

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ASSOCIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FORMIGAS  
(Hymenoptera: Formicidae) COM ATRIBUTOS DO SOLO E  
DA VEGETAÇÃO EM UM DOMÍNIO DO CERRADO À  
NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**

Edison Fernandes da Silva  
Biólogo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ASSOCIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FORMIGAS  
(Hymenoptera: Formicidae) COM ATRIBUTOS DO SOLO E  
DA VEGETAÇÃO EM UM DOMÍNIO DO CERRADO À  
NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**

Edison Fernandes da Silva

Orientador: Dr. José Eduardo Corá

Coorientadora: Dra. Ana Yoshi Harada

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de  
Jaboticabal, como parte das exigências para a  
obtenção do título de Doutor em Agronomia  
(Ciência do Solo).

**2014**

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S586a | <p>Silva, Edison Fernandes da</p> <p>Associação da ocorrência de formigas (Hymenoptera: Formicidae) com atributos do solo e da vegetação em um domínio do Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão, Brasil / Edison Fernandes da Silva.</p> <p>-- Jaboticabal, 2014</p> <p>ix, 119 p. ; 28 cm</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014</p> <p>Orientador: Jose Eduardo Corá</p> <p>Coorientadora: Ana Yoshi Harada</p> <p>Banca examinadora: Ivan Barbosa Machado Sampaio, Adolfo Valente Marcelo, Célia Regina Paes Bueno, Maria Helena Moraes.</p> <p>Bibliografia</p> <p>1. Análise multivariada. 2. Características físico-químicas do solo. 3. Classes de solo. 4. Formigas do Cerrado. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.</p> <p>CDU 631.442:595.796</p> |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** ASSOCIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FORMIGAS (Hymenoptera: Formicidae)  
COM ATRIBUTOS DO SOLO E DA VEGETAÇÃO EM UM DOMÍNIO DO CERRADO  
À NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

**AUTOR:** EDISON FERNANDES DA SILVA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. JOSE EDUARDO CORA

**CO-ORIENTADORA:** Profa. Dra. ANA YOSHI HARADA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA  
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. JOSE EDUARDO CORA  
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. IVAN BARBOSA MACHADO SAMPAIO  
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Minas Gerais / Belo Horizonte/MG

  
Prof. Dr. ADOLFO VALENTE MARCELO  
Centro Universitário de Rio Preto / São José do Rio Preto/SP

  
Profa. Dra. CELIA REGINA PAES BUENO  
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Profa. Dra. MARIA HELENA MORAES  
Departamento de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Data da realização: 16 de junho de 2014.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

EDISON FERNANDES DA SILVA – Nasceu em 04 de fevereiro de 1972, na cidade de Bocaiúva, MG, onde cursou ensino médio na Escola Estadual Professor Gastão Vale. Ingressou no curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão em 1994, adquirindo o grau de Bacharel e Licenciado em Biologia no segundo semestre de 1998. No ano de 1999 ministrou a disciplina de Biologia em escolas de ensino médio de São Luís -MA e em março de 2000, ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, obtendo o título de mestre em 2002. Foi bolsista DCR (Desenvolvimento Científico Regional-UFC) e DTI (Desenvolvimento Técnico e Industrial-UFPA) no período de 2002 a 2004. No interstício 2005 - 2007 ministrou aulas de biologia no ensino fundamental e médio na rede de escolas privadas de São Luís-MA. Em 2007 ingressou na função de professor de Biologia do Instituto Federal do Maranhão e em 2008, após aprovação em concurso público, assumiu a função de professor da Universidade Federal do Maranhão – Campus de Chapadinha. Em 2011 compôs a turma de Doutorado Interinstitucional (DINTER – UFMA/UNESP), obtendo o título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) em junho de 2014.

Àquele que é, e que era, e que há de vir, pois foi por Ele e com Ele que tudo se fez, pois foi por Ele e com Ele que tudo se fez.

Ao meu irmão Astério Fernandes da Silva (*in memoriam*) que não pode celebrar comigo essa vitória, pois um dia após a defesa dessa tese travamos uma forte luta pela vida, vencemos a dor e a morte, porque ele está vivo junto ao nosso Pai celestial.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS pelo provisionamento de saúde e soluções nos momentos difíceis.

A minha esposa Flávia Pantoja e meus filhos Lucas e Mateus que viveram cada momento deste doutoramento.

Ao professor Dr. José Eduardo Corá pela confiança e orientação.

A Dra. Ana Yoshi Harada pela orientação na identificação dos formicídeos.

Ao professor Dr. Ivan Machado Sampaio pelas orientações estatísticas.

Ao Dr. Jocélio Araújo dos Santos, Diretor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Maranhão – Campus de Chapadinha, pelo apoio.

Ao meu irmão Lúcio Fernandes da Silva que acreditou e investiu na minha formação desde as séries iniciais do ensino fundamental.

Aos meus pais Dimas Fernandes da Silva e Nair Soareas da Silva pelo incentivo e torcida.

Aos colegas de doutorado José Maria Rezende do Amaral, Jussara Silva Dantas, Fredgardson Costa Martins, que contribuíram significativamente nas etapas de campo e análises dos dados.

Ao amigo Rogério Abreu pelo auxílio na formatação, padronização e correções do texto.

Aos bolsistas e estagiários, Lorena Esmerio, Isaine Figueiredo, Pryscila Araújo, Karen Linny, Atilan Nascimento e Tailson Nascimento, que foram fundamentais na fase de coleta de dados em campo.

Aos amigos que contribuíram nas análises laboratoriais e elaboração de mapas: Tiago Fieno, Gabreil Damasceno, Matheus Oliveira, Fernando Oliveira. A Pryscila Volante, Liliane Campos, André Luis, Henrique Parente, Michelle Parente e Ricardo Rodrigues dos Santos pelas sugestões e correções textuais.

Agradeço ao Dr. Edinaldo da Silva Filho pelo suporte e apoio, durante minha estada no Museu Paraense Emilio Goeldi e a Agrônoma Albéryca Stefany Ramos pelo o auxílio na identificação e motagem das formigas do gênero *Pheidole*.

