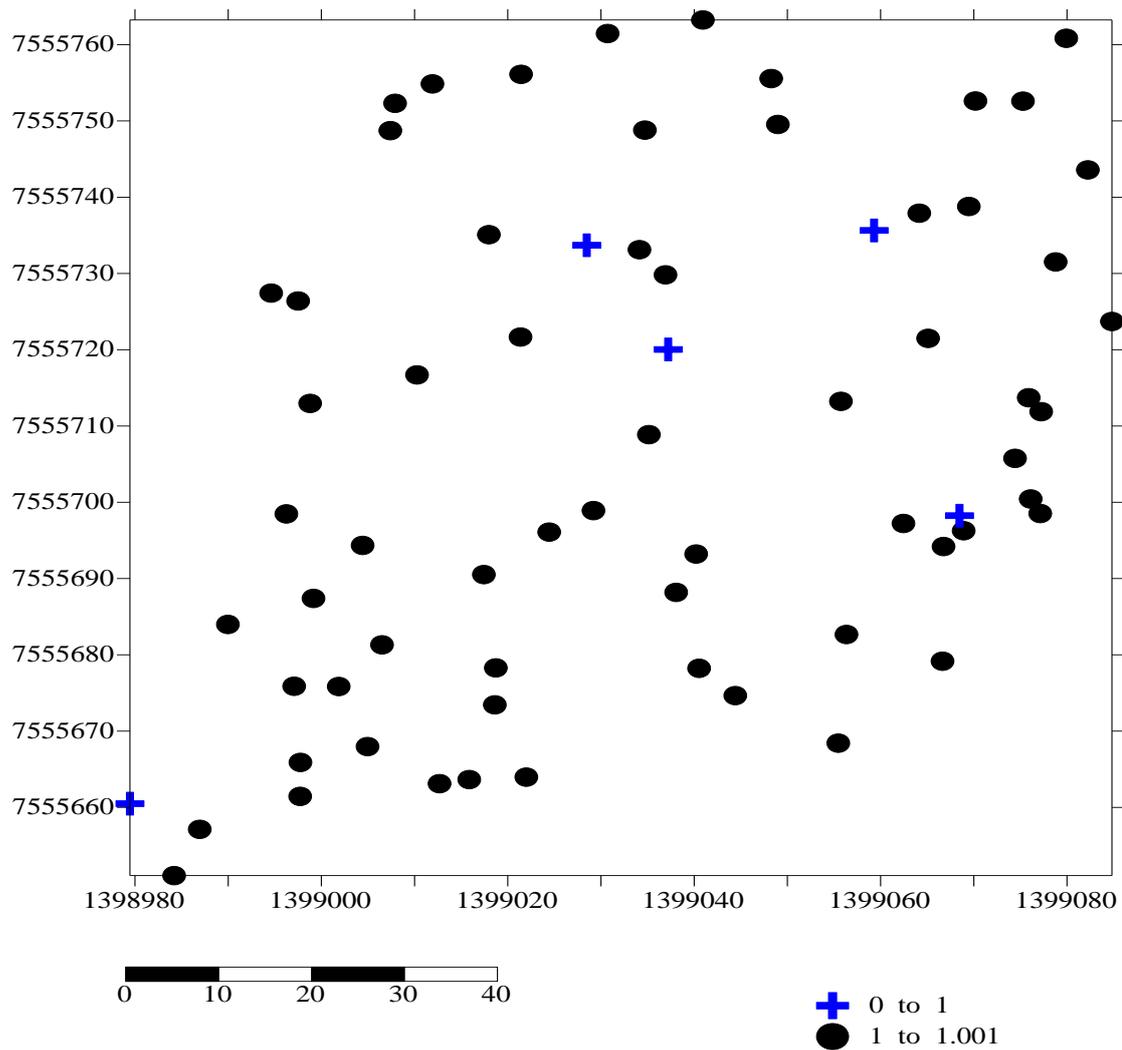


Figura 12. Distribuição espacial da vitalidade dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brillhante, MS. (+ = ninho sem atividade dos térmitas, morto; o = ninho ativo).

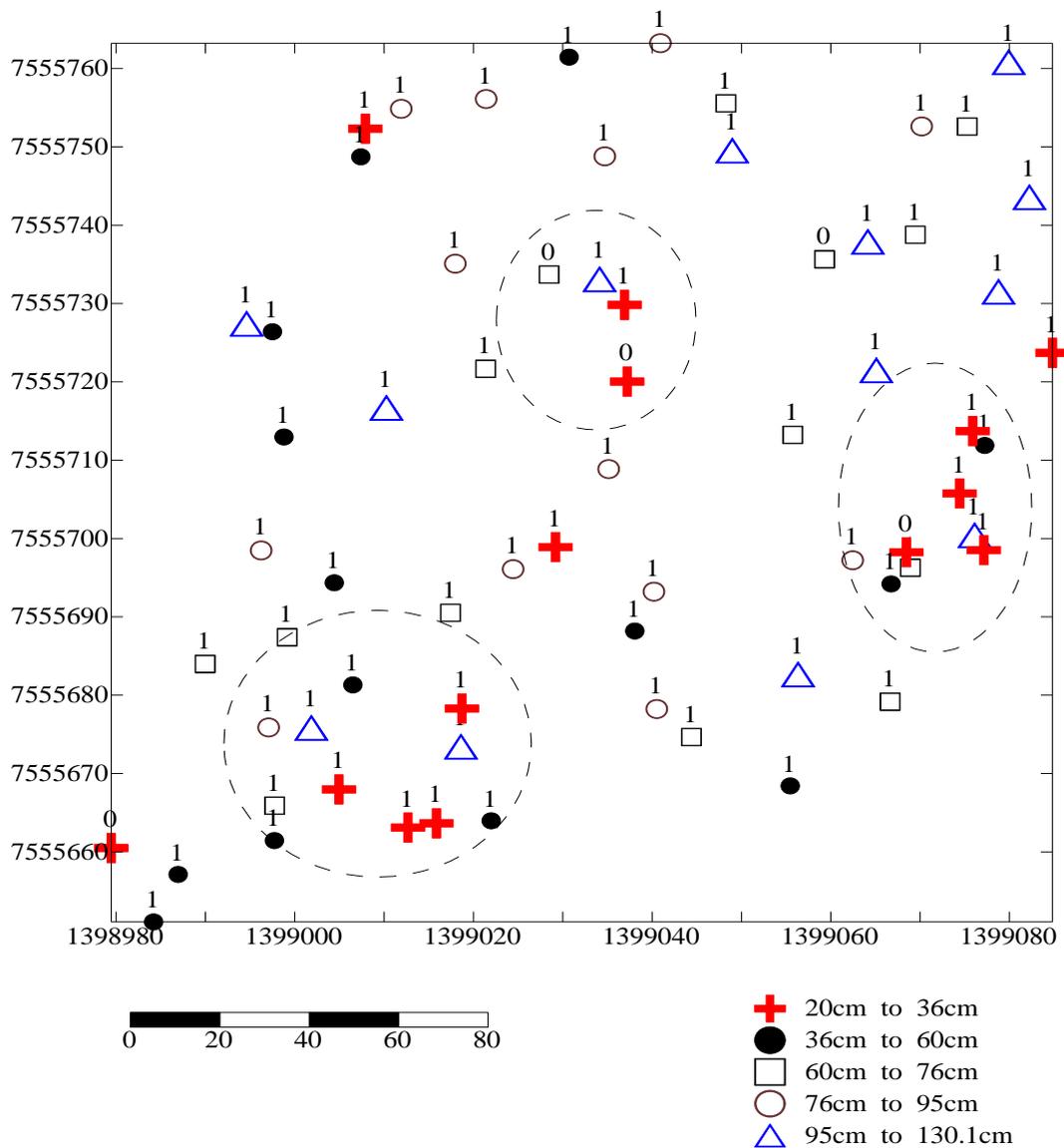


Figura 13. Distribuição espacial da altura e vitalidade dos ninhos no Pasto 2, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (1= ninhos ativos; 0 = ninhos mortos).

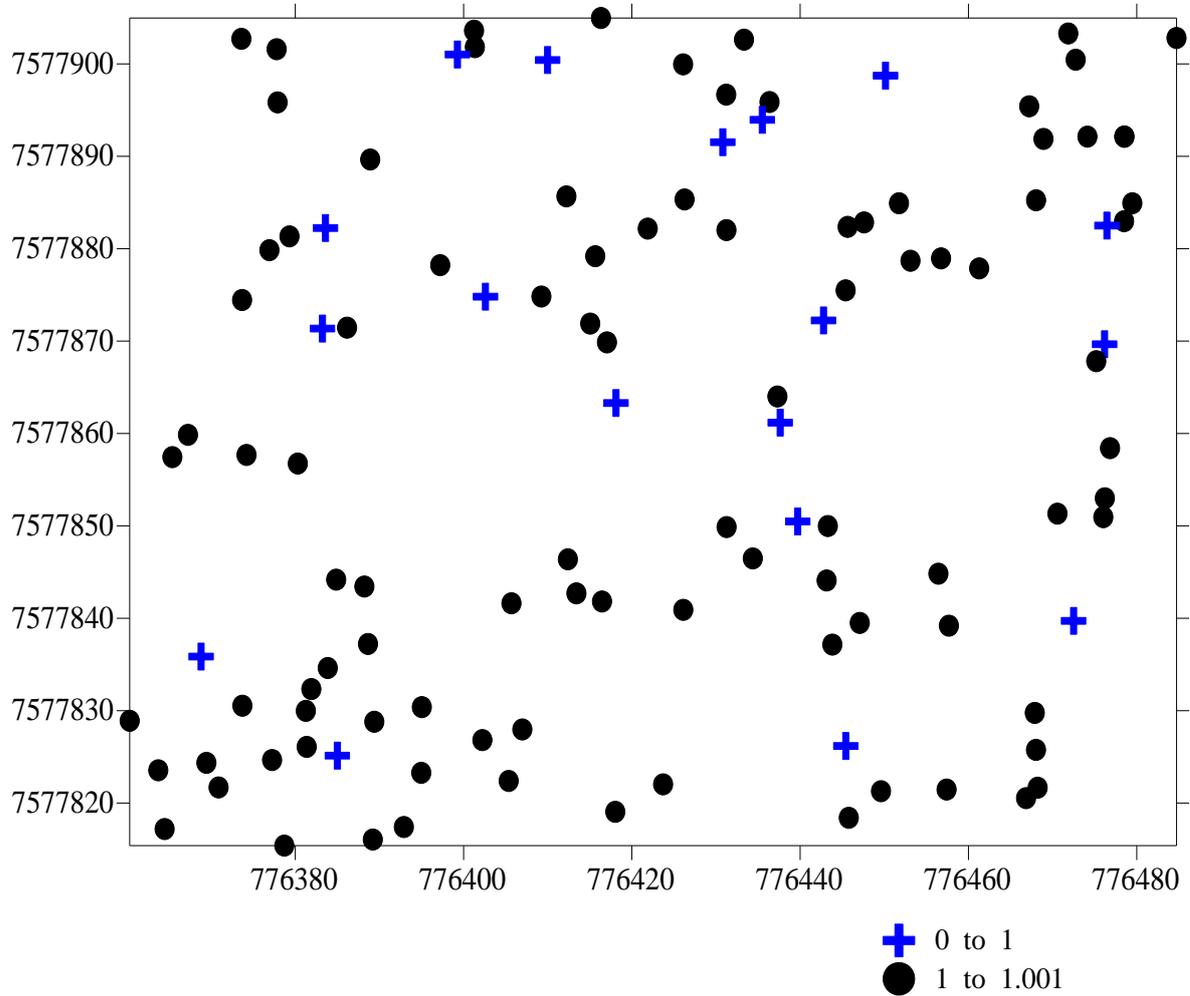


Figura 14. Distribuição espacial da vitalidade dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brillante, MS. (+ = ninho sem atividade dos térmitas, morto; O = ninho ativo).

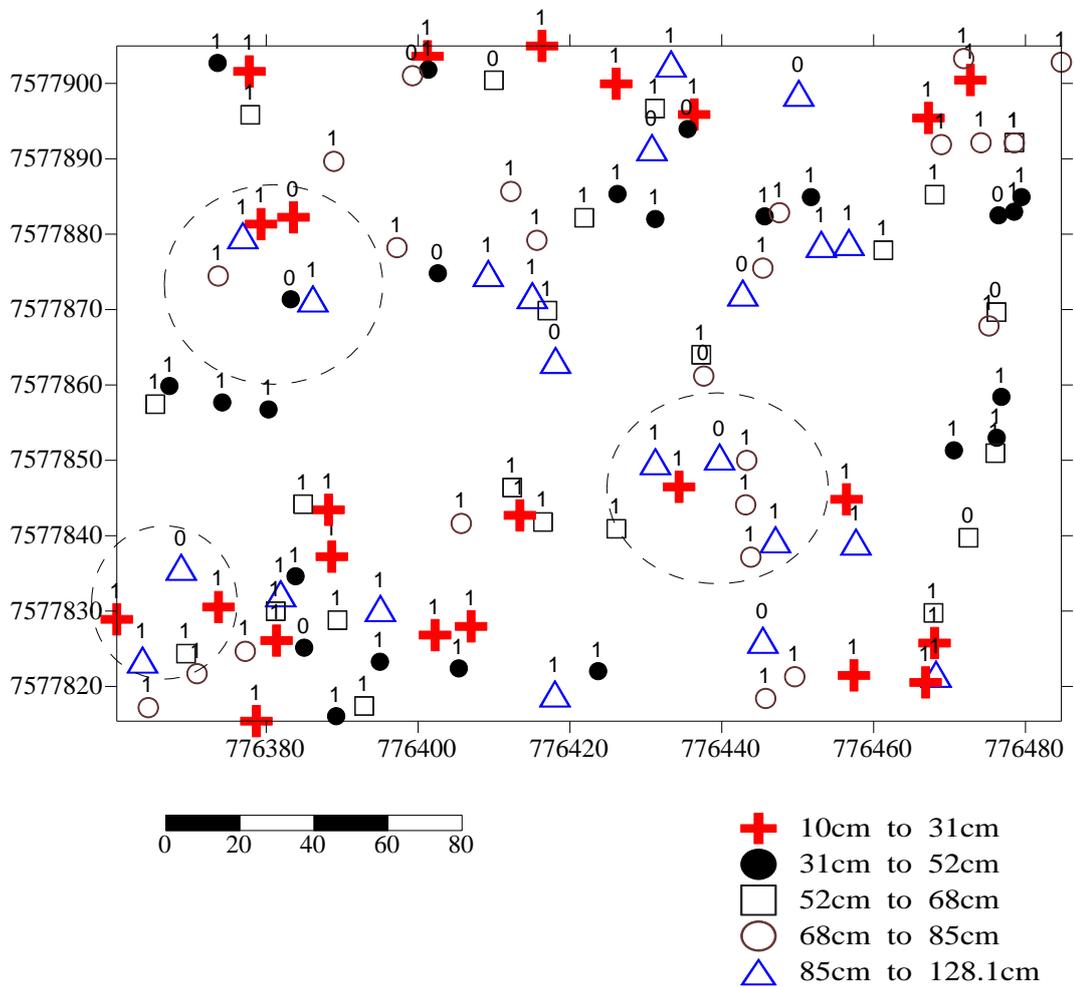


Figura 15. Distribuição espacial da altura e vitalidade dos ninhos no Pasto 3, na Fazenda Campana, Rio Brilhante, MS. (1= ninhos ativos; 0 = ninhos mortos).

3.4 CONCLUSÕES

Foram encontradas espécies pertencentes aos grupos alimentares, humívoros, intermediários e que consomem liteira; a espécie mais abundantemente amostrada foi *Cornitermes cumulans*.

A análise de $\delta^{15}\text{N}$ confirmou a eficiência da análise para identificar hábitos alimentares dos térmitas. A análise de $\delta^{13}\text{C}$ indicou a preferência da braquiária como fonte alimentar das espécies que se utilizam da liteira, como *C. cumulans*.

A área ocupada pelos ninhos, com 0,4 a 1,0% da área das pastagens, não representa prejuízo quanto à área útil, sendo a distribuição espacial dos ninhos nas pastagens dada de forma aleatória.