À Sra Dulcilene Belezinha, o Sr. Antônio Marcos, proprietários da Fazenda Belezinha e do Sítio Gavião e ao Sr. Roberval Lima, gerente da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) responsável pela Reserva do Itamacaoca. Os quais prontamente liberaram as respectivas áreas para realização desses estudos.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                                   |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMO .....                                                                                                                                                                                                      | viii |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                                                                     | ix   |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                                                                                | 1    |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                                                                                                                                                    | 3    |
| 2.1. Cerrados.....                                                                                                                                                                                                | 3    |
| 2.2. Solos do Brasil .....                                                                                                                                                                                        | 6    |
| 2.3. Solos do Maranhão.....                                                                                                                                                                                       | 8    |
| 2.4. Solos da área de estudos.....                                                                                                                                                                                | 9    |
| 2.4.1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico.....                                                                                                                                                                   | 9    |
| 2.4.2. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico.....                                                                                                                                                            | 11   |
| 2.4.3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico.....                                                                                                                                                               | 12   |
| 2.4.4. ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico.....                                                                                                                                                              | 13   |
| 2.4.5. NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico.....                                                                                                                                                                    | 14   |
| 2.7. Formigas .....                                                                                                                                                                                               | 19   |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                                                                                       | 25   |
| 3.1. Área de estudo .....                                                                                                                                                                                         | 25   |
| 3.2. Amostragem das formigas.....                                                                                                                                                                                 | 27   |
| 3.3. Estudos fitossociológicos e biomassa de serapilheira.....                                                                                                                                                    | 29   |
| 3.4. Amostragem e descrição dos perfis representativos .....                                                                                                                                                      | 30   |
| 3.5. Coleta e análise do solo.....                                                                                                                                                                                | 30   |
| 3.6. Análises estatísticas .....                                                                                                                                                                                  | 32   |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                                                   | 33   |
| 4.1. Solos dos ambientes de estudo .....                                                                                                                                                                          | 33   |
| 4.2. Estrutura do complexo solo-planta-formigas do ambiente de LATOSSOLO AMARELO<br>Distrófico típico.....                                                                                                        | 37   |
| 4.3. Estrutura do complexo solo-planta-formigas do ambiente de NEOSSOLO FLÚVICO<br>Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico .....                                                        | 50   |
| 4.4. Estrutura do complexo solo-plantas-formigas de um ARGISSOLO ACINZENTADO<br>Distrófico arênico e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico .....                                                             | 64   |
| 4.5. Associação multivariada dos atributos do solo, da vegetação, da umidade e da<br>temperatura ao nível do solo com a ocorrência de formigas em um domínio de<br>Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão ..... | 78   |
| 5. CONCLUSÕES .....                                                                                                                                                                                               | 87   |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 6. REFERÊNCIAS .....                                       | 88  |
| APÊNDICES.....                                             | 107 |
| Apêndice A. Descrição geral do perfil do ambiente A1 ..... | 108 |
| Apêndice B. Descrição geral do perfil do ambiente A2 ..... | 110 |
| Apêndice C. Descrição geral do perfil do ambiente A3 ..... | 112 |
| Apêndice D. Descrição geral do perfil do ambiente A4 ..... | 114 |
| Apêndice E. Descrição geral do perfil do ambiente A5 ..... | 116 |
| Apêndice F. Descrição geral do perfil do ambiente A6 ..... | 118 |

**ASSOCIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FORMIGAS (Hymenoptera: Formicidae)  
COM ATRIBUTOS DO SOLO E DA VEGETAÇÃO EM UM DOMÍNIO DO  
CERRADO À NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**

**RESUMO** - As formigas ocupam dosséis de árvores e arbustos, com muitas espécies utilizando a interface solo/serapilheira para forrageamento e outras com hábito residente nos solos. Nesse trabalho se propôs identificar espécies de formigas em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão e correlacionar a ocorrência das formigas com atributos dos solos, da vegetação, da umidade e temperatura ao nível do solo. O trabalho foi realizado no município de Chapadinha – MA em seis ambientes: A1 e A2 LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A3 NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico, A4 LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico, A5 ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e A6 PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico. A caracterização da cobertura vegetal foi realizada a partir levantamento fitossociológico em parcelas de 40 x 40 m. Nessas parcelas foram coletadas amostras de solo deformadas e com estrutura preservada nas camadas 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m para caracterização física e química. As formigas foram coletadas em cada ambiente com auxílio de iscas proteicas e carboidráticas (sardinha e mel). Nove conjuntos de iscas foram distribuídas em uma malha amostral quadrada (40 x 40 m) e a distância entre as iscas foi de dez metros uma da outra. Cada isca foi monitorada individualmente, por um período de 1 hora, entre 08:00 às 11:00 horas. As formigas que acessaram as iscas foram acompanhadas e coletadas diretamente na entrada dos respectivos formigueiros. A biomassa seca de serapilheira foi obtida em parcelas de 1 m<sup>2</sup> distribuídas aleatoriamente nas parcelas de 40 x 40 m. As medidas de umidade e temperatura foram obtidas com auxílio de termohigrômetro posicionado diretamente na superfície do solo dos ambientes de amostragem. Os atributos físicos e químicos do solo receberam tratamento estatístico descritivo e foram usados nas correlações multivariadas, utilizando análise de componentes principais (ACP). Na análise multivariada foram utilizadas dez espécies de formigas que apresentaram maior índice de valor de importância (IVI), correlacionando-as com atributos dos solos, biomassa de serapilheira, área basal, umidade e temperatura ao nível do solo. Foram identificadas 48 espécies distribuídas em 7 subfamílias e 24 gêneros. Nove espécies tiveram registros restritos aos ambientes: A1 e A2, *Ectatoma muticum*, A2 *Camponotus senex*, A3 *Dolichoderus superaculus*, A4 *E. bruneum* e *C. atricipes*, A5 *Gnamptogenys ammophila* e em A6 *Myrmelachista flavocotea*, *Nylanderia steinheli*, *Paratrechina JL10* e *Alomerus decermaticulatus*. Novo registro de atividade comportamental no solo foi acrescentado para a espécie *P. boopsis*. *P. termitarius* ocorre somente nos ambientes sombreados e *P. boopsis* nos ambientes fortemente ensolarados. Os atributos do solo (densidade do solo, porosidade, granulometria, índice de estabilidade de agregados, umidade e teores de Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, carbono e acidez potencial); da vegetação (área basal e massa seca de serrapilheira) e temperatura e umidade ao nível do solo afetam a ocorrência de formigas das espécies *C. comatulus*, *E. muticum*, *P. boopsis*, *P. termitarius*, *D. gigantea*, *O. neopoliutus*, *C. cf acuta*, *P. casta*, *S. brusei* e *S. Substituta*.

**Palavras-chave:** análise multivariada, características físico-químicas do solo, classes de solo, formigas do Cerrado.

## ASSOCIATION THE OCCURRENCE OF ANTS (Hymenoptera: Formicidae) WITH ATTRIBUTES OF SOIL AND VEGETATION IN A FIELD OF SAVANNAH TO NORTHEASTERN STATE MARANHÃO, BRAZIL

**ABSTRACT** - Ants live in tree tops and shrubs, with many species using the soil/litter interface for foraging and other are resident in the soils. In this study proposes to identify species of ants in an area of the Cerrado Northeastern State of Maranhao and correlate the occurrence of ants with attributes of soils, vegetation, moisture and temperature at ground level. The study was conducted in the municipality of Chapadinha-MA in six environments: E1 and E2 Typical Dystrophic Oxisol, E3 Entisol Typical Dystrophic, E4 Petroplíntico Dystrophic Oxisol, E5 Paludalf Dystrophic Ultisol and E6 Plinthosol Petrico Êndico Litoplíntico. The characterization of the vegetation was carried out by phytosociological survey in 40 x 40 m plots. To evaluate the physical and chemical properties of the soils we collected disturbed soil samples and preserved structure in 0,0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m and 0,2 - 0,3 m layers. The ants were collected with protein and a carbohydrate baits (sardines and honey) using nine pairs of baits distributed in the 40 x 40 m plots from six environments. To collect the ants in each plot the baits were observed individually for one hour (08:00 and 11:00 am) and the ants who accessed the baits were monitored and collected directly at the entrance of their nests. The dry biomass of litter was obtained in 1 m<sup>2</sup> plots randomly distributed in 40 x 40 m plots. Humidity and temperature were obtained with hygrometer placed directly on the soil surface from the sampling environments. Descriptive statistical analysis and Principal Component Analysis (PCA) was carried out in the physical and chemical soil attributes. Ten ant species with higher importance value (HIV) were used in the PCA analysis. These species were correlated with soil attributes, litter biomass, basal area, humidity and temperature at ground level. Forty eight species from 7 subfamilies and 24 genera have been found. Nine species were restricted to records environments: E1 and E2 *Ectatoma muticum*, E2 *Camponotus senex*, E3 *Dolichoderus superaculus*, E4 *E. bruneum* and *C. atricipes*, E5 *Gnamptogenys ammophila*, E6 *Myrmelachista flavocotea*, *Nylanderia steinheli*, *Paratrechina JL10* and *Alomerus decermaticulatus*. New record of behavioral activity in soil are added to *P. boopsis* specie. *P. termitarius* occurred only in shaded and *P. boopsis* in sunny heavily environments. The soil properties (density, porosity, particle size, index of aggregate stability, moisture and levels of Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, carbon and potential acidity); vegetation (basal area and dry mass of litter) and temperature and humidity at ground level affect the occurrence of ants of the species *C. comatulus*, *E. muticum*, *P. boopsis*, *P. termitarius*, *D. gigantea*, *O. neopoliutus*, *C. cf acuta*, *P. casta*, *S. brusei* and *S. substituta*

**Keywords:** multivariate analysis, physico-chemical characteristics of the soil, classes of soil, ants Cerrado.

## 1. INTRODUÇÃO

A história de vida das formigas data o médio Cretáceo, muitas espécies estruturaram seus nichos no solo e outras coevoluíram com as angiospermas que dominaram o período Cenozóico. A relação das formigas com as plantas está associada com o aspecto trófico, pois, muitas espécies de formigas mantêm dieta especializada em recursos vegetais, alimentando-se de néctar, frutos e exudatos produzidos pelas plantas. Outras, porém, tornaram-se generalistas, concentrando seus nichos nos solos e na interface solo/serapilheira, onde é encontrada uma grande diversidade de alimentos de natureza protéica e carboidrática, como tecidos de animais e de vegetais em decomposição.

No âmbito das formigas generalistas, o complexo solo-planta não pode ser ignorado na definição dos nichos, pois, o aporte de fontes protéicas utilizadas por formigas generalistas depende da cobertura vegetal, que por sua vez, reflete em sua estrutura e composição florística os efeitos dos atributos do solo e dos fatores do clima.

Nas regiões tropicais, as coberturas vegetais dominadas por plantas da classe Magnoliopsidas concentram biomassa aérea e sustentam uma ampla teia alimentar, que envolve representantes de todos os filos animais em diferentes níveis tróficos. Os ambientes mais diversificados disponibilizam maiores estoques de alimentos, que se concentram em uma espessa camada de serapilheira rica em recursos protéicos, largamente utilizados pelas formigas onívoras.

As comunidades vegetais diversificadas tendem a abrigar comunidades de formigas diversificadas, revelando interações ecológicas, que envolvem a colonização e estruturação dos ambientes. Contudo, a estruturação e a sustentabilidade desses sistemas dependem, dentre outros, da variabilidade dos atributos do solo e dos fatores de clima. As interações entre sistemas abióticos (solos) e bióticos (plantas e formigas) devem ser tratadas considerando a multiplicidade de fatores que mantêm esses sistemas conectados.

A maioria dos estudos com formigas é de cunho taxonômico, ecológico e aplicado, especialmente, envolvendo espécies pragas da tribo Attini. Os estudos de natureza ecológica, predominantemente abordam de forma genérica o efeito de fatores do clima e domínios florísticos na distribuição das formigas.

No Brasil, os estudos sobre formigas concentram-se nos biomas da Amazônia e Mata Atlântica considerados, áreas com potencial para identificação de novas espécies (*hotspots*). A condição de *hotspots* para espécies de formigas tem se estendido a outros biomas brasileiros, sobretudo o Cerrado, que ocupa quatro das cinco regiões geográficas do país e vem sofrendo fortemente com o avanço das fronteiras agrícolas. Estudos com espécies de formigas nos domínios do Cerrado brasileiro podem revelar espécies desconhecidas da ciência e com grande potencial de uso aplicado, como espécies controladoras de pragas.

Nos Cerrado grande parte dos estudos com formigas teve origem nos empreendimentos florestais e agrícolas. Os trabalhos de natureza taxonômica, ecológica e aplicada foram intensamente direcionados para o conhecimento da biologia de espécies pragas e o controle populacional dessas formigas que afetam os sistemas de produção. Contudo, esses trabalhos, em sua grande maioria, utilizam as áreas nativas como testemunhas e, desta forma, têm contribuído com informações sobre a mirmecofauna do Cerrado.

Recentemente, muitos trabalhos sobre formigas têm sido conduzidos em ambientes nativos do Cerrado, abordando aspectos da biologia e ecologia das formigas em diferentes fisionomias. Esses trabalhos têm contribuído para formar um diagnóstico mais preciso da mirmecofauna que ocorre nos diferentes ambientes do Cerrado. Contudo, como o método predominante de coleta é a armadilha tipo *pitfall* e as espécies coletadas são analisadas sem distinção precisa dos nichos e grupos funcionais que pertencem, são necessários estudos mais detalhados e direcionados para guildas específicas, como as espécies que são exclusivamente encontradas nos solos.