4 CAPÍTULO II
INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM PASTAGENS COM
PRESENÇA E AUSÊNCIA DE NINHOS DE TÉRMITAS

RESUMO

A presença de ninhos epígeos de térmitas em áreas de pastagem é comumente atribuída à degradação, no entanto, essa relação não está clara. Caracterizar o processo de degradação em pastagem não é uma tarefa fácil, por envolver muitos fatores. A produtividade é influenciada por alguns fatores e a avaliação desses pode indicar alterações que levam ao estágio de degradação. O estudo apresentado nesse capítulo teve como objetivo avaliar áreas de pastagens por meio de indicadores químicos, físicos e biológicos quanto à sua degradação e verificar uma possível relação com a ocorrência de ninhos epígeos de térmitas. A pesquisa foi realizada na Fazenda Campana, localizada no Município de Rio Brilhante, MS. Foram selecionadas três áreas de pastagem: Pasto 1, sem ninhos epígeos; Pastos 2 e 3 com ninhos; e uma área de vegetação nativa de Cerrado. Em cada pasto, foram delimitados quatro hectares e divididos em parcelas de 1 ha, para amostragem e avaliação da granulometria e fertilidade do solo; biomassa microbiana do solo e sua atividade; nitrogênio potencialmente mineralizável; produção da gramínea em oferta; liteira existente e depositada no período de 28 dias; fração leve livre da matéria orgânica do solo e macrofauna invertebrada do solo. A análise granulométrica mostrou diferença entre as áreas, que influenciou em alguns resultados. Especialmente entre as áreas com ausência e maior quantidade de ninhos (Pasto 1 e Pasto 3), os indicadores relacionados aos atributos solo não mostraram diferenças significativas, inclusive quanto à acidez do solo. Os indicadores relacionados à planta (rebrotas e liteira) foram mais sensíveis, especialmente no que se refere aos valores do Pasto 1 e Pasto 3, onde houve maior tendência em diferir as áreas. Não houve diferença entre as áreas de pastagens com presença e ausência de ninhos, em relação aos indicadores de degradação. Nas áreas estudadas, a presença de ninhos epígeos de cupins não foi confirmada como indicador de degradação química e biológica da pastagem e não está associada à alteração na dinâmica de resíduos da parte aérea da braquiária.

Palavras-chave: Produtividade. Manejo do solo. Pasto degradado.

ABSTRACT

The presence of epigeal termite nests in pastures is commonly attributed to pasture degradation, however this relationship is unclear. To characterize the degradation process in pasture is not an easy task because it involves many factors. Productivity is influenced by many factors and evaluation of these changes may indicate how degradation progresses. This work related in this chapter aimed to evaluate areas of pastures by means of chemical, physical and biological indicators to verify a possible relationship with the occurrence of epigeal termite nests. The research was conducted at Campana Farm, located in Rio Brilhante, MS. We selected three areas of pasture: a pasture without epigeal nests; Pasture 2 and 3 with nests, and an area of native vegetation of the Cerrado. In each pasture areas were enclosed and divided into plots of 1 ha for sampling and evaluation of soil particle size, soil fertility, soil microbial activity, nitrogen mineralization potential, production of grass on offer; existing litter and that deposited within 28 days; light fraction of soil organic matter and soil invertebrate macrofauna. The particle size analysis showed differences between the areas, which had some influence on the results. Among the areas with the greatest number and absence of nests (Pasture 1 and Pasture 3), indicators related to soil showed no significant differences, including soil acidity. The indicators related to the plant (regrowth and litter) were more sensitive, especially in relation to the values of Pasture 1 and Pasture 3, where the differences were greatest. There was no difference between pastures with and without nests in relation to indicators of degradation. In the areas studied the presence of epigeal termite nests has not been confirmed as an indicator of chemical and biological degradation of the pasture and is not associated with changes in the dynamics of shoot residues of *Brachiaria*.

Key words: Productivity. Soil management. Degraded pasture.

4.1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, especialmente na região central do Brasil vem passando por grandes transformações, iniciadas na década de 70, como nova fronteira agrícola. A existência de uma estação seca e outra chuvosa, bem definidas, que favorece o planejamento do plantio e colheita (Siqueira Neto et al., 2009), e as características de relevo plano a suave ondulado, associadas às questões de ordem tecnológica, fizeram com que a região se tornasse uma das principais frentes de produção agrícola e pecuária no País (Kluthcouski et al., 2004).

Em grande parte da área do Cerrado, houve a retirada da mata nativa para introdução, em larga escala, de gramíneas de origem africana, principalmente *Brachiaria* spp. (Macedo, 1995). As pastagens são manejadas, normalmente, em sistema extensivo, com baixo uso de fertilizantes ou, em muitos casos, sem a adição desses insumos. Como resultado, os índices de produtividade dos sistemas pecuários são baixos e os declínios de produção ao longo do tempo são evidentes (Miranda, 2000). De acordo com Macedo (1995), as pastagens em degradação têm baixa capacidade de suporte e caracterizam-se por reduzida cobertura vegetal, pequeno número de plantas novas (provenientes da ressemeadura natural), com áreas invadidas por plantas não palatáveis e densamente ocupadas por ninhos epígeos de cupins.

Dentre os fatores mais importantes relacionados à degradação das pastagens, destacam-se o manejo animal inadequado e a falta de reposição de nutrientes. Assim, o processo de degradação tem sido acelerado pela lotação animal excessiva, sem os ajustes para a adequada capacidade de suporte, e a ausência de adubação de manutenção (Macedo, 2009). Para Oliveira et al. (2004), N e P são os nutrientes que mais limitam o crescimento das braquiárias em solos de Cerrado, dos quais seria o primeiro o mais relevante. De acordo com Boddey et al. (2004), as perdas de N associadas às excretas dos bovinos seria uma das hipóteses para explicar o início do processo de degradação.

A queda na produção de massa verde é um dos principais sinais de degradação. Porém, outras modificações menos perceptíveis, como alterações físicas, químicas e da fauna do solo (Rodrigues et al., 2000; Boddey et al., 2004) já estavam presentes. De acordo com Brossard e Barcellos (2005), a fauna do solo não contribui para o processo de degradação, mas se observa uma adequação temporal da idade da pastagem e adaptação das populações de macrofauna de invertebrados à oferta trófica do ambiente de pastagem. Ou seja, os grupos mais adaptáveis, como os térmitas, que utilizam os recursos disponíveis de forma eficiente se estabelecem efetivamente mesmo ao longo do processo de degradação.

Alguns autores citam a presença de ninhos de térmitas (cupins) como um sinal do processo de degradação em pastagens (Macedo, 1995; Braz et al., 2004; Aquino et al., 2008). Santos et al. (2007) caracterizaram os estádios de degradação em inicial e moderado, ao considerar a menor e maior quantidade de ninhos nas áreas. Esse número tende a aumentar em áreas menos sujeitas à mecanização, portanto, pastagens mais velhas normalmente apresentam níveis de infestação mais elevados (Valério, 2006), sem necessariamente estar em processo de perda de vigor.

Embora a presença de ninhos de térmitas (cupinzeiros) frequentemente esteja associada à degradação da pastagem ou mesmo a processos como diminuição da fertilidade e, especialmente, aumento da acidez do solo, não está claro se o aparecimento dos ninhos seria uma consequência da degradação ou um fenômeno natural induzido pela falta de controle do inseto.

O objetivo dos estudos apresentados neste capítulo foi avaliar áreas de pastagens por meio de indicadores químicos, físicos e biológicos quanto à sua degradação e verificar uma possível relação com a ocorrência de ninhos epígeos de térmitas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

Os trabalhos foram realizados na Fazenda Campana, no Município de Rio Brillhante, MS, descrita no Capítulo I.

4.2.2 Caracterização das áreas

As áreas selecionadas apresentavam histórico semelhante: antes de 1989, eram utilizadas como pasto de *Panicum maximum*, que foi degradado e depois foi dominado pela grama mato-grosso, também conhecida por grama-batatais (*Paspalum notatum*). De 1989 a 1991, a área foi cultivada com soja e, em seguida, com *B. brizantha*, tendo sido dividida em sete piquetes de aproximadamente 60 ha. Em cada invernada, o gado pasteja por sete a oito dias e após esse período, é conduzido a outro piquete. Desde a sua implantação, a pastagem foi mantida sem nenhuma adição de fertilizante.

Foram selecionadas três áreas de pastagens de 1 ha, em diferentes piquetes, a fim de formar uma cronossequência considerando diferenças na densidade de ninhos de térmitas. Para a escolha das áreas, considerou-se a proximidade e a similaridade topográfica, o manejo, a idade, e o contraste na ocorrência de ninhos de cupins. As amostragens foram realizadas nas seguintes áreas:

Pasto 1- sem ninhos de térmitas (Figura 16);

Pasto 2 - com a média de 68 ninhos por ha;

Pasto 3 - com a média de 128 ninhos por ha.

Além das áreas de pasto, foram realizadas coletas numa área com mata natural de Cerradão (Figura 16), localizada dentro de um piquete, ao lado do Pasto 3, que era eventualmente utilizada como abrigo para o gado. As áreas eram justapostas, e os pontos de coleta de cada uma estavam distantes aproximadamente 1.500 m.



Pasto 1



Cerradão

Figura 16. Área de pastagem (Pasto 1) e fragmento de Cerradão, na fazenda Campana, Município de Rio Brillhante, MS. Fotos: Sandra Lima, 2010.

Em cada área de pastagem, foram delimitados 4 ha e divididos em quatro parcelas de 1 ha para as avaliações dos indicadores de degradação, de acordo com Oliveira et al. (2004).

1. Análise granulométrica do solo
2. Fertilidade do solo;
3. Carbono da biomassa microbiana do solo, atividade microbiana e índices derivados;
4. Nitrogênio potencialmente mineralizável;
5. Forragem em oferta e taxa de rebrota em um período de 28 dias após um corte a 5 cm do solo;
6. Liteira existente na superfície do solo e a taxa de deposição da mesma em um período de 28 dias;
7. Fração livre leve do fracionamento físico da matéria orgânica do solo;
8. Macrofauna invertebrada do solo.

4.2.3 Amostragem de solo

O solo foi amostrado em abril de 2010, com a coleta de três amostras compostas, a partir de cinco amostras simples, nas camadas de 0–5 e de 5–15 cm, com uso de trado holandês. Cada área foi dividida em quatro parcelas de 1 ha, com três amostras compostas por hectare, totalizando 12 amostras compostas por área. Também foram feitas amostragens terra nas áreas de Cerrado, mas os resultados não foram comparados aos das pastagens, por serem considerados solos sem interferência antrópica, sendo coletadas três amostras compostas. As amostras foram identificadas e encaminhadas à Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS, e Embrapa Agrobiologia, localizada em Seropédica, RJ, para posterior execução das análises.

4.2.4 Granulometria e umidade gravimétrica

Para a análise granulométrica, as percentagens das frações areia, silte e argila foram avaliadas por meio de peneiramento, seguido do método da pipeta (Embrapa, 1997). Utilizaram-se as amostras coletadas na profundidade de 0-5 cm.

A análise da umidade gravimétrica do solo foi determinada de acordo com (Embrapa, 1997). Para cada amostra, em ambas as profundidades, foram pesados 20 g de terra as quais e secas em estufa a 105°C, por 24 horas. No cálculo, foi utilizada a equação: $U (g\ g^{-1}) = (Massa_{úmida} - Massa_{seca}) / Massa_{seca}$.

4.2.5 Fertilidade do solo

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizada e peneiradas (2,0 mm de malha), obtendo-se terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização química do solo foi realizada pelas análises: pH em água; complexo sortivo (Al, Ca, Mg, Al+H, K e Na); P (Mehlich-1); e capacidade de troca catiônica (CTC), de acordo com Embrapa (1997).

4.2.6 Carbono orgânico total e biomassa microbiana

A determinação do carbono orgânico total foi realizada por via seca, a partir de 250 mg de amostra de solo (trituras com almofariz e pistilo de ágata), por oxidação a 900 °C, tendo-se utilizado analisador elementar de carbono (TOC-V, Shimadzu, Kyoto, Japão), no Laboratório de Solos, Plantas e Corretivos da Embrapa Agropecuária Oeste. Para os cálculos, utilizou-se curva de calibração obtida com padrão de glicose.

O carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, conforme Vance et al. (1987). A respiração basal (C-CO₂), obtida pela incubação

das amostras com captura de CO₂, em NaOH, durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976). O quociente metabólico, (qCO₂), foi definido por meio da relação entre a respiração e o C da biomassa microbiana (C-CO₂/C-BMS), de acordo com Anderson e Domsch (1990).

Os índices da qualidade nutricional da matéria orgânica foram expressos pelo quociente microbiano (qMIC), definido pela relação entre o C da biomassa microbiana e o C orgânico total do solo. O conteúdo de matéria orgânica (MO) foi determinado, conforme Embrapa (1997). Todas as determinações foram efetuadas em triplicatas.

4.2.7 Nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot})

A mineralização em condições anaeróbicas foi adaptada de Waring e Bremner (1964), para determinação do nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot}). Foram pesados 10g de terra fina seca ao ar (TFSA) de cada amostra, em tubos (tipo Falcon) identificados e com peso conhecido. Posteriormente, adicionada uma lâmina de 2,5 cm de água destilada e os tubos pesados novamente. Os tubos foram agitados para eliminação de bolhas de ar presas no solo e, após agitação, foram fechados com filme plástico (Parafilm®) e colocados em incubação em estufa a 40°C, por um período de sete dias. Após o período de incubação, foram adicionados 20 mL de KCl 2 mol L⁻¹ à mistura solo-água e os tubos agitados por 30 minutos, em agitador horizontal, a 240 rpm. Após agitação, as amostras foram deixadas em repouso, para decantação, por 30 minutos, e o material sobrenadante filtrado em papel de filtro Whatman 42. Os filtrados foram acondicionados em frascos, onde permaneceram refrigerado a 5°C, até a análise de amônio. As determinações do N-NH₄⁺, após a incubação anaeróbica, foram feitas de acordo com o método de Kempers e Zweers (1986), descrito a seguir. Foram determinados os teores do N-NH₄⁺ antes da incubação anaeróbica, para avaliação do teor de N-NH₄⁺ inicial, calculando-se a diferença de N-NH₄⁺ entre a amostra incubada e a não incubada, obtendo-se, assim, o amônio produzido durante a incubação.

Amostras de TFSA contendo somente água destilada também foram incubadas e analisadas para controle (branco). A determinação do N_{pot} possui limitações quanto à replicabilidade, levando à alta variabilidade até mesmo em réplica de laboratório, sendo necessário o uso de triplicatas. Para cada amostra, foi necessário à determinação da umidade gravimétrica.

Análise de amônio

A determinação do N-NH₄⁺ foi realizada pela absorvância, por espectrofotometria. O método utiliza os seguintes reagentes:

R1: Dissolvidos 33 g de salicilato de sódio (NaC₇H₅O₃) e 20 mg de nitroprussiato de sódio (Na₂Fe(CN)₅NO.5H₂O) em 100 mL de água destilada;

R2 – Dissolvidos 9,33 g de citrato de sódio e 4 g de hidróxido de sódio (NaOH) em água destilada para um volume final de 100 mL;

R3 (Mix) – trata-se de um combinado dos reagentes 1 e 2, que se obtém pela mistura de uma parte do reagente 1 (um) com duas partes do reagente 2 (R2);

R4 – Hipoclorito de sódio, no caso de hipoclorito 5%, diluído 20 mL em 50 mL de água destilada.

Para a determinação, 4 mL do extrato foram transferidos para tubos de ensaio de 10 mL, onde, adicionou-se 0,9 mL do reagente R3 e 0,1 mL de hipoclorito de sódio. A reação ocorreu em ausência de luz, por 120 minutos.