Os trabalhos com formigas residentes nos solos assumem relevância ecológica e histórica, pois, é possível que, ao longo do tempo, as formigas, assim como outros insetos, que construíram seus nichos no solo, tenham produzido adaptações à vida endogeica. Certamente, as adaptações à vida no solo levaram ao

aprimoramento dos órgãos dos sentidos e à readaptações anatômicas e morfológicas para auxiliar na escavação, orientação e percepção em um ambiente desprovido de luz, como ocorreu em algumas espécies de formigas da Subfamília Ecitoninae que não possuem olhos.

Os estudos estritamente relacionados às formigas residentes nos solos restringem-se às abordagens ecológicas de caráter qualitativo, que não respondem e nem apontam diretamente as dimensões das possíveis interações que se estabeleceram entre formigas, plantas, solos ou atributos específicos dos solos. Nesse sentido esse trabalho se propõe testar a hipótese de que a nidificação de formigas no solo está associada aos atributos do solo, da vegetação e do clima.

O objetivo desse trabalho foi identificar espécies de formigas que nidificam em solos de um domínio de Cerrado à nordeste do Estado do Maranhão e correlacionar a ocorrência das formigas com atributos do solo, da vegetação, da temperatura e da umidade na superfície do solo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cerrados**

O Cerrado é considerado o segundo maior bioma do Brasil. Ocupa uma área contínua de cerca de 2.000.000 de km<sup>2</sup>, que corresponde à cerca de 25% do território nacional, abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, o Distrito Federal, partes de São Paulo, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Bahia. Constituído por um mosaico vegetacional composto por formações campestres (campos limpo, sujo e rupestre), formações savânicas (Cerrado *sensu stricto*, Cerrado denso, Cerrado ralo e Cerrado rupestre) e florestais com cerradão, matas de galeria, ciliares e secas (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

O Cerrado é considerado um complexo de biomas, formado por um mosaico de comunidades pertencentes a um gradiente de formações ecologicamente relacionadas, que vai de campo limpo a cerradão (COUTINHO, 2006). A heterogeneidade do Cerrado é resultante da interação de parâmetros abióticos que

determinam aspectos quantitativos e qualitativos da vegetação (OLIVEIRA; SILVA; SANTANA, 2014).

Uma das maiores concentrações dos Cerrados no Nordeste do Brasil encontra-se nos estados do Piauí e do Maranhão, ocupando as regiões a sudoeste e centro-norte (Piauí) e centro-sul e nordeste (Maranhão), cobrindo uma área estimada de 21.656.866 ha, o que corresponde a cerca de 14% da área total da Região Nordeste, ou a cerca de 10,8% da área total do Cerrado *sensu lato* brasileiro (CASTRO et al., 2007). No Maranhão, o Cerrado ocupa 30% da superfície territorial, estendendo-se de sudeste a leste, recobrando os solos de 33 municípios (COSTA; ANDRADE; ARAUJO, 2011).

O Estado do Maranhão possui um Cerrado heterogêneo com a distribuição espacial da maioria das espécies restrita a pequenas porções do espaço, atestando um padrão agregado da vegetação (SILVA; FIGUEIREDO; ANDRADE, 2008). Esses mesmos autores encontraram em uma área de Cerrado no nordeste do Estado 69 espécies com predominância de *Plathymenia reticulata*, *Ouratea hexasperma* e *Stryphnodendron coriaceum* e 17 espécies consideradas raras. Esse número é discreto e evidencia a regionalização ou agregação taxonômica diante das 376 espécies inventariadas por Ratter; Bridgewater e Ribeiro (2003) em toda área de Cerrado do Brasil.

No Cerrado são comuns espécies vegetais tipicamente arbustivas, com fitofisionomias que caracterizam-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas. Os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça grossa. Entre as espécies comuns há inúmeras plantas com características xeromórficas como folhas pequenas, espessadas e coriáceas. O cerradão apresenta uma expressiva quantidade de espécies de Cerrado, sobrepostas a um número de espécies de mata. Sua estrutura e fisionomia são florestais, com dossel predominantemente contínuo e cobertura arbórea. As matas de galerias são encontradas no ambiente de Cerrado, formando florestas, perenifólias que ocorrem nos terrenos úmidos ou em corredores fechados sobre os cursos d'água (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Estruturalmente, a vegetação dos Cerrados no Maranhão apresenta aspecto savanóide. Contudo, é relativamente diversa como mostram os resultados obtidos

por Conceição e Castro (2009) em 0,6 ha de Cerrado, que estudaram no município de Mirador. Esses autores encontraram 2567 indivíduos, distribuídos em 81 espécies, 69 gêneros e 34 famílias com plantas que variaram de 0,30 m a 15 m de altura e com diâmetros entre 3,18 cm e 60,51 cm.

A liberdade de escolha do critério de inclusão nas amostragens comprometem as comparações, pois, os índices fitossociológicos podem representar diferentes populações para formações semelhantes de Cerrado. Santana et al. (2011) catalogaram 269 espécies, sendo 84 espécies arbóreas, 66 arbustivas, 45 ervas, 70 gramíneas e quatro trepadeiras, distribuídas em 43 famílias botânicas. Esses números decrescem quando Tunholi (2011) admite amostrar somente plantas com diâmetro maior ou igual a 5 cm, encontrando 73 espécies que geraram 5,62 m<sup>2</sup> de área basal, densidade de 513 indivíduos por hectare e um índice de diversidade de Shannon-Wiener de 3,4. Apesar das distorções metodológicas, as medidas fitossociológicas e fenológicas revelam características importantes dos solos em domínios do Cerrado.

As folhas das plantas de Cerrado caem naturalmente no período de estiagem e se avolumam nas fitofisionomias arbóreas e de relevo côncavo (SILVA et al., 2007). De modo geral, os solos do Cerrado são considerados pobres nutricionalmente o que, segundo Haridassan (2000), pode ser constatado pela baixa produção de serapilheira ao longo do ano. Contudo, as formações florestais dentro do bioma Cerrado assumem caráter eutrófico, como é o caso do cerradão e as matas de galeria, que apresentam bosques arbóreos, com solos enriquecidos por matéria orgânica.

Haridassan (2000) aponta, também, que os baixos estoques de serapilheira nas formações arbustivas e de campos abertos mostram a utilização da perenifolia como estratégia ecológica que visa a otimização energética para produção e retenção da biomassa aérea, em ambiente com fortes restrições nutricionais. Pietro-Sousa et al. (2012) destacam que as médias de biomassa aérea e de serapilheira são fortemente correlacionáveis e seguramente utilizadas na predição uma da outra. Essas respostas adaptativas repercutem nos índices de diversidade e estrutura das comunidades biológicas que ocorrem em um bioma que rompe fronteiras continentais.

Com a crescente retração dos remanescentes de Cerrados, os estudos florísticos e faunísticos de caráter taxonômico e ecológico assumem grande relevância. Mas como não há projetos de longa duração com esse objetivo, os trabalhos monográficos se somam na tentativa de gerar um diagnóstico com máxima amplitude de abrangência das diferentes comunidades que ocorrem no Cerrado. Não menos importante, mas que estão na retaguarda destes prognósticos científicos, figuram os insetos de hábito residente nos solos, representados fortemente pelos formicídeos.

## **2.2. Solos do Brasil**

Os solos brasileiros evoluíram sobre uma base geológica essencialmente sedimentar e com afloramentos esporádicos de natureza ígnea e metamórfica, que deram origem a uma variedade expressiva de solos, que se agrupam em 13 ordens, 43 subordens, 179 grandes grupos. Desse conjunto, predominam em ordem decrescente os Latossolos, Argissolos e Neossolos (SANTOS et al., 2013). De acordo com Cooper; Vidal-Torrado e Lepsch (2002), a evolução dos solos no Brasil carregam marcas fortes das alternâncias de fases úmidas e secas do terciário e quaternário, atuando sobre sedimentos depositados desde o Paleozóico superior. A distribuição desses solos sobrepõe-se aos mapas de clima e muitas vezes aos de cobertura vegetal, formando agrupamentos que se desagregam conforme a escala de observação.

Os Neossolos são expressivamente distribuídos pelo Brasil em regiões do Sul, Nordeste, Centroeste. Os Neossolos litólicos, ocorrem em relevos colinosos, muitas vezes, acomodando coberturas vegetais com o Cerrado rupestre. Os Neossolos Flúvicos ocorrem em relevos de baixadas onde predominam também os Gleissolos (RAMALHO, 2005; MARACAHIPES et al., 2011).

Os Argissolos são menos evoluídos que os Latossolos e possuem maior tendência à heterogeneidade (MONTANARI et al., 2008). Os Argissolos são frequentes em todos os estados da federação (BENEDETTI et. al., 2008), com os mais variados tipos de evolução e espessura, com moderada a alta suscetibilidade a erosão (SANTOS, 2001).

Os Latossolos encontram-se amplamente distribuídos pelo Brasil. Como unidade dominante, ocupa cerca de um terço da superfície do território nacional, ocorrendo praticamente em todas as regiões do país sob diferentes condições climáticas de relevo e material de origem (KER, 1998).

A ampla distribuição dos Latossolos, Neossolos e Argissolos em todo território brasileiro, permite que em uma escala menor estes solos sejam encontrados em biomas caracterizados por um domínio pedológico, como é o caso do domínio dos Latossolos no bioma de Cerrado. Levantamentos semidetalhados revelam um cenário mais diversificado para os solos sob Cerrado na medida, em que demonstram ocorrência de Cambissolos, Neossolos, Argissolos e Nitossolos (MOTTA et al., 2002).

Na última década, o avanço das áreas de produção no Cerrado tem provocado estudos dos solos no ambiente de Cerrado, revelando a variabilidade espacial dos solos nesse bioma. Recentemente, Lucena (2013) destacou o efeito da base geológica local e a instabilidade de variáveis físicas e químicas nas variações dos solos estudados na região de Cerrado do centro oeste brasileiro. Mesmo sofrendo descontinuidade climática e geológica, o Cerrado brasileiro apresenta domínios fitofisionômicos e de solos típicos, que segundo San Jose e Medina (1975), se devem a fatores como precipitação sazonal, solos, geomorfologia, fogo e atuação do homem.

A matriz geológica do Brasil, formadora das principais classes de solos, é dominada por depósitos sedimentares fanerozóicos, que compõem um conglomerado bastante variado de unidades geológicas, com grandes bacias e suas formações. Nesse contexto tem-se a formação Itapecuru, que compreende depósitos cretácicos na bacia de Parnaíba (CARVALHO; BERTINI, 2000) com domínio de rochas sedimentares, composta por arenitos finos a conglomeráticos; alternando-se leitos de siltitos e folhelhos (RIBEIRO et al., 2006), onde predominam as ordens de Latossolos, Argissolos, Neossolos e Plintossolos (UEMA, 2002). Segundo Arai (2000) esta formação, possivelmente, fôra submetida aos efeitos das transgressões marinhas, que deixaram suas evidências nos atributos geoquímicos da estratigrafia dessa unidade geológica, marcando fortemente os solos, com gênese na Formação Itapecuru.

As classes de solos são definidas com base em presença ou ausência de camadas: os chamados horizontes diagnósticos, tais como o "horizonte B latossólico". Várias outras características quantitativas diagnósticas são consideradas para as subordens e grandes grupos, como saturação por bases, capacidade de troca catiônica, saturação por sódio e algumas características distintivas morfológicas, com ênfase na cor do solo (LEPSCH, 2013). Ainda segundo esse mesmo autor, nos EUA existe hoje cerca de 20.000 séries de solos identificadas em uma escala de 1:30.000, revelando uma diversidade muito próxima da riqueza de cobertura vegetal.

A vasta extensão do território brasileiro, dentre outros fatores, não permitiu a redução da escala de mapeamento de solos, deixando de amostrar variações internas em grandes formações. A principal fonte de informações sobre solos no Brasil são provenientes do levantamento exploratório dos solos, executado pelo projeto Radambrasil nos anos 70 e 80, que mapeou os solos do Brasil na escala 1:1.000.000. O levantamento de Radambrasil possui uma legenda de solos fragmentada em diversas fases e, em alguns casos, incompleta e abstraída de alguns elementos importantes (SOARES; SILVA, 2005).

Os mapas gerados pela EMBRAPA (1986), a partir do levantamento exploratório Radambrasil, têm sido complementados nas regiões com maior tradição de pesquisa e vocação agropecuária, como Centroeste, Sudeste e Sul do Brasil. Nas regiões Norte e Nordeste, o encurtamento da escala de mapeamento com preenchimento dos vazios amostrais deixados projeto pelo Radambrasil, segue lentamente, devido a pouca tradição e/ou vocação agropecuária e ao subdesenvolvimento científico dessas regiões. Apesar dos poucos trabalhos com solos nas regiões Norte e Nordeste, Quesada et al. (2009) destacam que os solos dessas regiões são bastante diversos em seus aspectos morfológicos, físicos e químicos, notadamente, os solos da bacia amazônica.