A solução estoque contendo 1000 mg L⁻¹ de N-NH₄⁺ foi elaborada com 0,571 g de NO₃NH₄, dissolvidos em 100 mL da solução de KCl 2 mol L⁻¹. Com esta solução, foram preparadas duas soluções de trabalho. Uma com a diluição de 10 mL da solução estoque de 1000 mg L⁻¹ em 100 mL de KCl 2 mol L⁻¹, outra com 1 mL da solução de 1000 mg L⁻¹ em

100 mL de KCl 2 mol L⁻¹. A partir dessas soluções, foram preparadas duas curvas analíticas com padrões de baixa concentração de N, na forma de nitrato e na forma de amônio (0,0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0 mg N-NH₄⁺ L⁻¹), e outra com concentrações mais elevadas, na faixa de 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0 e 10,0 mg N-NH₄⁺ L⁻¹. Essas curvas padrões foram estabelecidas com a tomada de alíquotas de 4,0 mL de cada uma das soluções padrão, adicionando-se 0,9 mL de solução reagente (R3) e 0,1 mL de solução de hipoclorito, preparadas imediatamente antes de serem utilizadas. As alíquotas foram igualmente deixadas em descanso, por 120 minutos, protegidas da luz.

As concentrações de N-NH₄⁺ de cada filtrado foram lidas em 647 nm em espectrofotômetro digital Shimadzu UV-1203. E os teores de amônio calculados com análise de regressão linear simples, obtida com a leitura das soluções padrão com diferentes concentrações de nitrogênio.

Para determinação da umidade gravimétrica, pesou-se aproximadamente 10 g de TFSA em cadinho identificado e de peso conhecido, levados à estufa a 105°C por 24 h. Após a retirada das amostras da estufa, foram acondicionadas em dessecador até que esfriassem, para posterior pesagem.

$$Ug \text{ (g g}^{-1}\text{)} = \frac{(PSu - Pk) - (PSs - Pk)}{(PSs - Pk)}$$

Onde: Ug = Umidade gravimétrica (g g⁻¹); PSu = Peso do solo úmido (g); Pk = Tara do Cadinho (g); PSs = Peso do solo seco à 105°C (g).

Calculo do nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot})

$$NPM \text{ (mg N kg}^{-1}\text{)} = \frac{\left((Ug + Va + Vk) \times C \right)_{in} - \left((Ug + Va + Vk) \times C \right)_{ni}}{\left(\frac{Ps}{1 + Ug} \right)}$$

Onde: N_{pot} = Nitrogênio potencialmente mineralizável (mg N kg⁻¹); Ug = Umidade gravimétrica (g g⁻¹); Va = Volume de água (g); Vk = Volume de KCl (mL); C = Concentração de N-NH₄⁺ presente no extrato (mg L⁻¹); in = amostra incubada; ni = amostra não incubada; Ps = Peso de TFSA (g).

4.2.8 Forragem em oferta e taxa de rebrota

A gramínea em oferta foi quantificada por meio do corte das plantas a 10 cm do solo, numa área medindo 1 x 1 m com quatro repetições por hectare. Antes da pesagem, o material foi seco em estufa com ventilação forçada por 72 horas, a 65°C. A taxa de rebrota em cada pastagem foi avaliada após 28 dias, por meio do corte da rebrota nestas mesmas áreas. As amostras foram secas em estufa seguindo os mesmos procedimentos da primeira amostragem e, em seguida, pesadas.

Os locais de avaliação foram protegidos por gaiolas de reclusão de 1 x 1 m. Porém em virtude do volume transportado, não foi possível cobrir todos os locais de coleta. Diante disso, considerando a ordem do rodízio do gado nas áreas, optou-se por deixar o Pasto 3 sem gaiolas, já que não entraria gado durante o período de rebrota. No entanto, devido a uma falha de comunicação entre os funcionários da fazenda, o piquete foi ocupado antes do período de 28 dias, impossibilitando a avaliação da rebrota, motivo pelo qual foi realizada nova avaliação

no mesmo período do ano seguinte (maio de 2011). Esta avaliação foi realizada em 1 ha, com um número maior de repetições (seis); dessa forma, foi possível instalar gaiolas de proteção em todos os locais de coleta, para todas as áreas de pasto.

4.2.9 Liteira existente e deposição

Termos como liteira, serapilheira, serrapilheira, mantilho, folhede e folhiço são utilizados nas publicações em referência ao material vegetal morto sobre o solo. Neste trabalho, optou-se por utilizar o termo liteira, considerando que essa denominação é empregada por muitos autores nos trabalhos realizados em pastagens (Corazza et al. 1999; Rezende et al., 1999; Nascimento Jr. 2001; Oliveira et al., 2004; Braz et al., 2004; Santos et al., 2007; Rodrigues et al., 2009).

O aporte da liteira foi determinado a partir de uma área de 1 x 1 m, com quatro amostras por hectare. O material foi totalmente removido manualmente, lavado, seco e pesado. A avaliação foi realizada em dois tempos; na primeira amostragem (tempo 0) foi avaliada a quantidade de liteira existente. Após 28 dias, houve a remoção da liteira depositada no período, dentro das mesmas áreas do tempo zero.

4.2.10 Fração leve da matéria orgânica do solo

A avaliação das frações leve da matéria orgânica foi realizada por meio do fracionamento físico, por densidade das amostras de solo de acordo com Sohi et al. (2001).

A partir de uma pequena alíquota de TFSA, foi determinado o teor de umidade. Posteriormente, foram pesados 5g de TFSA e transferidos para frascos de centrífuga de 50 mL, adicionando-se 35 mL de iodeto de sódio (NaI) com densidade de 1,8 g cm⁻³. Após agitadas manualmente por 30 segundos, as amostras foram centrifugadas à 18000 rpm, por 15 minutos, sob uma temperatura de 18° C, a fim de sedimentar as partículas minerais do solo no fundo do frasco. A fração orgânica sobrenadante presente na solução (fração leve livre) foi succionada juntamente com a solução de NaI (d = 1,8 g cm⁻³), e imediatamente separada por filtração à vácuo (Sistema Asséptico Sterifil, 47 mm – Millipore), com filtros de fibra de vidro (47 mm de diâmetro; 2 microns – Whatman tipo GF/A), previamente pesados.

As frações coletadas foram cuidadosamente lavadas com água destilada, visando eliminar o excesso de NaI presente na fração e no filtro. Posteriormente, a fração orgânica, juntamente com o filtro, foi seca a 65°C e pesada.

4.2.11 Amostragem e determinação da macrofauna do solo

A amostragem da macrofauna invertebrada foi realizada em dezembro de 2010, período chuvoso na região. A metodologia utilizada foi adaptada da desenvolvida pelo programa de Biologia e Fertilidade dos Solos Tropicais (TSBF) da UNESCO (Anderson e Ingram, 1993). Foram coletados cinco monólitos de solo, em cada pasto, com o auxílio de um gabarito com 25 x 25 cm a 10 cm, de profundidade, em pontos de amostragens distanciados 10 metros entre si. Os animais triados foram acondicionados em frascos contendo álcool 70%.

O material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Fauna do solo da Embrapa Agrobiologia, para a identificação ao nível de ordem e classificação, de acordo com o grupo funcional específico. Essa categorização permitiu avaliar a participação de cada nível trófico nos diferentes sistemas.

A densidade da macrofauna invertebrada do solo foi obtida a partir da transformação do número de indivíduos encontrados em cada amostra, para número de indivíduos por metro quadrado (ind m⁻²), calculando-se as médias e os erros padrão. As comparações das comunidades das diferentes áreas foram feitas mediante a utilização do índice de diversidade

de Shannon ($H = -\sum p_i \cdot \log p_i$; onde $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo, $N = \sum$ da densidade de todos os grupos), equitabilidade de Pielou: $e = H/\log R$; onde: R = riqueza, representada pelo número de grupos taxonômicos. A macrofauna foi classificada de acordo com o papel funcional.

4.2.12 Análises dos dados

Para a análise dos dados, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. Para verificar as diferenças entre as médias dos indicadores analisados, os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Cochran e Bartlett para verificar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos dados, nessa ordem. Os dados que não atenderam à premissa da ANOVA foram submetidos à análise não paramétrica. As médias foram comparadas pelos testes de Kruskal Wallis ou Wilcoxon, com probabilidade de erro de 5%, pelo programa SAEG 5.0 (Ribeiro Júnior, 2001). As variáveis que atenderam a, pelo menos uma premissa, foram submetidas à análise de variância por ANOVA, e as médias foram comparadas pelo teste de t (Bonferroni), a 5% de probabilidade, pelo programa SISVAR (Ferreira, 2008).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Granulometria

Os valores observados na análise granulométrica indicam que não há diferenças significativas nos solos dos Pastos 1 e 3. Por outro lado, o Pasto 2 diferiu significativamente dos Pastos 1 e 3 com a menor porcentagem de argila e maior de areia (Tabela 9). Esses resultados indicam que há maior similaridade entre os solos dos Pastos 1 e 3, e que, apesar de não terem sido comparados com a mata foram numericamente muito similares.

Tabela 9. Granulometria do solo na profundidade de 0-5 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

| Tratamento | Areia | Silte | Argila |
|------------|--------------------------------|-------|--------|
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | | |
| Pasto 1 | 622 b | 94 a | 283 a |
| Pasto 2 | 772 a | 69 a | 158 b |
| Pasto 3 | 584 b | 94 a | 321 a |
| Mata | 580 | 88 | 331 |
| CV (%) | 6,93 | 16,40 | 17,81 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

4.3.2 Fertilidade do solo

Em relação aos valores de pH em H₂O e pH em CaCl₂ nas áreas de pastagens, os valores observados diferiram entre os pastos, sendo o maior valor verificado no Pasto 3 e o menor no Pasto 2, na profundidade de 0-5 cm. Já na profundidade de 5-15 cm, não houve diferença entre os valores de pH entre as pastagens (Tabela 10). Os valores de Al³⁺ e H+Al³⁺, em ambas as profundidades, também não revelaram diferenças significativas entre as áreas de pasto. Essa informação contraria a ideia de que a presença dos ninhos é relacionada à maior acidez do solo. O Pasto 1, sem ninhos de térmitas, é similar aos Pastos 2 e 3 tomados por ninhos de térmitas, não havendo diferença quanto à acidez dos solos.

A concentração de P nas áreas de pastagens não apresentou diferenças significativas, os maiores valores foram observados na profundidade de 0-5 cm. O P é o nutriente mais citado como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado o nutriente mais importante para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado (Vilela et al., 1998). Os valores observados neste estudo foram superiores aos observados por Oliveira et al. (2004). Estes autores verificaram que, na maioria das pastagens avaliadas, a concentração de P no solo encontrava-se abaixo do limite de detecção (1 mg dm⁻³) na metodologia utilizada.

Tabela 10. Características químicas do solo nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS.

| Tratamentos | pH em H ₂ O | pH em CaCl ₂ | Al ³⁺ | H+Al ³⁺ | P |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|-------|
| | | | | | |
| Profundidade 0-5 cm | | | | | |
| Pasto 1 | 5,8ab | 5,1ab | 0,0a | 4,03a | 1,75a |
| Pasto 2 | 5,6b | 4,9b | 0,0a | 3,61a | 1,32a |
| Pasto 3 | 5,9a | 5,2a | 0,0a | 3,89a | 1,42a |
| Mata | 6,9 | 6,4 | 0,0 | 2,07 | 3,19 |
| CV (%) | 2,25 | 2,94 | 0,00 | 10,40 | 33,88 |
| Profundidade 5-15 cm | | | | | |
| Pasto 1 | 5,6a | 4,9a | 0,0a | 2,92a | 0,89a |
| Pasto 2 | 5,5a | 4,8a | 0,0a | 2,35a | 0,82a |
| Pasto 3 | 5,6a | 4,9a | 0,1a | 2,60a | 0,81a |
| Mata | 6,4 | 5,7 | 0,0 | 2,8 | 1,01 |
| CV (%) | 3,19 | 4,22 | 212,14 | 13,98 | 46,90 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

Houve diferenças para os valores de Mg e K na profundidade de 0-5 cm, onde o Pasto 3 apresentou os maiores valores, especialmente em relação ao Pasto 2 (Tabela 11). No que se refere à CTC, verificou-se a similaridade entre os Pastos 1 e 3, sendo superiores (P<0,05) ao Pasto 2, em ambas as profundidades. Não foram observadas diferenças significativas entre os demais atributos químicos do solo nas pastagens em ambas as profundidades. De acordo com Oliveira et al. (2004), os resultados da fertilidade do solo não são adequados como indicadores da produtividade das pastagens. No entanto, os resultados obtidos nesse estudo indicam que, para essas áreas, a diferença do número de ninhos epígeos nas diferentes áreas de pastagem não deve ser relacionada às características químicas do solo, especialmente à acidez do solo, relatado comumente pelos agricultores como principal condição para o aumento da comunidade de térmitas.

Tabela 11. Características químicas do solo nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brillante, MS.

| Tratamentos | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | SB | CTCe | CTC | V |
|-----------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|-------|-------|-------|--------|
| -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | | % |
| Profundidade 0-5 cm | | | | | | | |
| Pasto 1 | 3,48a | 1,94ab | 0,30ab | 5,73a | 5,73a | 9,76a | 58,67a |
| Pasto 2 | 2,42a | 1,25b | 0,20b | 3,88a | 3,88a | 7,49b | 51,74a |
| Pasto 3 | 3,20a | 2,16a | 0,70a | 6,08a | 6,08a | 9,97a | 60,05a |
| Mata | 9,75 | 3,57 | 0,61 | 13,94 | 13,94 | 16,02 | 86,50 |
| CV (%) | 18,38 | 18,97 | 52,92 | 20,73 | 20,73 | 10,45 | 9,72 |
| Profundidade 5-15 cm | | | | | | | |
| Pasto 1 | 2,92a | 1,11a | 0,19ab | 4,23a | 4,23a | 8,23a | 51,42a |
| Pasto 2 | 2,35a | 0,59a | 0,12b | 3,06a | 3,06a | 6,36b | 47,92a |
| Pasto 3 | 2,60a | 1,12a | 0,39a | 4,12a | 4,19a | 8,38a | 48,28a |
| Mata | 3,80 | 2,15 | 0,43 | 6,39 | 6,39 | 9,22 | 68,91 |
| CV (%) | 26,87 | 33,74 | 48,00 | 27,67 | 26,71 | 9,12 | 17,39 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

4.3.3 Biomassa microbiana

A concentração de C da biomassa microbiana, apesar de apresentar diferença numérica, estatisticamente não houve diferença entre as pastagens, em ambas as profundidades de amostragem do solo (Tabela 12). Os resultados observados neste estudo corroboram com o verificado por Mercante et al. (2004), em área de pastagem contínua em Dourados, MS. No estudo de Carneiro et al. (2008) na região do Cerrado de Goiás, foram observados valores superiores aos verificados no presente estudo. De acordo com esses autores, a maior concentração de C da biomassa microbiana na pastagem está associada ao sistema radicular fasciculado da gramínea. Esse sistema concentra-se nos primeiros 10 cm de profundidade e resulta em maior entrada de carbono no solo, via rizosfera e necromassa, atuando na ativação da microbiota do solo. Para Mercante et al. (2004), os valores elevados dos teores de C microbiano indicam maior imobilização temporária de nutrientes e, consequentemente, menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta.

A biomassa microbiana pode ser indicador de perda de produtividade da pastagem. Luizão et al. (1999) observaram diferenças entre pastagens recentemente implantadas e pastagens com maior tempo de implantação, na Amazônia, o que pode ser atribuído à redução da disponibilidade de N no solo. Os autores observaram decréscimo significativo da quantidade de C no solo, na pastagem mais antiga. Oliveira et al. (2004) consideraram a biomassa microbiana como um bom indicador ao compararem pastagens de diferentes idades.

Os valores de respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMIC) dos pastos não diferiram estatisticamente em ambas as profundidades, tal fato pode ter sido influenciado pela grande variação dos valores. Porém, os valores foram superiores aos observados por Mercante et al. (2004). Para esses autores, valores mais elevados da respiração basal implicam em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de C do solo e/ou da biomassa microbiana. Os Pastos 1 e 3 mostram-se muito similares para indicadores microbianos e de C no solo, apesar das diferenças no número de ninhos.

Em relação ao teor de MO, os Pastos 1 e 3 apresentaram valores elevados e não diferiram entre si (Tabela 12). O menor valor de MO observado no Pasto 2, pode ser

atribuído à diferença na textura do solo que contém menor concentração de argila do que os demais pastos. Silva et al. (2011) observaram que a pastagem contínua apresentou maiores teores de MO quando comparada com outros sistemas agrícolas. No entanto, esse valor é ainda inferior ao verificado no presente estudo. Em virtude de sua massa radicular, as pastagens proporcionam a capacidade de manter, ou até mesmo aumentar, o teor de matéria orgânica do solo. De acordo com Oliveira et al. (2004), a liteira e as raízes superficiais nas pastagens contribuem para a maior concentração de carbono no solo. Corazza et al. (1999) observaram, em área de pastagem, uma tendência de aumento do conteúdo de C em profundidade e atribuíram ao sistema radicular mais agressivo da gramínea.