### **2.3. Solos do Maranhão**

O conhecimento acerca dos solos maranhenses ainda é bastante incipiente, em sua grande maioria, conta com mapeamentos gerados pelo projeto Radambrasil. Entretanto, nos últimos 15 anos os mapas e tratados vêm sendo atualizados e

ajustados com destaque para os trabalhos de ANJOS et al, (1995); ANJOS et al, (2007). Nesses trabalhos, os autores registraram a ocorrência e caracterizam os Plintossolos das depressões da baixada maranhense, destacando sua gênese nos arenitos ferruginosos da formação Itapecuru. Para região sul do estado, Medeiros, Walter e Silva (2008) destacam a ocorrência de Neossolos Quartzarênicos. No Golfão Maranhense, Valladares (2009) cita a ocorrência de Gleissolos, Plintossolos e Vertissolos e, para mesorregião leste do estado, Costa; Andrade e Araujo (2011) identificaram sete classes de uso do solo em quatro ordens de solos (Latosolos, Argissolos, Plintossolos e Planossolos) encontradas no município de Chapadinha.

## **2.4. Solos da área de estudos**

### **2.4.1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico**

Os Latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. Nos Latossolos distróficos, conforme dados de Santos et al. (2013) a saturação por bases é menor que 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive no BA.

No município de Chapadinha, os Latossolos Amarelos encontram-se nas porções mais elevadas do relevo, formado pequenos platôs. Meneses, Costa e Hermann (2013) destacam essa mesma disposição altimétrica para Latossolos em uma formação de Cerrado no Estado de Roraima. Pragana et al. (2012) acrescenta que, além da posição característica que ocupam na paisagem, os Latossolos Amarelos Distrófico típicos se caracterizam por serem profundos, bem drenados e possuírem baixo incremento de argila em profundidade. Porém, quando apresentam camadas de impedimentos limitam a condução e armazenamento de água, bem como a dinâmica dos nutrientes no perfil do solo (SOUZA et al., 2008).

Os Latossolos Amarelos Distróficos típicos, manifesta seu caráter marcante, revelando pobreza nutricional, mas apresentam propriedades físicas relevantes, tornando-se em sua grande maioria bons armazenadores de água (SANTANA et al., 2008 e LUCENA, 2013). Caracterizam-se pelos baixos índices de bases trocáveis, são ácidos,  $\text{pH} < 5$ , pobres em carbono e nitrogênio. Entretanto, apresentam pouca

variação nesses parâmetros, mas sustentam coberturas vegetais bastante diferenciadas (MARIMON JR.; HARIDASAN, 2005). Essa capacidade de sustentação de comunidades diversificadas se estende ao bioma amazônico, pois, Vasconcelos et al. (2004) registraram a ocorrência de Latossolos Amarelos em floresta em fase de recomposição, apresentando, nos primeiros 20 cm, 20% de argila, 74% de areia e 6% de silte, pH 5,0, C orgânico 2,2%, N total de 0,15%, relação C:N 14,4 e 1,58 mg.kg<sup>-1</sup> fósforo. As limitações dos Latossolos Amarelos não se restringem aos atributos químicos, pois, segundo Silva; Barros e Costa (2006), a natureza caulínica desses solos os tornam mais sensíveis à compactação que os oxidico-gibbsíticos, uma vez que a caulinita se modela e/ou se deforma mais facilmente. Ferreira et al. (2010) chamam atenção para o efeito do material de origem na unificação das propriedades físicas e químicas de Latossolos, criando convergência taxonômica, mas que manifestam diferenças discretas, que esses autores associam à evolução da rede de drenagem e a atividade de escavação da fauna do solo.

A textura francoargiloarenosa, a pobreza nutricional e baixos teores de matéria orgânica nem sempre associam os Latossolos Amarelos às comunidades pobremente povoadas, pois Carvalho et al. (2005), constataram a inversão desse fenômeno quando os latossolos com essas características foram encontrados em superfícies depressionais, de modo que nessas condições a umidade suplantava as deficiências químicas desses solos, colocando-os em condições superiores aos Latossolos Vermelho e Vermelho Amarelo que se encontravam nas cotas mais elevadas da área de estudo.

Marimon Jr e Haridasan (2005) não encontraram correlação entre atributos químicos com as variações de cobertura vegetal em Latossolos Amarelos distróficos. Contudo, constataram que a heterogeneidade da vegetação que cobria esses solos acompanhava as variações texturais, sugerindo possíveis efeitos da granulometria no comportamento da água nesses solos. Os altos teores de óxidos ferruginosos, associados às camadas de impedimentos, que comprometem e lateralizam a drenagem, criam um ambiente favorável ao concrecionamento dos óxidos de ferro, gerando um caráter plíntico e petroplíntico nesses solos.

#### **2.4.2. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico**

Segundo Santos et al. (2013), os Latossolos Amarelos Distrófico petroplântico apresentam caráter concrecionário e/ou litoplântico, dentro de 200 cm da superfície do solo, ou com horizontes concrecionário e/ou litoplântico em posição não diagnóstica para Plintossolo Pétrico.

Encobertos pela amplitude da escala de mapeamento aparecem no município de Chapadinha Latossolos de caráter petroplântico. O caráter petroplântico, segundo Gomes et al. (2007), está associado a deficiente drenagem lateral dos platôs latossólicos, produzindo material petroplântico nas bordas. Os limites dessa superfície são representados por bordas salientes, cujos solos apresentam grande quantidade de calhaus, cascalhos e matações de petroplântita, entremeados de material latossólico (MOTTA et al., 2002).

Os Latossolos Amarelos Distróficos petroplânticos distribuem-se em diferentes posições da paisagem, com variados padrões morfológicos e formas de ocorrência, refletindo a diversidade de processos pedogenéticos ocorrentes durante a evolução das paisagens atuais (COELHO; VIDAL-TOORADO, 2003). Esses componentes litólicos são formados em condições de drenagem impedida, gerando o caráter plântico petroplântico para os latossolos submetidos a longos ciclos de umedecimento e secagem, que envolve a mobilização, transporte e deposição de compostos a base de óxidos de ferro como goethita e hematita (MACEDO; BRAYANT, 1987; LIMA, 2001; SANTOS et al., 2013; MOREIRA; OLIVEIRA, 2008).

Garcia et al. (2013), destacam a pobreza química e natureza ácida dos Latossolos Petroplânticos da Amazônia, mas também destacam as qualidades físicas desses solos, nos horizontes subsuperficiais, onde encontraram densidades entre 1 e 1,3 g.cm<sup>-3</sup> e porosidade total maior que 50% e percentuais de matéria orgânica próximo de 5%. O caráter plântico aproxima os solos que apresentam essa condição, de modo que as características físicas e químicas ganham proximidade, conforme destacam Oliveira et al. (2007), quando esses solos são submetidos às condições hidromórficas, resultantes das restrições à percolação de água.

### **2.4.3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico**

Plintossolos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário, em uma das seguintes condições: iniciando dentro de 40 cm da superfície; iniciando dentro de 200 cm da superfície quando precedidos de horizontes glei, ou imediatamente abaixo do horizonte A, ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálida, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. Plintossolo Pétrico Litoplíntico êndico caracteriza-se pela presença de litoplintitas à profundidade igual ou superior a 40 cm à partir da superfície do solo (SANTOS et al., 2013).

Em solos de mata nativa do Cerrado Goiano, Gomes et al. (2007) registraram textura argilosa a muito argilosa em horizontes subsuperficiais de Plintossolos Pétricos, com fase cascalhenta dos primeiros horizontes, facilitando a drenagem da água nessa camada, mas gerando um ambiente hidromórfico em profundidade. Enquanto que, Moreira e Oliveira (2008) registraram, em Plintossolos Pétricos sob pastagens, saturação por bases superior a 50 %, associando esse eutrofismo tanto à herança do material de origem quanto à contribuição da biociclagem nos horizontes superficiais. Martins et al. (2006) chamam a atenção para as limitações agrícolas dos Plintossolos de textura francoarenosa a francoargilosa da planície do Araguaia, na medida que manifestam baixa fertilidade natural (distróficos com teor elevado de Al) e má drenagem, pois durante parte do ano ficam saturados de água, ganhando destaque ação biológica da mesofauna, formando os Varjões Sujos ou Campos de Murundus. No Maranhão os Plintossolos da formação Itapecuru, também, acumulam problemas de drenagem, sendo utilizados frequentemente para pastagens (ALCÂNTARA, 2004).

Mota et al. (2006) mostraram a fragilidade dos atributos físicos dos plintossolos, quando submetidos a uso intensivo. Os autores destacam o efeito da cobertura vegetal, especialmente das gramíneas, melhorando as condições físicas desses solos, reduzindo a densidade e elevando a porosidade e associaram essas modificações às particularidades do sistema fasciculado das monocotiledôneas, que enriquece e homogeneiza a arquitetura de poros do solo.

#### **2.4.4. ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico**

Argissolos são constituídos de material mineral, apresentando B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta, conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. Os Argissolos Acinzentados apresentam cores cinza na maior parte dos primeiros 100 cm do B, inclusive BA, com matiz 7,5 YR ou mais amarelo, valor maior ou igual a 5 e cromas menores que 4. São distróficos, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA. No caso dos arênicos, segundo dados de Santos et al. (2013), a textura é arenosa desde a superfície do solo até no máximo 50 cm e máximo de 100 cm de profundidade e horizonte B textural dentro de 200 cm da superfície do solo.

No Brasil os Argissolos Acinzentados arênicos geralmente são encontrados nas depressões a sotapé dos Latossolos e Plintossolos, recebendo dessas unidades pedológicas sedimentos e lixiviados que conectam esses ambientes. O caráter seletivo da remoção e transporte faz com que esses solos acumulem características texturais e químicas peculiares, como mostra a caracterização feita por Aguiar et al. (2006), que encontraram altos percentuais de areia, baixos teores de matéria orgânica e densidade do solo próximo de  $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$  e pH mais alcalino. Essas características físicas e químicas são mais frequentes e comumente registradas nos Argissolos Acinzentados das regiões semiáridas (MOURA et al., 2007; GARCIA et al., 2012). Entretanto, Lima et al. (2006), aprofundando as investigações sobre comportamento físico dos Argissolos Acinzentados na costa Nordeste do Brasil, verificaram variações na porosidade, que foram atribuídas à natureza coesa desses solos. Ainda segundo Lima et al. (2005), esses solos manifestam pobreza nutricional, notadamente nas unidades costeiras da formação Barreiras, com horizontes coesos apresentando baixos teores de matéria orgânica (MO), baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e baixos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_3\text{O}_3$ , que os caracterizam como fortemente intemperizados. Mesmo fora do ambiente semiárido, esses solos mantêm o caráter distrófico e ácido, conforme relatam Desjardins et al. (2003), quando investigaram os impactos da comunidade de anelídeos nos estoques de carbono de Ultisols da Amazônia Peruana.

Em outras regiões do mundo, os Argissolos Acinzentados podem ser encontrados em superfícies elevadas como registraram Cox, Dickman e Hunter (2003), quando caracterizaram área de estudo de pequenos mamíferos nas escarpas orientais de New South Wales, Austrália e no relevo movimentado do Chile onde Dörner; Sandoval e Dec (2010) encontraram Argissolos Acinzentados com textura franco argilosa, com estruturas subangulares, que submetidas a diferentes intensidades de adensamento, alteraram significativamente a estrutura porosa, especialmente, com interrupção da comunicação entre poros.

#### **2.4.5. NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico**

Neossolo são pouco evoluídos, constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plântico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condições diagnósticas para as classes Gleissolo, Plintossolo, Veritissolo e Chernossolos, respectivamente. Os Neossolos Tb distróficos acumulam, argila de baixa atividade  $T < 27 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila, saturação por bases  $< 50\%$  na maior parte dos 120 cm da superfície do solo (SANTOS et al., 2013).

A fertilidade natural dos Neossolos Flúvicos Distróficos é muito baixa, em função dos baixos teores de soma de bases ( $0,1$  a  $0,6 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de solo); baixa saturação por bases ( $1\%$  a  $7\%$ ); alta saturação por alumínio ( $67\%$  a  $80\%$ ) e baixa disponibilidade de fósforo assimilável ( $1$  a  $3 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$  de solo), os quais, segundo Rodrigues et al. (2000), evidenciam a necessidade da aplicação de corretivos e fertilizantes químicos para elevar a capacidade produtiva desses solos.

Os Neossolos Flúvicos Distrófico típico são bons armazenadores de água e situam-se, predominantemente, em planícies aluvionares, desenvolvendo-se em sedimentos fluviais das mais variadas composições (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005). Contudo, Quesada et al. (2010) e Aarrestad et al. (2011) consideram que para a ocorrência desses solos em diferentes regiões é necessário apenas existência de relevo côncavo e/ou proximidade de leitos fluviais. Dessa forma, podem ocupar várzeas, depressões sertanejas e estarem associados à matas de galeria, capoeira, palmeiras e pastagens, (ANDRADE et al., 2005; SILVA, 2008).

Segundo Sartori; Lombardi Neto e Genovez, (2005), os Neossolos Flúvicos apresentam baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão; são solos com gradiente textural maior que 1,50 e, comumente, apresentam mudança textural abrupta e associadas a argila de atividade baixa (Tb). A prevalência de fração textural mais fina nesses solos geram limitações físicas ao fluxo de água, assim como altera a distribuição de poros, limitando o fluxo de ar e água (SOUZA et al., 2008; ASSIS JR; SILVA, 2012).