Tabela 12. Biomassa microbiana do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

| Tratamento | C-BMS µg C g ⁻¹ de solo seco | C-CO₂ µg C g ⁻¹ de solo seco | qCO₂ | qMIC % | MO g kg ⁻¹ |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|
| Profundidade 0-5 cm | | | | | |
| Pasto 1 | 301,90 a | 27,98 a | 41,78 a | 1,38 a | 40,02 a |
| Pasto 2 | 236,60 a | 23,53 a | 53,62 a | 1,66 a | 24,29 b |
| Pasto 3 | 284,92 a | 25,77 a | 44,07 a | 1,17 a | 41,22 a |
| Mata | 457,30 | 54,02 | 53,78 | 1,35 | 67,99 |
| CV (%) | 42,19 | 17,83 | 49,04 | 38,65 | 15,51 |
| Profundidade 5-15 cm | | | | | |
| Pasto 1 | 130,87 a | 18,95 a | 95,08 a | 0,97 a | 22,74 a |
| Pasto 2 | 114,88 a | 19,71 a | 91,10 a | 1,22 a | 16,47 b |
| Pasto 3 | 130,41 a | 17,67 a | 72,81 a | 0,78 a | 28,03 a |
| Mata | 205,83 | 26,53 | 56,11 | 1,64 | 22,50 |
| CV (%) | 67,19 | 5,69 | 53,18 | 57,51 | 11,84 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

4.3.4 Nitrogênio potencialmente mineralizável (N_{pot})

Para todas as áreas de pasto, em ambas as profundidades, os reservatórios lábeis de N foram semelhantes, representados pelo potencial de mineralização de nitrogênio (N_{pot}) (Tabela 13). Isso pode ser explicado pelo fato das áreas possuírem o mesmo sistema de manejo ao longo do tempo. A evolução dos teores do potencial de mineralização do nitrogênio, assim como, do carbono orgânico e nitrogênio total está relacionada aos históricos de manejo dos solos (Buso e Kliemann, 2003). De acordo com esses autores, o N_{pot} dos solos, independentemente do sistema de cultivo, é estreitamente associado à textura. Contudo, no presente estudo, a diferença da textura entre as áreas de pasto não foi suficiente para alterar o teor de nitrogênio potencialmente mineralizável.

No estudo de Oliveira (2000), que comparou N_{pot} em pastagens de *B. brizantha* de diferentes idades, *B. decumbens* de 16 anos degradada e mata no Estado de Goiás, foi verificada maior quantidade de N_{pot} no solo sob pastagem degradada em relação às demais pastagens, sendo as maiores concentrações verificadas na camada de 10-20 cm. Para esse autor, a explicação mais provável para aquelas áreas é que a maior quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável sob solo da pastagem degradada resulta do ingresso de resíduos ricos em N, proveniente de leguminosas invasoras. Além disso, explica que a maior concentração na camada 10-20 cm se deve ao maior acúmulo de resíduos vegetais nas camadas mais profundas, resultando em maior quantidade de substrato a ser mineralizado.

Tabela 13. Nitrogênio potencialmente mineralizável do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

| Tratamentos | $\mu\text{g N-NH}_4^+ \cdot \text{g}^{-1}$ solo seco | |
|-------------|------------------------------------------------------|---------|
| | 0-5 cm | 5-15 cm |
| Pasto 1 | 8,47 a | 6,16 a |
| Pasto 2 | 8,10 a | 7,02 a |
| Pasto 3 | 8,59 a | 8,10 a |
| Mata | 9,71 | 8,61 |
| CV (%) | 44,38 | 37,01 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferoni ($P < 0,05$).

4.3.5 Forragem em oferta e taxa de rebrota

A produção de material vegetal em oferta entre os Pasto 1 e 2 não diferiu estatisticamente, mais elevada do que Pasto 3 ($5,055 \text{ kg ha}^{-1}$) no momento da amostragem (Tabela 14). Esses resultados superam os encontrados por Braz et al. (2010), em pastagem de *B. brizantha*, considerada produtiva em estudo realizado no Município de Chapadão do Sul, MS. Santos et al. (2007) avaliaram pastagens com diferentes idades em Goiânia-GO e observaram quantidades ainda inferiores às obtidas nesse estudo, onde uma pastagem de *B. brizantha* com nove anos produziu 1.280 kg ha^{-1} de material em oferta. Embora os valores verificados sejam significativamente diferentes, esse dado não pode ser considerado suficientemente seguro para garantir que as áreas de Pasto 1 e 2 são mais produtivas que o Pasto 3, devido ao período de tempo em que houve rotação do gado nas áreas, que podem influenciar na quantidade de material em oferta no momento da amostragem.

Em relação à taxa de rebrota, os valores obtidos no Pasto 1 e no Pasto 2 diferiram significativamente. Os valores observados na rebrota sugerem que o Pasto 1 apresenta melhor produtividade em relação ao Pasto 2. Em virtude da impossibilidade da coleta dos dados no Pasto 3, foi realizada outra avaliação, no mesmo período do ano seguinte, onde pode-se observar que houve um decréscimo dos valores da forragem em oferta. Não houve diferença entre os pastos, apesar de numericamente apresentarem diferença entre as áreas, especialmente em relação aos Pastos 1 e 3 (Tabela 15).

Tabela 14. Produção de matéria seca de forragem e taxa de rebrota em áreas de pastagens, em maio de 2010, na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

| Tratamento | Oferta | Rebrota 28 dias |
|------------|---------|---------------------|
| | | kg ha^{-1} |
| Pasto 1 | 6,332 a | 434 a |
| Pasto 2 | 6,577 a | 236 b |
| Pasto 3 | 5,055 b | nd |
| CV (%) | 21,74 | 24,80 |

Médias (16 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$). *nd – não foi possível concluir a avaliação da rebrota.

Tabela 15. Produção de matéria seca de forragem e taxa de rebrota em áreas de pastagens, em maio de 2011, na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS.

| Tratamento | Oferta | Rebrota 28 dias |
|------------|---------------------|-----------------|
| | kg ha ⁻¹ | |
| Pasto 1 | 5,366 a | 231 a |
| Pasto 2 | 5,144 a | 115 b |
| Pasto 3 | 4,888 a | 134 ab |
| CV (%) | 17,35 | 39,30 |

Médias (6 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

4.3.6 Liteira existente e deposição

No que concerne à liteira, houve diferença na quantidade existente (tempo zero) entre as áreas de pasto estudadas, sendo o menor valor verificado no Pasto 3, enquanto o maior valor foi observado no Pasto 2. Por outro lado, a liteira depositada após 28 dias nos pastos 1 e 2 não diferiu, embora tenha apresentado uma diferença numérica; e essas áreas diferiram do Pasto 3 que, obteve menor quantidade de liteira depositada (922 kg ha⁻¹) (Tabela 16). A maior quantidade de liteira depositada sobre o solo indica maior aporte de matéria orgânica, além de melhores condições para a biota do solo em relação à disponibilidade de alimento e ao microclima. A quantidade de liteira depositada em 28 dias no Pasto 1 (1.629 kg ha⁻¹) foi superior ao verificado por Santos et al. (2007) em áreas com *B. brizantha* de 9 anos (109 kg ha⁻¹) e em áreas com *B. decumbens* de 20 anos (232 kg ha⁻¹).

Tabela 16. Acúmulo de liteira e produção em 28 dias após a coleta da liteira existente em áreas de pastagens, em maio de 2010, na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS.

| Tratamento | Liteira Existente | Liteira Depositada |
|------------|---------------------|--------------------|
| | kg ha ⁻¹ | |
| Pasto 1 | 1,462 ab | 1,629 a |
| Pasto 2 | 1,564 a | 1,468 a |
| Pasto 3 | 1,154 b | 922 b |
| CV (%) | 27,46 | 26,24 |

Médias (16 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

Na segunda avaliação da liteira, realizada por ocasião da coleta de dados da rebrota, os valores observados, tanto para liteira existente quanto para a depositada em 28 dias, também foram menores que os observados na primeira avaliação e não diferiram estatisticamente. Contudo, houve a mesma tendência numérica observada na avaliação da rebrota, na qual os pastos 1 e 3 apresentam maior distância entre os valores (Tabela 17). Diante disso, pode-se considerar apenas uma tendência, podendo ser confirmada ou não a partir de uma avaliação mais abrangente. Oliveira et al. (2004) observaram forte relação negativa entre a liteira existente e, especialmente, a liteira depositada. Para esses autores, a diminuição da deposição de liteira em pastagem mais velha indica que este parâmetro é um bom indicador de degradação.

Tabela 17. Acúmulo de liteira e produção em 28 dias após a coleta da liteira existente em áreas de pastagens, em maio de 2011, na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS.

| Tratamento | Liteira existente | Liteira depositada |
|------------|---------------------|--------------------|
| | kg ha ⁻¹ | |
| Pasto 1 | 3,199 a | 860 a |
| Pasto 2 | 3,036 a | 788 a |
| Pasto 3 | 2,398 a | 698 a |
| CV (%) | 19,60 | 18,78 |

Médias (6 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

4.3.7 Fração leve da matéria orgânica do solo

Os resultados da análise da fração leve da matéria orgânica do solo não diferiram entre os pastos, em ambas as profundidades. Porém, na profundidade de 0-5 cm houve uma diferença numérica entre os pastos (Tabela 18). Esses resultados contrariam o observado na deposição da liteira, pois, esperava-se que a maior deposição levasse à maior quantidade da fração leve da matéria orgânica (Oliveira et al., 2004). Esses autores observaram que a proporção de fração leve no solo distinguiu claramente a pastagem degradada das pastagens recuperadas. Portanto, consideraram que a fração leve da matéria orgânica do solo poderia ser um indicador de qualidade da pastagem. Foram feitas análises com as densidades 1,80 e 1,20 (Tabela 19) para elucidar quaisquer dúvidas em relação à alteração decorrente da diferença de densidade, nesse sentido pode-se constatar que, em ambas as densidades, os valores da fração leve não diferiram entre as pastagens.

Tabela 18. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS. Densidade 1,80 g dm⁻³.

| Tratamento | Fração Leve MO (g kg ⁻¹) | |
|------------|--------------------------------------|---------|
| | 0-5 cm | 5-15 cm |
| Pasto 1 | 16,88 a | 4,24 a |
| Pasto 2 | 23,38 a | 4,24 a |
| Pasto 3 | 22,41 a | 4,22 a |
| Mata | 15,78 | 3,58 |
| CV (%) | 17,98 | 5,20 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

Tabela 19. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brillhante, MS. Densidade 1,20 g dm⁻³.

| Tratamento | Fração Leve MO (g kg ⁻¹) | |
|------------|--------------------------------------|---------|
| | 0-5 cm | 5-15 cm |
| Pasto 1 | 1,93 a | 1,03 a |
| Pasto 2 | 1,27 a | 1,22 a |
| Pasto 3 | 2,21a | 1,41 a |
| Mata | 8,14 | 2,57 |
| CV (%) | 44,40 | 31,27 |

Médias (12 repetições) seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P<0,05).

4.3.8 Macrofauna invertebrada do solo

A avaliação da macrofauna invertebrada no fragmento de Cerradão, nos compartimentos serapilheira e solo, mostrou maior densidade de indivíduos, que o observado nas áreas de pasto (Tabela 20). Considerou-se a soma dos indivíduos das serapilheira e solo, já que em áreas de pastagens não se separam esses compartimentos para a amostragem da macrofauna. Entre as pastagens, a maior densidade foi verificada no Pasto 1 (1.693 ind. m²), enquanto que o menor valor foi verificado no Pasto 3 (1.437 ind. m²). Os valores de densidade da macrofauna nas áreas de pasto do presente estudo foram superiores ao observado por Silva et al. (2011), numa pastagem contínua de *Brachiaria decumbens*, de oito anos no município de Dourados, MS no mesmo período do ano. Por outro lado, Lourente et al. (2007), avaliaram a macrofauna em área de pasto de *Brachiaria decumbens* com 25 anos, no município de Maracaju, MS, e observou valores de densidade superior aos obtidos por este estudo.

Em relação à distribuição dos grupos funcionais da macrofauna invertebrada do solo, o grupo mais representativo foi o dos “engenheiros do solo” (Figura 17). O maior percentual desse grupo foi observado nas áreas de pastagens, com a maior incidência de Formicidae, larva de Coleoptera e Oligochaeta (Tabela 21). Entre os “engenheiros do solo” o grupo Isoptera (térmita/cupim) foi o de menor expressão, presentes em maior densidade nos Pastos 2 e 1. Esse resultado contraria o observado por outros autores (Lourente et al., 2007; Silva et al., 2008; Benito et al., 2004) que também avaliaram a macrofauna invertebrada na região do Cerrado de Mato Grosso do Sul e Goiás, e observaram elevadas densidades de Isoptera em pastagens. Vale ainda ressaltar, que o método de TSBF não é apropriado para determinar a densidade de Isoptera, já que a retirada do monolito de solo ocasiona a fuga desses indivíduos.

O segundo grupo mais observado foi o de decompositores, observados em maior quantidade no Pasto 1, o que proporcionou melhores condições para os grupos que atuam diretamente na serapilheira. Entre eles, houve maior percentual de Diplopoda. Benito et al. (2004) também observaram maior densidade de Diplopoda em áreas de pastagens no Cerrado de Goiás. O grupo de predadores foi menor em relação aos outros. A maior densidade foi observada no Pasto 3, sendo porém, menor que 5% (Araneae e Chilopoda) (Figura 17). Esse resultado foi um pouco inferior ao observado por Benito et al. (2004) e Silva et al. (2008), que verificaram o percentual desse grupo igual a 5%.

No que concerne à riqueza média e à total nas pastagens, os valores não diferiram entre si e variaram entre 15 a 17 grupos (Tabela 20). Resultado semelhante foi observado por Silva et al. (2011), em área de pastagem contínua. Na mata de Cerradão foi identificado o maior valor de riqueza média e riqueza total. A mata proporciona maior aporte de matéria orgânica, a partir da maior diversidade vegetal, favorecendo a maior diversidade de indivíduos da macrofauna.

Por meio da diversidade dos grupos da macrofauna do solo, calculada pelo índice de Shannon, em todas as áreas apresentaram alto nível de diversidade, sendo o maior valor observado no Pasto 1. O índice de Pielou determinante da equitabilidade dos grupos, também apresentou elevados valores para todas as áreas estudadas, sendo o maior valor encontrado no Pasto 1, enquanto os valores dos outros pastos e da Mata foram muito próximos (Tabela 20). Nesse contexto, pode-se observar que Coleoptera, larvas de Coleoptera, Formicidae e Oligochaeta, foram os grupos mais expressivos (Tabela 21).

Tabela 20. Índices ecológicos da macrofauna invertebrada do solo em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

| | Ind.m ⁻² | Riqueza Média | Riqueza Total | Shannon | Pielou |
|---------|---------------------|---------------|---------------|---------|--------|
| Pasto 1 | 1693 ± 249 | 8,60a | 15a | 3,66 | 0,94 |
| Pasto 2 | 1590 ± 455 | 8,40a | 16a | 3,18 | 0,79 |
| Pasto 3 | 1437 ± 394 | 8,40a | 17a | 3,20 | 0,78 |
| Mata | 1814,4±338 | 15,20 | 25 | 3,59 | 0,77 |

Os dados de densidade representam médias, ± desvio padrão das repetições.

A diferença de valores dos índices não é suficiente para caracterizar mudança na comunidade da macrofauna invertebrada. No entanto, pode-se inferir que o manejo das pastagens após 20 anos, proporciona condições que sustentam a diversidade de grupos da macrofauna. Contudo, não houve dominância de grupos da macrofauna. Embora estatisticamente não tenha diferido a quantidade de térmitas nas áreas de pastagens apresentou maior diferença em relação aos outros grupos. A menor quantidade desse grupo no Pasto 3 se deve ao fato de que a amostragem aconteceu em horário mais quente.

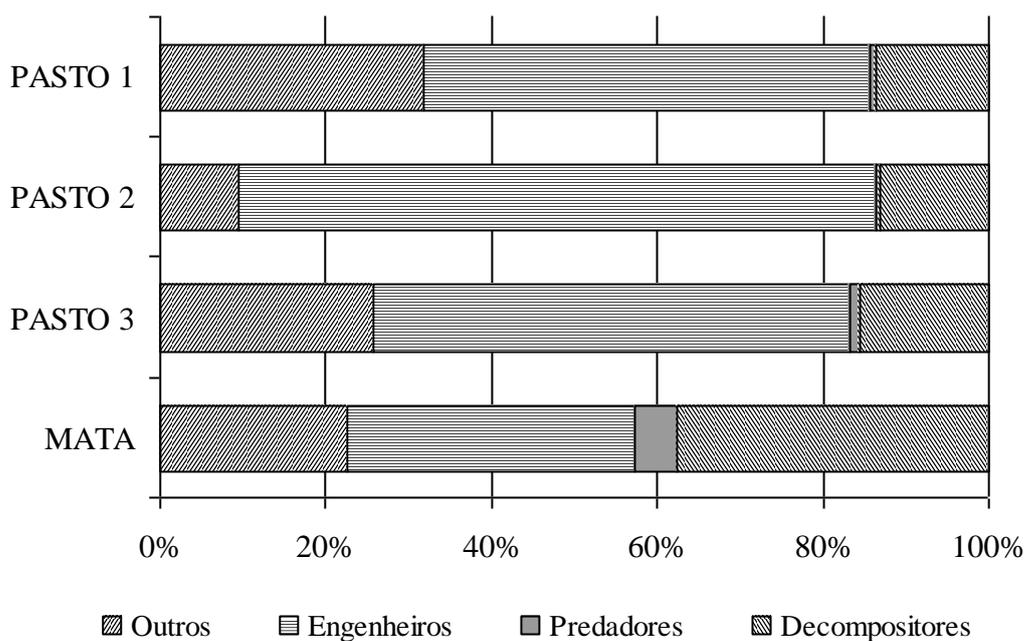


Figura 17. Distribuição dos grupos funcionais da macrofauna invertebrada em áreas de pastagens na fazenda Campana em Rio Brilhante, MS.

Tabela 21. Macrofauna invertebrada do solo a 10 cm de profundidade em áreas de pastagens da fazenda Campana em Rio Brillante, MS.

| Grupos | MATA SERAPILHEIRA | MATA SOLO | PASTO 1 | PASTO 2 | PASTO 3 |
|------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Indivíduos m ⁻² | | | | |
| Araneae | 80 (±20,9) | 0 | 13 (±6,0) a | 0 a | 16 (±7,2) a |
| Blattodea | 13 (±7,8) | 0 | 0 a | 0 a | 6 (±3,9) a |
| Chilopoda | 19 (±6,0) | 6 (±6,4) | 0 a | 6 (±3,9) a | 3 (±3,2) a |
| Coleoptera | 96 (±31,2) | 122 (±25,6) | 480 (±186,0) a | 106 (±46,5) a | 336 (±74,0) a |
| Diplopoda | 224 (±55,7) | 22 (±9,6) | 29 (±15,5) a | 90 (±52,2) a | 96 (±49,3) a |
| Diplura | 0 | 3 (±3,2) | 0 a | 0 a | 0 a |
| Diptera | 13 (±12,8) | 0 | 13 (±9,3) a | 6 (±6,4) a | 3 (±3,2) a |
| Enchytraeidae | 0 | 131 (±67,0) | 32 (±19,6) a | 6 (±3,9) a | 3 (±3,2) a |
| Formicidae | 90 (±43,7) | 35 (±16,3) | 301 (±249,2) a | 502 (±345,0) a | 467 (±319,3) a |
| Gastropoda | 19 (±11,8) | 3 (±3,2) | 3 (±3,2) a | 6 (±3,9) a | 0 a |
| Heteroptera | 10 (±6,4) | 3 (±3,2) | 0 a | 3 (±3,2) a | 0 a |
| Homoptera | 0 | 0 | 0 a | 0 a | 3 (±3,2) a |
| Hymenoptera | 0 | 3 (±3,2) | 16 (±5,1) a | 6 (±3,9) a | 16 (±12,4) a |
| Isopoda | 64 (±32,4) | 3 (±3,2) | 0 a | 0 a | 6 (±6,4) a |
| Isoptera | 0 | 45 (±31,4) | 160 (±82,7) a | 438 (±283,9) a | 10 (±9,6) a |
| L. de Coleoptera | 58 (±34,2) | 147 (±28,8) | 342 (±74,6) a | 246 (±75,3) a | 272 (±69,2) a |
| L. de Díptera | 80 (±46,1) | 19 (±15,5) | 3 (±3,2) a | 6 (±3,9) a | 0 a |
| L. de Formicidae | 3 (±3,2) | 0 | 80 (±72,3) a | 0 a | 22 (±22,4) a |
| L. de Lepidoptera | 6 (±3,9) | 0 | 0 a | 0 a | 0 a |
| Lepidoptera | 3 (±3,2) | 0 | 0 a | 3 (±3,2) a | 0 a |
| Oligochaeta | 182 (±65,7) | 205 (±57,3) | 198 (±54,6) a | 131 (±28,4) a | 141 (±40,3) a |
| Orthoptera | 0 | 0 | 3 (±3,2) a | 3 (±3,2) a | 0 a |
| Pseudoscorpionida | 0 | 3 (±3,2) | 0 a | 0 a | 0 a |
| Psocoptera | 19 (±11,8) | 0 | 0 a | 0 a | 0 a |
| Pulpa Coleóptera | 6 (±3,9) | 67 (±26,0) | 19 (±19,2) a | 29 (±25,0) a | 32 (±24,8) a |
| Sternorryncha | 0 | 10 (±3,9) | 0 a | 0 a | 0 a |
| DENSIDADE TOTAL | 989 (±236,6) | 829 (±153,4) | 1693 (±248,7) a | 1590 (±454,6) a | 1437 (±393,6) a |

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis (P<0,05).

4.4 CONCLUSÕES

Não houve diferença entre as áreas de pastagens em relação aos indicadores avaliados, seja pelos atributos do solo ou pela produção e aporte de material vegetal sob o solo entre o pasto sem ninhos e o pasto com a maior quantidade de ninhos.

Nas áreas estudadas, a maior quantidade de ninhos não pode ser atribuída à acidez do solo.

Entre os indicadores avaliados nas pastagens, apenas os relacionados à planta (rebrotas e liteira) foram os que mostraram maior tendência para diferir as áreas.

A presença de ninhos epígeos, nessas áreas, não foi confirmada como indicador de degradação química e biológica da pastagem, não estando associada à alteração na dinâmica de resíduos da parte aérea da braquiária.

5 CAPÍTULO III
FERTILIDADE DO SOLO E LITEIRA EXISTENTE EM ÁREAS DE
PASTAGENS COM DIFERENTES QUANTIDADES DE NINHOS DE
TÉRMITAS

RESUMO

A pastagem promove um grande aporte de liteira, que tem uma importante contribuição para o sistema, pela decomposição e ciclagem de nutrientes favorecendo a fertilidade do solo e consequentemente a produtividade. A liteira tem sido considerada um indicador sensível a alterações do sistema. Pela praticidade de avaliação e a tendência anteriormente observada em diferir as áreas, foram selecionadas seis fazendas no Município de Anaurilândia, MS, com o objetivo de avaliar a existência de relação entre a quantidade de ninhos de térmitas com a liteira existente, textura e fertilidade do solo. Foram selecionadas dezesseis áreas de pastos, de forma visual, pela quantidade de ninhos e material de forragem em oferta. Os ninhos foram anteriormente contados para caracterização das áreas. Foram coletadas amostras de liteira existente e de solo, para análise da fertilidade e textura. Não foram identificadas relações entre a quantidade de ninhos de térmitas em função da textura do solo. Para ninhos em função aos atributos do solo, a MO ($P=0,04$) e CTC ($P=0,04$) mostraram uma relação negativa com a quantidade de ninhos, sendo o maior teor de MO e CTC observado em áreas com menor quantidade de ninhos. O número de ninhos epígeos em função da quantidade de liteira não confirmou a hipótese de que o maior número de ninhos estaria relacionado à menor quantidade de liteira existente no solo.

Palavras-chave: Ninhos epígeos. Forragem. Atributos químicos do solo.

ABSTRACT

Brachiaria pastures promote the production of a large amount of litter, which makes an important contribution to the plant/soil system, the decomposition and nutrient cycling that promote soil fertility, and hence productivity. Litter has been considered a sensitive indicator of changes in the system. We selected six farms in the municipality of Anaurilândia, MS, with the objective of evaluating the existence of a relationship between the number of termite nests with existing litter, soil texture and soil fertility. We selected visually sixteen areas of pastures, based the number of nests and the forage on offer. Nests were counted for characterizing areas. Samples of existing litter and soil for analysis of fertility and texture were collected. No correlation between the number nests and the texture of the soil was detected. The number of nests was negatively related to the concentration soil organic matter ($P = 0.04$) and the cation exchange capacity (CEC ($P = 0.04$)). The number of nests as a function of the quantity of litter did not confirm the hypothesis that the larger number of nests was related to lower quantities of litter on the soil surface.

Key words: Epigeous nests. Forage. Soil chemical attributes.

5.1 INTRODUÇÃO

Nas pastagens tropicais, ocorre expressiva deposição de material vegetal morto (palha ou liteira) (Zimmer e Barbosa, 2005), ou seja, as gramíneas tropicais como *Brachiaria* ssp. crescem rapidamente, por isso, quando a taxa de lotação não é alta, ou a pastagem está em descanso, às folhas senescidas acumulam, formando uma camada de liteira na superfície do solo. De acordo com Zimmer e Barbosa (2005), a ciclagem de nutrientes que ocorre pela decomposição de material morto das forrageiras e pelas fezes e urina dos animais em pastejo contribuem para manter as pastagens produtivas, desde que estas sejam adequadamente manejadas. Heringer e Jacques (2002) ressaltam a importância da quantificação da liteira em pastagens, não somente devido aos efeitos sobre o crescimento da forragem e consumo animal, mas também pela importância na ciclagem de nutrientes, bem como, pela preservação do sistema de produção com a manutenção da fertilidade. Além disso, esse material é importante para a proteção do solo, manutenção da umidade e controle de erosão (Teixeira et al., 2005; Rodrigues et al., 2009)

A liteira existente consiste no resultado entre a quantidade de liteira depositada e a quantidade de material que é submetido à decomposição pela microbiota do solo (Ayarza et al., 1997). A menor produção de liteira é consequência da menor produção vegetal que ocorre mediante o aumento do processo de degradação, agravado pelo problema da deficiência de nitrogênio (Boddey et al., 1996). Oliveira et al. (2004) e Lima et al. (2011) avaliaram alguns indicadores de degradação de 5.2pastagens em ambos os estudos a quantidade de liteira sob o solo foi considerando o indicador mais sensível.

Entre os fatores que caracterizam a degradação nas pastagens, a presença de ninhos epígeos como indicação do processo de degradação (Macedo, 1995; Braz et al., 2004; Aquino et al., 2008). Gallo et al. (2000) consideram os térmitas construtores de ninhos epígeos como pragas importantes nas pastagens, a distribuição dos ninhos dificultam os tratos culturais e agravam o processo de degradação das pastagens. A quantidade de ninhos foi utilizada como critério de caracterização dos estágios de degradação por Santos et al. (2007).

Neste contexto, após a avaliação dos indicadores de degradação em pastagens no Município de Rio Brilhante, apresentado no Capítulo II, embora não tenha sido identificado processo de degradação nas áreas pelos indicadores avaliados, a quantidade de liteira mostrou uma tendência em diferir as áreas com diferentes densidades de ninhos.

Para reavaliar a hipótese de possível relação entre a quantidade de ninhos e a textura do solo, fertilidade ou quantidade de liteira existente, optou-se por realizar um levantamento em maior número de áreas de pasto. Com isso, o objetivo do estudo apresentado neste capítulo foi avaliar a relação entre a quantidade de ninhos e a textura do solo, fertilidade ou quantidade de liteira existente.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Área de estudo

Os trabalhos foram realizados em fazendas do Município de Anaurilândia, MS, em áreas de pastagens com diferentes quantidades de ninhos epígeos, distribuídos em cinco fazendas da região, descritas no Capítulo I. Além das áreas com ninhos de térmitas, selecionou-se uma área sem ninhos:

Fazenda San Remo - Caracterizada por apresentar maior quantidade de material em oferta e ausência de ninhos epígeos de térmitas, selecionou-se apenas uma área (Pasto 16) para avaliação da liteira e fertilidade (Figura 18).



Pasto 16

Figura 18. Área de pasto na fazenda San Remo no Município de Anaurilândia, MS. Foto: Sandra Lima, 2010.

5.3.2 Amostragem de solo

Foram coletadas amostras de terra em cada sítio para caracterização granulométrica e dos atributos químicos da terra. As amostragens foram realizadas de novembro a dezembro de 2010. A terra foi coletada com o auxílio de trado holandês de 150 cm³, na profundidade 0-10 cm. Em cada área, foram coletadas quatro amostras compostas, a partir de cinco amostras simples, em uma área correspondente a 20% de um hectare. As amostras foram identificadas e encaminhadas à Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS, para posterior análise.

5.3.3 Análise granulométrica e fertilidade do solo

As análises foram realizadas de acordo com os métodos descritos no Capítulo I.

5.3.4 Avaliação da liteira

Em cada área, foi determinado um transecto com 100 m. A coleta da liteira foi

realizada a partir de uma área de 1 x 1 m, com 4 pontos de amostragem ao longo do transecto. Após a remoção total, a liteira coletada foi acondicionada em sacos de papel e devidamente identificada, sendo posteriormente seca e pesada.

5.3.5 Análise de dados

Análises de regressão linear simples foram utilizadas para se avaliar a influência de uma única variável, quantidade de liteira ou concentração dos atributos químicos do solo, na quantidade de ninhos de térmitas (Figura 19). As análises de regressão foram realizadas usando-se o programa SAEG e as figuras confeccionadas com o auxílio do programa Excel.

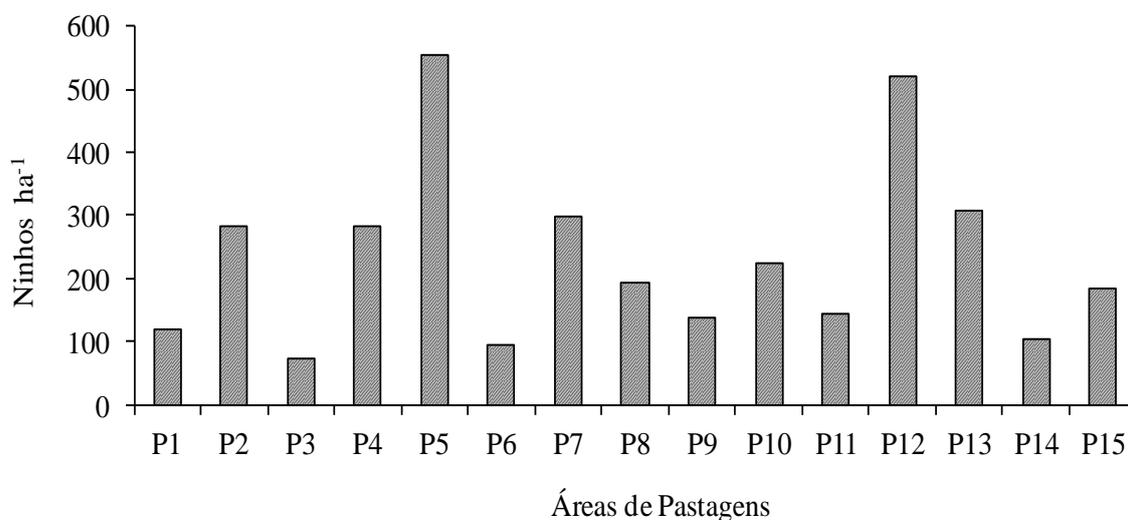


Figura 19. Quantidade de ninhos de térmitas em áreas de pastagens, amostradas no município de Anaurilândia, MS.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Relação entre número de ninhos de térmitas e textura do solo

De acordo com a média dos valores da concentração das frações granulométricas do solo, verificou-se que a maioria das áreas de pasto possui maior concentração da fração areia, indicando assim, semelhança na textura dos solos (Figura 20). A semelhança da textura do solo favorece a comparação entre as áreas de estudo. Apesar de não ter sido aplicado teste de comparação entre as médias das frações granulométricas do solo entre as áreas de pastagens nesse capítulo, a menor diferença da textura entre os pastos pode favorecer no entendimento de alguma relação entre os parâmetros avaliados e a densidade de ninhos existentes nessas áreas.

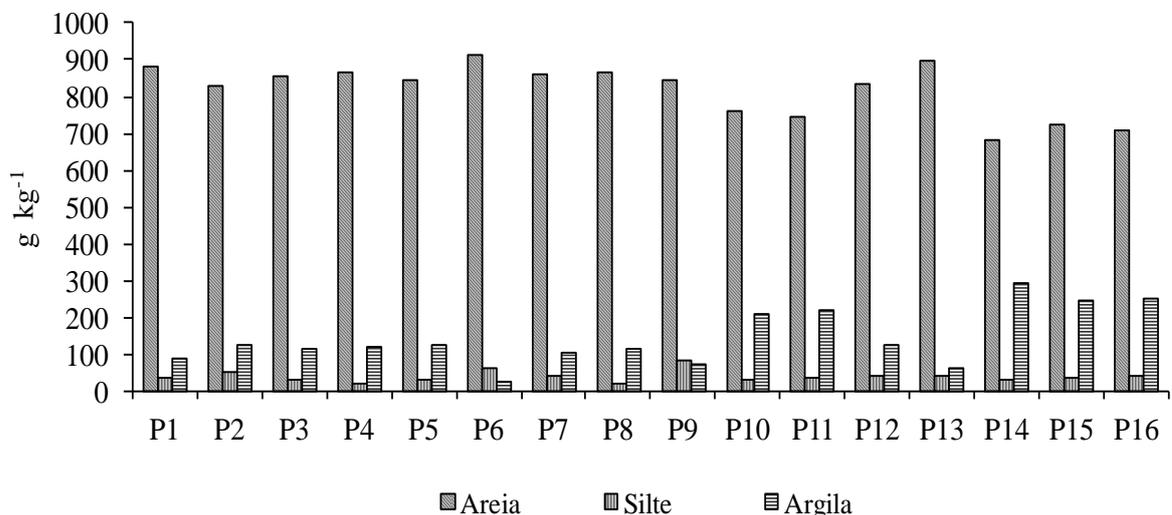


Figura 20. Granulometria do solo em g kg⁻¹ na profundidade de 0-10 cm, em fazendas com pastagens, no município de Anaurilândia, MS.

As análises de regressão de número de ninhos epígeos em função das frações granulométricas do solo não mostraram significância entre quaisquer frações e o número de ninhos (Figura 21), sendo: Areia (P=0,12), Silte (P=0,31) e Argila (P=0,17). A quantidade de ninhos variou independentemente da textura do solo; esse resultado diverge do observado no estudo do Capítulo I, que registrou maior número de ninhos epígeos no pasto sob solo mais argiloso. Lee e Wood (1971) consideraram a proporção e a distribuição de areia, silte e argila no perfil do solo como características mais importantes para os térmitas construtores de ninhos.

Não foram localizados na literatura, estudos que relacionassem a presença ou quantidade de ninhos de térmitas à textura do solo, porém, alguns autores mencionam a preferência dos térmitas por partículas finas de solo pela propriedade cimentante na construção de seus ninhos (Donovan et al., 2001). Por outro lado, essa hipótese é refutada, quando se observou que a porcentagem de argila no ninho não diferiu da observada no solo adjacente (Almeida, 2006; Kaschuk et al., 2006). De acordo com Almeida (2006), é possível que os térmitas do gênero *Cornitermes* não selecionem partículas do solo, mas sim o habitat

em que constroem seus ninhos. No presente trabalho, na grande maioria das áreas, predominam os ninhos de *Cornitermes*. Não se avaliou se havia diferença entre a textura do ninho com o solo adjacente, no entanto, pode-se inferir que a porcentagem de argila no solo não influenciou na quantidade de ninhos.

As análises de regressão linear mostraram que entre as variáveis do solo analisadas apenas o teor de MO (P = 0,04) e CTC (P = 0,04) foram significativo a 5% (Figura 22); os demais atributos do solo não mostraram qualquer relação com a quantidade de ninhos, sendo os seguintes valores: pH em H₂O (P=0,38), Al³⁺ (P=0,47), H+Al³⁺ (0,20), Ca²⁺ (P=0,11), Mg²⁺ (P=0,07), K⁺ (P=0,21), SB (P=0,09) (Tabela 21). Os resultados observados mostram uma relação negativa entre a MO e CTC e o número de ninhos, porém, baixos teores de MO e CTC (Tabela 20) são esperados em solos com maior concentração da fração areia. Normalmente, altas densidades de térmitas são comuns em áreas de pastagens, geralmente, com baixa fertilidade química (percentagem de matéria orgânica e alta relação C/N) e ausência de adubação (Santos et al., 2008)

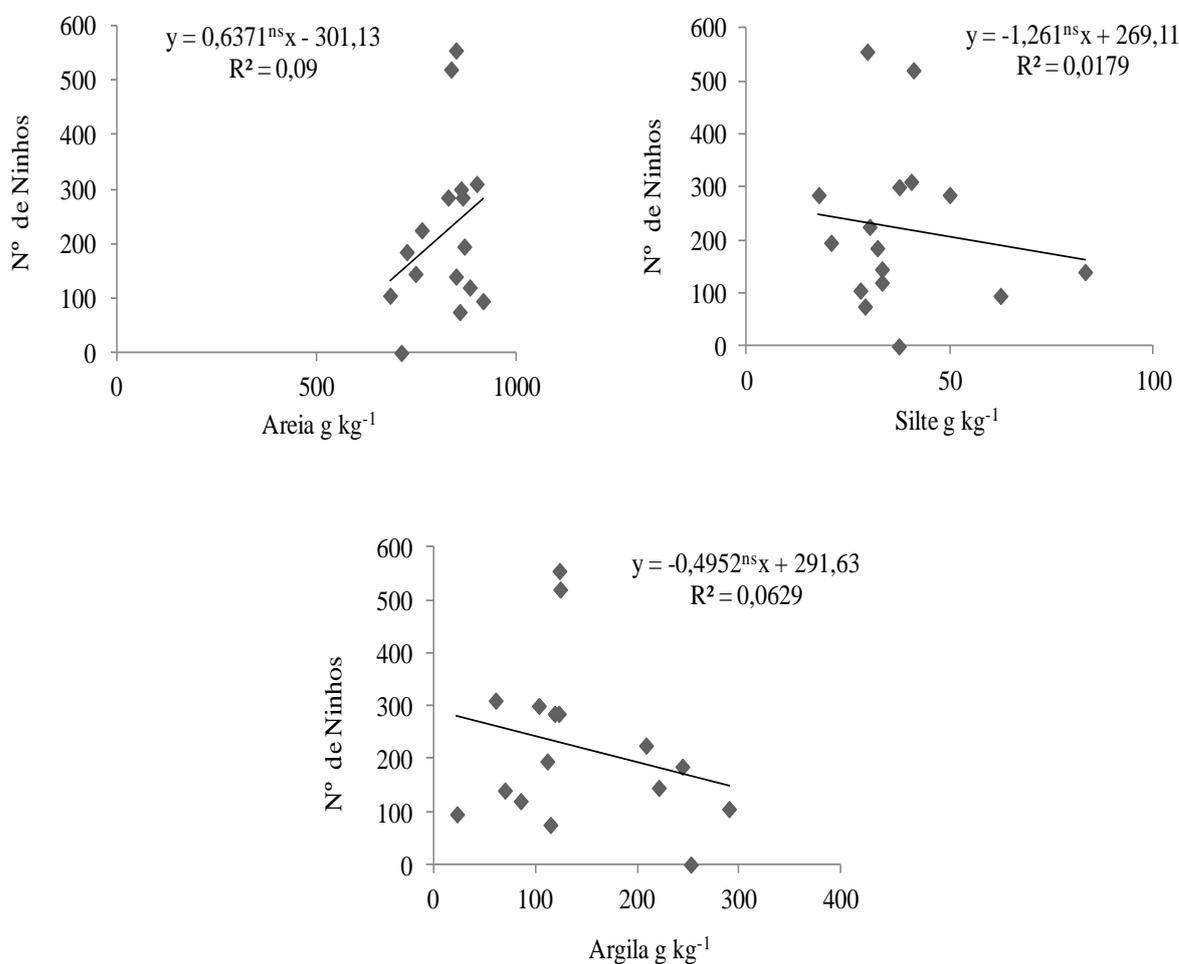


Figura 21. Número de ninhos de térmitas em função da porcentagem das partículas granulométricas do solo, em g kg⁻¹, na profundidade de 0-10 cm. (ns = não significativo a 5%)

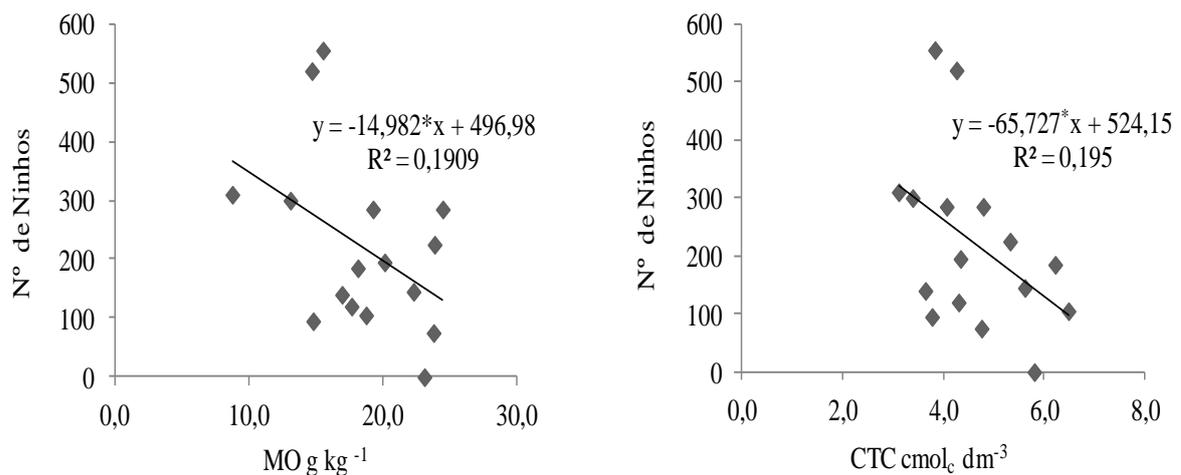


Figura 22. Números de ninhos em função do teor de matéria orgânica (MO) e de capacidade de troca catiônica (CTC) em solos, a 10 cm de profundidade, no Município de Anaurilândia, MS. (* = significativo a 5%)

Os trabalhos localizados na literatura discutem a relação dos térmitas com atributos químicos do solo, sob um aspecto diferente. Enquanto no presente trabalho investigou-se a possível relação entre a quantidade de ninhos epígeos e parâmetros que indiquem degradação, outros autores avaliaram a alterações nas propriedades químicas e físicas do solo por consequência da atividade dos térmitas. Kaschuk et al. (2006), em estudo realizado no sul do Brasil, e Brossard et al. (2007), na Savana do Oeste da África, observaram diferença na concentração de nutrientes em partes do ninho, porém em relação ao ninho e solo adjacente, não verificaram diferenças significativas entre a concentração de nutrientes.

Em estudo realizado na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, Sarcinelli et al. (2009) observaram maior pH e menor teor de Al trocável e maior concentração de C, P e N nos ninhos em relação ao solo adjacente. Para esses autores, a maior concentração de nutrientes está associada com a incorporação de matéria orgânica pelos térmitas, com pelotas fecais misturada com saliva e, quando os ninhos são submetidos a processos de intemperismo, os nutrientes são redistribuídos na superfície do solo. De acordo com Holt e Lepege (2000), em algumas regiões onde a atividade dos térmitas é alta, eles são capazes de modificar significativamente as propriedades químicas do solo. Brossard et al. (2007) acredita que o nível de enriquecimento está diretamente relacionado aos hábitos alimentares específicos de térmitas e os materiais de construção usados para fazer o ninho. A principal consequência da concentração de nutrientes nos ninhos é que o solo ao redor fica mais empobrecido, considerando que a fertilidade depende dos nutrientes liberados da matéria orgânica que é decomposta (Bandeira e Martius, 2009)

Tabela 22. Análises de fertilidade do solo em fazendas do Município de Anaurilândia, MS.

| Pasto | pH em | Al ³⁺ | H+Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | SB | CTC | P | MO |
|------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|------|--------------------|-------|
| | H ₂ O | | | | | | | | | |
| cmol _c dm ⁻³ | | | | | | | mg dm ⁻³ | | g kg ⁻¹ | |
| 1 | 5,86 | 0,00 | 2,61 | 0,98 | 0,60 | 0,12 | 1,70 | 4,30 | 2,60 | 17,62 |
| 2 | 5,80 | 0,00 | 2,39 | 1,43 | 0,80 | 0,18 | 2,40 | 4,79 | 3,83 | 24,42 |
| 3 | 5,62 | 0,00 | 2,93 | 1,13 | 0,60 | 0,10 | 1,83 | 4,76 | 3,10 | 23,74 |
| 4 | 5,45 | 0,20 | 3,14 | 0,45 | 0,40 | 0,08 | 0,93 | 4,07 | 2,65 | 19,22 |
| 5 | 5,32 | 0,30 | 3,09 | 0,38 | 0,30 | 0,06 | 0,74 | 3,83 | 2,65 | 15,48 |
| 6 | 6,38 | 0,00 | 1,93 | 1,03 | 0,60 | 0,22 | 1,84 | 3,77 | 7,75 | 14,74 |
| 7 | 5,56 | 0,13 | 2,64 | 0,28 | 0,38 | 0,10 | 0,75 | 3,39 | 1,38 | 13,04 |
| 8 | 5,56 | 0,13 | 3,11 | 0,55 | 0,50 | 0,18 | 1,23 | 4,34 | 1,90 | 20,08 |
| 9 | 5,97 | 0,03 | 2,13 | 0,98 | 0,43 | 0,11 | 1,51 | 3,64 | 2,13 | 16,90 |
| 10 | 5,36 | 0,30 | 3,98 | 0,73 | 0,48 | 0,15 | 1,35 | 5,33 | 1,83 | 23,81 |
| 11 | 5,54 | 0,15 | 3,83 | 1,00 | 0,60 | 0,19 | 1,79 | 5,62 | 2,08 | 22,24 |
| 12 | 6,01 | 0,00 | 2,28 | 1,20 | 0,60 | 0,18 | 1,98 | 4,26 | 2,65 | 14,65 |
| 13 | 6,21 | 0,00 | 1,83 | 0,68 | 0,55 | 0,06 | 1,29 | 3,11 | 2,68 | 8,71 |
| 14 | 5,10 | 0,68 | 5,62 | 0,40 | 0,40 | 0,06 | 0,86 | 6,48 | 2,93 | 18,70 |
| 15 | 5,13 | 0,60 | 5,41 | 0,38 | 0,38 | 0,06 | 0,81 | 6,22 | 3,53 | 18,08 |
| 16 | 5,93 | 0,00 | 3,07 | 1,65 | 0,90 | 0,19 | 2,74 | 5,81 | 5,18 | 23,05 |

5.4.2 Avaliação da liteira existente

A variação da quantidade de liteira existente entre as áreas de pastagens foi evidente (Figura 23). Um dos critérios utilizados na seleção das áreas de estudos foi à diferença (visual) da quantidade de material em oferta; nesse sentido, considera-se que uma pastagem com maior quantidade de material em oferta promove maior aporte de liteira ao solo.

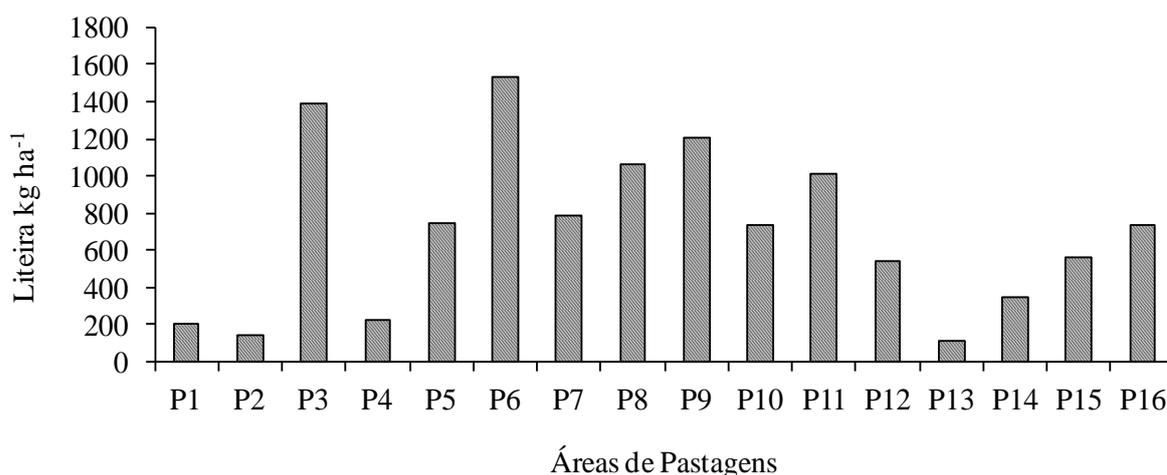


Figura 23. Avaliação da liteira existente em fazendas com pastagens, no Município de Anaurilândia, MS.

A análise de regressão entre o número de ninhos epígeos e a quantidade de liteira existente não revelou nenhuma relação entre esses fatores (Figura 24). O objetivo dessa avaliação, em maior número de áreas, foi analisar a tendência observada no Capítulo anterior, da menor quantidade de liteira em área com maior número de ninhos. O predomínio do gênero *Cornitermes*, nessas áreas, observado no Capítulo I, e a tendência de menor quantidade de liteira na área de pasto com maior número de ninhos, sugeriu a possibilidade de relação entre a quantidade de ninhos e a quantidade de liteira, já que esse gênero faz parte do grupo de térmitas que consome liteira. No entanto, os resultados não confirmam hipótese de relação entre quantidade de liteira e número de ninhos.

Siqueira e Kitayama (1983) observaram maiores quantidades de ninhos em áreas de pastagens cultivadas, quando comparadas a áreas de Cerrado inalterado, e quantidades ainda superiores em pastagens degradadas. Apesar de comumente, se encontrar altas infestações de ninhos em pastagens, não está bem claro se os térmitas estariam causando danos diretos às pastagens (Valério, 2006).

Considerando que a quantidade de térmitas construtores de ninhos poderia alterar a quantidade de liteira sob o solo, Cosenza e Carvalho (1974) verificaram que a eliminação de 164 ninhos (*C. cumulans*, *Procornitermes* e *Anoplotermes*) não modificou a quantidade de liteira na pastagem, durante a avaliação em 16 meses. Contudo, no trabalho acima citado, não foi observada a diferença de hábitos alimentares entre as espécies, as quais pertenciam ao grupo de comedores de liteira, intermediários e humívoros, respectivamente, tampouco foi especificado a frequência em que cada grupo ocorreu, tais informações poderiam influenciar na conclusão.

De acordo com Fernandes et al. (1996), térmitas construtores de ninhos como *Cornitermes* spp. e outros proliferam rapidamente em áreas que prevalece vegetação herbácea e especialmente predominam gramíneas. Além disso, têm uma grande plasticidade em relação

aos hábitos alimentares (Canello, 1989) e o fato de muitas espécies consumirem diferentes tipos de alimentos, mais que a preferência em particular, o maior ou menor consumo pode estar associado à predominância e disponibilidade desses alimentos (Valério, 2006).

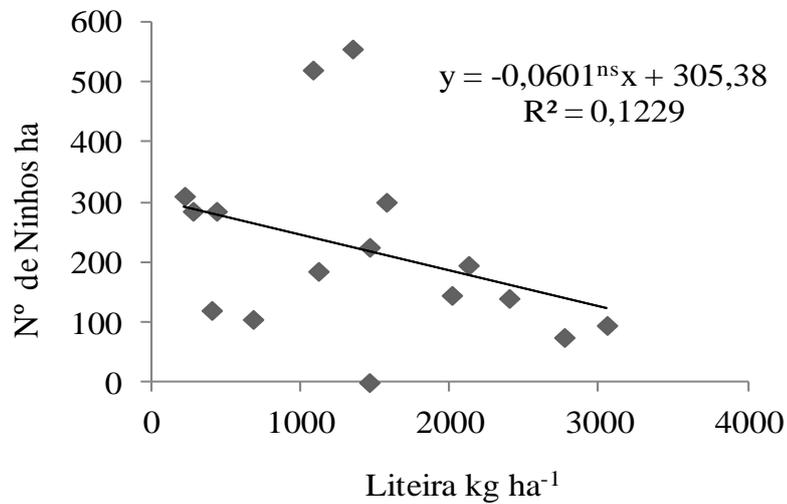


Figura 24. Quantidade de ninhos em função da liteira existente kg ha⁻¹ no Município de Anaurilândia, MS. (ns = não significativo a 5%)

5.5 CONCLUSÕES

A concentração das frações granulométricas do solo não influenciou na quantidade de ninhos epígeos de térmitas.

Não foi observado relação entre a quantidade de ninhos e os atributos químicos do solo.

A tendência de maior quantidade de ninhos em áreas com menor quantidade de liteira existente não foi evidenciada. A quantidade de liteira sob o solo não influenciou na quantidade de ninhos.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Entre as espécies amostradas, *Cornitermes cumulans*, que pertencem ao grupo que consome liteira, foi a mais abundante e a principal responsável pela existência de ninhos epígeos nas áreas de pastagens dos municípios estudados.

As análises isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, foram importantes ferramentas para a avaliação do grupo e fonte alimentar das espécies coletadas, confirmando dados existentes na literatura em relação ao grupo alimentar das espécies.

A área ocupada pelos ninhos não representa prejuízo direto ao produtor e a distribuição dos ninhos nas pastagens se deu de forma aleatória.

Os indicadores de degradação foram eficientes ao retratar as áreas de pastagens no Município de Rio Brillhante, indicando que a maior quantidade de ninhos em áreas de pastagens não pode ser atribuída apenas a degradação de parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo nas pastagens.

Nas áreas estudadas, a presença de ninhos epígeos de cupins não foi confirmada como indicador de degradação química e biológica da pastagem e não está associada à alteração na dinâmica de resíduos da parte aérea da braquiária.

Não foi evidenciada relação entre a maior quantidade de ninhos e menor quantidade de liteira existente, tampouco foi possível estabelecer causa e efeito com as análises de regressão.

A maior quantidade de térmitas construtores de ninhos epígeos não foi relacionada com os parâmetros de degradação avaliados, a maior densidade nem sempre está relacionada com a idade da pastagem, mas pela forma de distribuição, que parece ser condicionada a fatores climáticos e ecológicos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL-WAKEIL, K. F. Trophic structure of macro- and meso-invertebrates in Japanese coniferous forest: Carbon and nitrogen stable isotopes analyses. *Biochemical Systematics and Ecology* 37, 317–324, 2009.
- ALMEIDA, J. S. Manutenção de temperatura e umidade e seletividade de partículas do solo em ninhos de *Cornitermes* (Isoptera: Termitidae) de uma floresta de terra firme da Amazônia Central. Disponível em: <http://www.inpa.gov.br/pdbff/cursos/efa/livro/2006/pdfs/pfjuliana.pdf>. Online. Acesso em: 22 nov. 2011.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International, 1996. 221p.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology Biochemistry*, v.22, n.2, p.251-255. 1990.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S. (Org.). *Diversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros*. Lavras: Editora UFLA, p.143-170. 2008.
- AYARZA, M.; VILELA, L.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C. DE; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Introdução de *Stylosanthes guianensis* Cv. Mineirão em Pastagem de *Brachiaria ruziziensis*: Influência na Produção Animal e Vegetal. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 1997. 16p. (Embrapa-CNPAB. Boletim Técnico, 1).
- AWITI, A. O.; WALSH, M. G.; KINYAMARIO, J. Dynamics of topsoil carbon and nitrogen along a tropical forest-cropland chronosequence: Evidence from stable isotope analysis and spectroscopy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.127, p.265-272. 2008.
- BANDEIRA, A. G. Térmitas (Insecta: Isoptera) consumidores de liteira na Ilha de Maracá, Roraima. *Acta Amazônica*, v.21 (único), p. 15-23. 1991.
- BANDEIRA, A. G.; MARTIUS, C. Isoptera. In: FONSECA, C. R. V.; MAGALHÃES, C.; RAFAEL, J. A.; FRANKLIN E. (Eds.): *A Fauna de Artrópodes da Reserva Florestal Ducke*. Editora INPA, Manaus. 2009. 308 p.
- BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A. Efeitos de perturbações antrópicas sobre as populações de cupins (Isoptera) do Brejo dos Cavalos, Pernambuco. In: PORTO K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELI, M. (Org.). *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Universidade Federal de Pernambuco, p. 145-151. 2004.
- BEARE, M. H.; VIKRAM REDDY B, M.; TIAN, G.; SRIVASTAVA, S. C. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota. *Applied Soil Ecology* v.6, p.87-108. 1997.
- BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. DE F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *European Journal of Soil Biology*, v.40, p.147-154. 2004.

- BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, M. P. A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronosequência de floresta tropical – pastagem de Paragominas. *Scientia Agrícola*, v.56, n.4, p.1-10. 1999.
- BLACK, H. I. J.; OKWAKOL, M. J. N. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Applied Soil Ecology*, v.6, p.37-53. 1997.
- BODDEY, R. M.; RAO, I. M.; THOMAS R. J. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; DO VALLE, C. B. (Eds.), *Brachiaria: The Biology, Agronomy and Improvement*. CIAT Publication 259. Cali, Colombia, p.72–86. 1996.
- BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. A degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio. In: WORKSHOP: NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA, 2000, Dourados. Anais... Dourados: EMBRAPA, p.110-123. 2000.
- BRANDÃO, D.; DE SOUZA, R. F. Effects of deforestation and implantation of pastures on the termite fauna in the Brazilian “Cerrado” region. *Tropical Ecology*, v.39, n.2, p.175-178. 1998.
- BRAUMAN, A. Effect of gut transit and mound deposit on soil organic matter transformations in the soil feeding termite: A review. *European Journal of Soil Biology*, v.36, p.117–125. 2000.
- BRAZ, S.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; GUIMARÃES, A. P.; BODDEY, R. M. Mudanças nos Estoques do Carbono do Solo dos Cerrados Cultivados com Pastagens de Braquiária. In: XVIII Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água. Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil. Teresina, 2010. (CD ROM)
- BRAZ, S.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. degradação de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do potencial produtivo em sistemas de baixo “input” tecnológico na região dos cerrados, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 8p. (Embrapa-CNPAB. Circular Técnico, 9).
- BROSSARD, M.; BARCELLOS, A. DE O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de Latossolos. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.22, n.1, p.153-168. 2005.
- BROSSARD, M.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; LEPAGE, M.; LEPRUN, J. C. Nutrient storage in soils and nests of mound-building Trinervitermes termites in Central Burkina Faso: consequences for soil fertility, *Biology and Fertility of Soils*, v.43, p437-447, 2007.
- BROWN, G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity. *Plant and Soil*, v.170, p.209-231. 1995.
- BOURGUIGNON, T.; SOBOTNÍK, J.; LEPOINT, G.; MARTIN, J.; OLIVIER, J.; HARDY, O. J.; DEJEAN, A.; ROISIN, Y. Feeding ecology and phylogenetic structure of a complex neotropical termite assemblage, revealed by nitrogen stable isotope ratios. *Ecological Entomology*, v.36, p.261–269. 2011.
- BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.33, n.2, p.97-105, 2003.
- CANCELLO, E. M. Revisão de *Cornitermes* Wasmann (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). 1989. 151 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, USP, São Paulo,

1989.

CANCELLO, E. M.; SCHLEMMERMEYER, T. Isoptera, p. 82–91. In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (Orgs.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados Terrestres. São Paulo, FAPESP, v.5, 279 p. 1999.

CANTARUTTI, R. B.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; REZENDE, C. DE P.; PEREIRA, J. M.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.64, p.257–271. 2002.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. DE C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; NETO, A. N. DA S. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. v.38, n.4, p.276-283, 2008.

CARVALHO, R. Níveis de cobertura vegetal e qualidade do solo sob pastagem em áreas de Cerrado. Universidade de Brasília, 2007. (Dissertação de Mestrado) 90p.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

CERRI, C. E. P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; FALLOON, P.; POWLSON, D. S.; BATJES, N.; MILNE, E.; CERRI, C.C. Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with Roth C and Century models/ *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.122, p.46-57. 2007.

COLEMAN, D.; FU, S. L.; HENDRIX, P.; CROSSLEY JR., D. Soil foodwebs in agroecosystems: impacts of herbivory and tillage management. *European Journal of Soil Biology*, v.38, p.21-28. 2002.

CONSTANTINO R. Revision of the neotropical termite genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). The University of Kansas. The University of Kansas Science Bulletin, v. 55, p. 455-518. 1995.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada dos gêneros de cupim (Insecta:Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v.40, n.25, p.387-448. 1999.

CONSTANTINO, R.; ACIOLI A. N. S.; SCHMIDTL, K.; CUEZZO, C.; CARVALHO, S. H. C.; VASCONCELLOS, A. A taxonomic revision of the Neotropical termite genera *Labiotermes* Holmgren and *Paracornitermes* Emerson (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). *Zootaxa*, v.1340, p.1–44. 2006.

CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. Diversidade de cupins (Insecta: Isoptera) no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Orgs.). *Diversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros*. Lavras: Editora UFLA, p.277-297, 2008.

CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.320-333, 2005.

CONSTANTINO, R.; SCHLEMMERMEYER, T. Cupins (Insecta: Isoptera). Pages 129-151 In: ALHO, C. J. R. (Ed.). *Fauna silvestre da região do rio Manso - MT*. IBAMA / ELETRONORTE, Brasília. 2000.

- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432, 1999.
- COSENZA, G. W.; CARVALHO, M. M. Controle e nível de dano do cupim de montículo em pastagens. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 3, n.1, p. 1-12, 1974.
- COSTA, F. P.; REHMAN, T. Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil. *Agricultural Systems*, v.61, p.135-146. 1999.
- COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHAES, J. A.; PAULINO, V. T.; PEREIRA, R. G. A.; MOCHIUTTI, S. Recuperação e renovação de pastagens degradadas. *Revista Electrónica de Veterinária. REDVET*®, v.7, n.1, 2006. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 15 jan. 2009.
- CUNHA, H. F. Cupins (Isoptera) bioindicadores para conservação do Cerrado em Goiás. UFG. 2006. (Tese de Doutorado) 74 p.
- CUNHA, H. F.; MORAIS, P. P. A. M. Relação espécie-área em cupinzeiros de pastagem, Goiânia-GO, Brasil. *EntomoBrasilis*, v.3, n.3, p.60-63. 2010. Disponível em: www.periodico.ebras.bio.br/ojs. Acesso em: 20 jan. 2011.
- CZEPAK, C.; ARAUJO, E. A.; FERNANDES, P. M. Ocorrência de espécies de cupins de montículo em pastagens no Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.33, n.1, p.35-38. 2003.
- DECAËNS, T.; BUREAU, F.; MARGERIE, P. Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France). *Pedobiologia*, v. 47, p.479-489. 2003.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofauna communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.103, p.301-312. 2004.
- DIAS-FILHO, M. B. Competição e sucessão vegetal em pastagens. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M. DE; NASCIMENTO JR, D. (Ed.). 2º Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa: UFV; DZO, p.251-287. 2004.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.
- DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. The effect of a soil feeding termite, *Cubitermes fungifaber* (Isoptera: Termitidae) on soil properties: termites may be an important source of soil microhabitat heterogeneity in tropical forests. *Pedobiologia*, v.45, p.1- 11, 2001.
- EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; WAITE, B.; WOOD, T. G.; LAWTON, H. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of disturbance in the Mbalnayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, v. 11, p. 85-98. 1995.
- EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; HAUSER, S.; DIBOG, L.; NORNGROVE, L.; MADONG, B. Termite diversity across an anthropogenic disturbance gradient in the humid forest zone of West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.90, p.189-202. 2002.
- EGGLETON, P.; VANBERGEN, A. J.; JONES, D. T.; LAMBERT, M. C.; ROCKETT, C.; HAMMOND, P. M.; BECCALONI, J.; MARRIOTT, D.; ROSS, E.; GIUSTI A. Assemblages

- of soil macrofauna across a Scottish land-use intensification gradient: influences of habitat quality, heterogeneity and area. *Journal of Applied Ecology*, v.42, n.6, p.1153-1164. 2005.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). Manual de Métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 312p. 2006.
- FADINI, M. A. M.; DESOUSA, O.; FANTON, C. J. Efeito da profundidade de aplicação e da distribuição de inseticidas líquidos no controle de cupins de montículo em pastagens (Isoptera: Termitidae). *Neotropical Entomology*, v.30, n.1, p.157-159. 2001.
- FADINI, M. A. M.; MOINO JÚNIOR, A.; DE SOUZA, O. F. F. Ecologia e manejo de cupins de montículo em pastagens: indicações técnicas. *Boletim Técnico da EPAMIG*, n.66, 2002. 28p.
- FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v.108 p.147-166. 1998.
- FERNANDES, P. M.; CZEPAK, C.; VELOSO, V. R. S. Cupins de montículos em pastagens: prejuízo real ou praga estética? p.187-210. In: FONTES L. R.; BERTI FILHO E. (Eds.) *Cupins: o desafio do conhecimento*. FEALQ. 1998. 512p.
- FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. E. B. M. Alterações na matéria orgânica de um podzol hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no pantanal mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.10, p.1943-1951. 1999.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.
- FLORENCIO, D. F.; DIEHL, E. Termitofauna (Insecta, Isoptera) em Remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.50, n.4, p.505-511. 2006.
- FLORENCIO, D. F.; ROSA, C. S.; MARINS, A.; CRISTALDO, P. F.; ARAUJO, A. P. A.; SILVA, I. R.; DESOUSA, O. How to preserve termite samples in the field for carbon and nitrogen stable isotope studies? *RCM. Rapid Communications in Mass Spectrometry*, v. 25, p. 243-246, 2011.
- GOLDEN SOFTWARE, Surfer V 7.02. Surface Mapping System, 2000. Colorado USA.
- GULAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos. Um resumo de entomologia. 3ª Ed. Roca, 2008. 440 p.
- HERINGER, I.; JACQUES, A. V. Nutrientes no mantillo em pastagem nativa sob distintos manejos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 841-847, 2002.
- HOLT, J. A.; LEPAGE, M. Termites and soil properties. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Eds). *Termites: evolution, sociality, symbiosis, ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Press, p.389-407. 2000.
- HYODO, F.; TAYASU, I.; KONATE, S.; TONDOH, J. E.; LAVELLE, P.; WADA, E. Gradual enrichment of ¹⁵N with humification of diets in a below-ground food web: relationship between ¹⁵N and diet age determined using ¹⁴C. *Functional Ecology*, v.22, p.516-522. 2008.

- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology Biochemistry*, v.8, n.3, p.209-213. 1976.
- JONES, D. T.; SUSILO, F. X.; BIGNELL, D. E.; HARDIWINOTO, S.; GILLISON, A. N.; EGGLETON, P. Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Ecology*, v.40, n.2, p.380-391. 2003.
- KEMPERS, A. J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. *Communications In Soil Science and Plant Analysis*, v.17, n.7, p.715-723, 1986.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v.1, n.1. 2005.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Encarte de informações agronômicas Nº 106, 2004. Disponível em: <http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87>. Acesso em 22 nov. 2008.
- KRISHNA, K.; WEESNER F. M. (Eds.). *Biology of termites*. New York: Academic Press, v.1, 598 p. 1969.
- LACHAT, T.; ATTIGNON, S.; DJEGO, J.; GOERGEN, G.; NAGEL, P.; SINSIN, B.; PEVELING, R. Arthropod diversity in Lama forest reserve (South Benin), a mosaic of natural, degraded and plantation forests. *Biodiversity and Conservation*, v.15, n.1, p.3-23. 2006.
- KASCHUK, G.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; SINHORATI, D. C.; BERTON-JUNIOR, J. F. Termite activity in relation to natural grassland soil attributes. *Scientia Agricola*, v.63, n. 6, p.583- 588, 2006.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. *Soil ecology*. Kluwer, Dordrecht, 2001. 654p.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, v.33, p.159-193. 1997.
- LEE, K. E.; WOOD, T. G. *Termites and soils*. New York: Academic Press. 1971. 251p.
- LÉONARD, J.; RAJOT, J. L. Influence of termites on runoff and infiltration: quantification and analysis. *Geoderma*, v.104, p.17-40. 2001.
- LIMA, S. S.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; PINHEIRO, É. F. M.; SANT'ANNA, S. A. C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Relação entre a presença de cupinzeiros e a degradação de pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.12, p. 1699-1706. 2011.
- LIMA-RIBEIRO, M. DE S.; PINTO, M. P.; COSTA, S. S.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F. L. V. B.; MELO, T. L.; MOURA, I. O. Associação de *Constrictotermes cyphergaster* Silvestri (Isoptera: *Termitidae*) com Espécies Arbóreas do Cerrado Brasileiro. *Neotropical Entomology*, v.35, n.1, p.49-55. 2006.
- LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. DA; SILVA, D. A. DA; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.29, n.1, p.17-22. 2007.
- LUIZÃO, R. C. C; COSTA E. S.; LUIZÃO F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequencia de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v.29, n.1, p.43-56, 1999.

- MACEDO M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: ANDRADE, R. P. DE; BARCELLOS, A. O.; ROCHA, C. M. C. (Eds) Proc. Symp. Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: pesquisas para o desenvolvimento sustentável, Sociedade Brasileira de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. p.28-62. 1995.
- MACEDO, M. C. M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do Cerrado. In: YAMADA T.; STIPP, S. R.; ABDALLA. (Org). Fósforo na Agricultura Brasileira. 1. Ed. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.359-400. 2004.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.133-146, 2009.
- MARTHA JR., B. B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32p (Documentos, 50).
- MATHEWS, A. G. A. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1977. p. 267.
- MENDEZ-MONTIEL, J. T.; EQUIHUA-MARTINEZ, A. Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, Isoptera). Acta Zoologica Mexicana, (n.s.) v.1, p.173-187. 2001.
- MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária. Dourados: Embrapa-CPAO, 2004. 27 p. (Embrapa-CPAO. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).
- MIRANDA, C. H. B. Ciclagem de nutrientes com vistas à sustentabilidade do sistema. Pasturas Tropicales, CIAT, v.64. 2000.
- MORAES, J. F. L.; NEILL, C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELILLO, J.; LIMA, V. C.; STEUDLER, P. A. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the Western Brazilian Amazon Basin. Acta Scientiarum, v.24, n.5, p.1369-1376. 2002.
- NASCIMENTO JR. D.; CARVALHO, F. C. Recuperação de pastagens degradadas. Diminuição da produtividade com o tempo. Conceito de sustentabilidade. 2001. Disponível em:
http://www.tdnet.com.br/do.../RECUPERACAO_DE_PASTAGENS_DEGRADADAS.ht.
 Acesso em: 10 jan. 2009.
- NASCIMENTO JR., D. Ecossistemas de pastagens cultivadas. 2001. Disponível em:
<http://www.tdnet.com.br/domicio/ECOSSist.htm>. Acesso em: 15 jan 2009.
- NEILL, C.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; STEUDLER, P. A.; MELILLO, J. M.; BRITO, M. Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. Oecologia, v.110, p.243-252. 1997.
- OLIVEIRA, O. C. de. Parâmetros químicos e biológicos relacionados com a degradação de pastagens de *Braquiária* spp. no Cerrado brasileiro. UFRRJ/IA, 2000. (Tese de Doutorado). 146 p.
- OLIVEIRA, O. C. DE; OLIVEIRA, I. P. DE; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.103, p.289-300. 2004.

- OLIVEIRA, M. I. L. DE; BRUNET, D.; MITJA, D.; CARDOSO, W. S.; BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. F.; BROSSARD, M. Incidence of epigeal nest-building termites in *Brachiaria* pastures in the Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.1, p.181-185. 2011.
- PASINI, A.; BENITO, N. P.; ROESSING, M.; BROWN, G. G. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens do norte do estado do Paraná. In: Anais da Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 26; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 10; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 8; Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 5. SBSC/SBM/CAV-UDESC, Lages (SC), Brasil. CD-ROM. 2004.
- PAROLI, E. N.; VIER, L. P. Geoestatística aplicada ao geoprocessamento. Universidade Federal de Santa Maria. 2011. 21p. Disponível em: <http://200.132.36.199/elodio/downloads/Paroli,E.N.&Vier,L.P.GeoestatisticaAplicada>. Acesso em: 08 jan 2012.
- PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.3, p.655-661. 2004.
- PMRB. Prefeitura Municipal de Rio Brilhante. Aspectos geográficos. Disponível em: <http://www.riobrilhante.ms.gov.br/site/index.php?acao=geografico>. Acesso em: 22 jan 2010.
- REDFORD, K. H. The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera: *Termitidae*) and their role in determining a potential keystone species. *Biotropica*, v.16, n.2, p.112-119. 1984.
- REZENDE, C. DE P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* v.54, p.99-112. 1999.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- ROCHA, M. M. DA; CANCELLO, E. M. Revision of the Neotropical termite genus *Orthognathotermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae: Termitinae). *Zootaxa*, v.2280, p.1-26. 2009.
- RODIRGUES, L. R. A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. B. Recuperação de Pastagens Degradadas. In SIMPÓSIO PECUÁRIA 2000 – PERSPECTIVAS PARA O III MILÊNIO, 1, Pirassununga, Anais. Pirassununga: FZEAUSP. 2000.
- RODRIGUES, A. M.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.; GALBEIRO, S.; GOMES, J. A. N.; AVANZZI, L. Produção, quantidade e concentração de macronutrientes do material morto de capim-mombaça, fertilizado com fontes de fósforo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.2, p. 445-451. 2009.
- RÜCKAMP, D.; AMELUNG, W.; THEISZ, N.; BANDEIRA, A. G.; MARTIUS, C. Phosphorus forms in Brazilian termite nests and soils: relevance of feeding guild and ecosystems. *Geoderma*, v.155, p.269-279. 2010.
- SANO, E. Y.; BEZERRA, H. DA S.; BARCELLOS, A. DE O.; ROSA, R. Metodologia para mapeamento de pastagens degradadas no Cerrado. Embrapa Cerrados, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento) 22p.
- SANTOS, R. S. M. DOS; OLIVEIRA, I. P.; MORAIS, R. F.; URQUIAGA, S. C.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, p.119-124, 2007.

- SANTOS, J. C. P.; BARETTA, D.; ALVES, M. V.; CARDOSO, E. J. B. N. Macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em sistemas de plantio direto e convencional. In: Anais do XXX Congresso brasileiro de ciência do solo. SBCS, Recife (PE) Brasil, CD ROM. 2005.
- SARCINELLI, T. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; LYNCH, L. DE S.; ARATO, H. D.; VIANA, J. H. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; GONÇALVES, T. T. Chemical, physical and micromorphological properties of termite mounds and adjacent soils along a toposequence in Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil. CATENA.v.76, n.2, p.107-113, 2009.
- SEMAC. 2011. Secretaria de Estado e Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia – MS. Disponível em: <http://www.semec.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&show=5775>. Acesso em: 03 mar 2012.
- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. DE F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.4, p.697-704. 2006.
- SILVA, R. F. DA; AQUINO, A. M. DE; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. DE F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado Acta Scientiarum Agronomy. v. 30, supl., p. 725-731, 2008.
- SILVA, R. F. DA; GUIMARÃES, M. DE F.; AQUINO, A. M. DE; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura pecuária. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.46, n.10, p.1277-1283, 2011.
- SILVA, S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Sistema intensivo de produção de pastagens. II Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal (II CLANA) CBNA - AMENA – São Paulo, SP. 2006.
- SIQUEIRA, M. G.; KITAYAMA, K. Nota sobre a densidade de *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera, Termitidae) em áreas natural e alterada, no Distrito Federal, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 8., 1983, Brasília, DF. Resumos... Brasília, DF: Sociedade Entomológica do Brasil, 1983. p. 41.
- SCHMIDT, O.; CURRY, J. C.; JENS DYCKMANS, J.; EMILIA ROTA, E.; SCRIMGEOUR, C. M. Dual stable isotope analysis ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of soil invertebrates and their food sources Pedobiologia v.48, p171-180. 2004.
- SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M; POWLSON, D. S.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. Soil Science Society of America Journal, v.65, p.1121-1128. 2001.
- SPAIN, A.V.; REDDELL, P. $\delta^{13}\text{C}$ values of selected termites (Isoptera) and termite-modified materials. Soil Biology and Biochemistry, v.28, n.12, p.1585-1593. 1996.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell, Oxford, 1979. 372 p.
- TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. DE P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. Plant and Soil, v.234, p.15-26. 2001.
- TAYASU, I.; ABE, T.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Nitrogen and carbon isotope ratios in termites: an indicator of trophic habit along the gradient from wood-feeding to soil feeding.

Ecological Entomology, v.22, p.343-351. 1997.

TAYASU, I.; HYODO, F.; ABE, T.; INOUE, T.; SPAIN, A. V. Nitrogen and carbon isotope ratios in the sympatric Australian termites, *Amitermes laurensis* and *Drepanotermes rubriceps* (Isoptera: *Termitidae*) in relation to their feeding habits and the quality of their food materials. *Soil Biology and Biochemistry*, v.34, p.297-301. 2002.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A. J. V.; VELOSE, C. M. Intensidade de pastejo sobre a produção, qualidade e perdas em *Panicum maximum* (Intensity grazing in production, quality and losses of *Panicum maximum*). v.5, n.10, 2005. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 14 out 2010.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por brachiarias para adoção do sistema plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.617-622. 2007.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; JANATLIA, C. P. Aplicação de técnicas de ^{13}C em estudos da dinâmica da matéria orgânica de solos agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Org.) Fundamentos da matéria orgânica do solo. 2ª Edição, p.13-33. 2006.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; CAMPOS, D. V.; BODDEY, R. M. Aplicação de técnicas de ^{13}C em estudos de sequestro de C em solos agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANATLIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Org.). Manejo de sistemas agrícolas 1ª Edição, p.571-580. 2008.

VALÉRIO, J. R. Ocorrência, danos e controle de cupins de montículo em pastagens. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 1995, Dourados. Ata e resumos. Dourados: Embrapa-CPAO, p. 33-36. 1995.

VALÉRIO, J. R. Cupim de montículo em pastagens. Embrapa - CNPQC. 1996. Disponível em: http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/divulga/divulga_pdf/gdcd18.pdf Valério, 1995. Acesso em: 15 out 2009.

VALÉRIO, J. R. Cupins-de-montículo em pastagens. Embrapa Gado de Corte / Campo Grande, MS. 2006. 33p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte).

VALÉRIO, J. R.; BARBOSA, L. R.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, M. C. M. Percentual de cupinzeiros abandonados em pastagens de *Brachiaria decumbens* altamente infestadas por *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae). In: 43ª Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa. 2006.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v.19, n.703-707. 1987.

VASCONCELLOS, A. Biomass and abundance of termites in three remnant areas of Atlantic Forest in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia (Impresso)*, v.54, p.455-461, 2010.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Eds.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54. 2000.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Berkeley, v. 51, n.3, p. 1-75, 1983.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado. 1998. 16p. EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 37.

WARING, S. A.; BREMNER, J. M. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature*, v.201, p.951-952. 1964.

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biology and Fertility of Soils*, v.31, p.1-19. 2000.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. DE J. Possíveis causas da degradação de pastagens. *Revista Eletrônica de Veterinária REDVET* ®, v.5, n.11, 2005. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 15 jan. 2009.

ZIMMER, A. H.; BARBOSA, R. A. Manejo de pastagens para produção sustentável. *Anais do ZOOTEC'2005*. Campo Grande, MS. 2005.