## **2.5. Diversidade do solo e diversidade biológica**

De acordo com Poor et al. (2005), os recursos naturais não estão distribuídos homogeneamente no espaço, e por isso, afetam diretamente o padrão de distribuição dos organismos. Dentre os recursos naturais, os solos assumem um papel relevante na definição da paisagem, à medida que impõe condições restritivas para instalação de biotas especializadas e adaptadas às suas particularidades físicas e químicas, aproximando as medidas de diversidade biológica e pedológica.

Segundo Manosso e Ondicol (2012), o termo geodiversidade vem sendo utilizado para atender a necessidade dos pesquisadores das áreas de geociências, para se referirem ao complexo físico da paisagem, abrangendo os elementos abióticos como rochas, formas de relevo, solos e rios. A abordagem da geodiversidade nos complexos de paisagem configura-se como um análogo ao termo biodiversidade, mas que deve ser avaliado quantitativamente para não resultar em sobreposições conceituais e problemas teóricos.

Ibáñez; Saldaña e Oliveria (2012) considera lamentável o fato das repercussões das estruturas abióticas (e.g. solos) sobre os componentes bióticos dos ecossistemas, paisagens e biomas, serem ainda um assunto em debate. Apesar de recentes, a identificação de comunidades associadas a tipos específicos de solos tem-se mostrado bastante eficazes na caracterização de paisagens e exposição da heterogeneidade dos solos, ainda que em áreas urbanas conforme citam Possley; Woodmansee e Maschinski (2008) e Crepaldi et al. (2014).

As variações dos solos se manifestam e são facilmente detectáveis pela simples percepção e identificação de elementos diagnósticos como cor, textura, profundidade e biota associada, permitindo separar de forma objetiva os

compartimentos ambientais, como constataram Vale Jr., Schaefer e Costa (2007). A maioria dos trabalhos que abordam essa temática foram desenvolvidos nos últimos 20 anos, principalmente na Europa, EUA e Austrália (MAcBRATNEY, 1992; GUO; GONG; AMUNDSON, 2003; MAcBRATNEY; MINASNY, 2007; CANIEGO; IBÁÑEZ; MARTÍNEZ, 2007; BEHRENS et al., 2009; IBÁÑEZ; SALDAÑA; OLIVEIRA, 2012). No trabalho realizado por Behrens et al. (2009) na Alemanha, os autores destacam a importância da redução das escalas de mapeamentos, para evitar a subamostragens, com geração de mapas homogêneos, que não revelam as variações do relevo, principalmente nas superfícies mais movimentadas. Costantini e L'abate (2009) constataram que a histórica categorização e classificação das terras, em função da capacidade de uso, podem refletir medidas qualitativas da diversidade dos solos, quando cruzaram informações etnopedológicas com base de mapas de solos italianos.

Nas duas últimas décadas, as discussões envolvendo pedodiversidade se alargaram, mas o Brasil ainda segue na retaguarda dessas discussões, pois, caminha para o refinamento das escalas de mapeamento, sobretudo, para atender as demandas dos setores agropecuários. Talvez esse tema venha, indiretamente, sendo tratado e considerado quando se admite e se aplica os conceitos e princípios de capacidade de uso do solo. A categorização dos solos em função de sua aptidão traz a luz indicadores fortes da variabilidade espacial de grandes unidades de mapeamento, sinalizando, também, para a heterogeneidade da biota adaptada e associada às diferentes classes de solos.

O solo marca a interface entre sistemas bióticos e abióticos, conectando-os (SKIBA; DREWINK; SZMUC, 2002). Essas conexões podem ser evidenciadas à medida que os organismos selecionam solos e/ou atributos específicos do solo para estabelecimento de nichos.

## **2.6. Invertebrados do solo**

Os estudos envolvendo biologia do solo estão largamente voltados para microbiologia, visando o entendimento e funcionamento dos processos de mineralização das estruturas orgânicas (JAHNEL; CARDOSO; DIAS, 1999; BARETTA et al., 2005; LIMA et al., 2007; DETMANN, et al., 2008; FARIA et al.,

2009; OYEYIOLA; AGBAJE, 2013; PEREG, 2013). Contudo, além dos microrganismos a biota do solo é composta por animais de diâmetro corpóreo superior a 2 mm, com destaque para as minhocas, besouros, aranhas, formigas, cupins, miriápodes, dentre outros vertebrados, que se dividem em grupos funcionais responsáveis pela trituração e mineralização de restos orgânico (WOLTERS, 2000; LAVELLE; SPAIN, 2001; COLEMAN; CROSSLEY Jr; HENDRIX, 2004).

Os invertebrados são agentes extremamente importantes na geração e manutenção das características, físicas e químicas dos solos. Regulam os estoques de nutrientes e estruturam o solo, criando ambiente favorável ao escoamento e armazenamento de água (DINDAL, 1990; WOLTERS, 2000). A influência desses organismos no comportamento dos solos também varia de um grupo para outro e, por vezes, entre as espécies de um mesmo grupo (ASSAD, 1997). Os organismos residentes ou transitórios no solo desenvolvem interações que condicionam uma coexistência mútua, construída ao longo de um tempo necessário, para o ajuste morfofisiológico dos organismos às condições químicas e estruturais do solo.

Muitas das condições apropriadas foram estabelecidas por organismos pioneiros no processo de sucessão ecológica. Essa biota precursora altera química e fisicamente o solo, gerando um meio apropriado para uma fauna adaptada e que segue, alterando o solo em uma complementariedade que conecta sistemas bióticos e abióticos conforme destacam Skiba, Drewink e Szmuc (2002). No âmbito da macrofauna do solo, as alterações provocadas diretamente no solo são, notadamente, as de caráter físico.

Ayuke (2010) destaca o papel da comunidade de térmitas e anelídeos, alterando física e quimicamente os solos africanos. Os autores chamam atenção para o favorecimento da estruturação e drenagem promovidas por cupins; sendo considerados engenheiros do solo por Lavelle et al. (1997). Essas alterações muitas vezes são produzidas com intuito de alcançar níveis ótimos de umidade e temperatura. Os insetos de modo geral são bastante sensíveis às variações de umidade e temperatura (KARBAN; STRAUSS, 2004), de modo que os efeitos reguladores desses parâmetros sobre comunidades de insetos têm sido densamente estudados, sobretudo nas espécies de hábito epigéicos.

Comunidades de insetos do solo têm sido estudadas e correlacionadas qualitativamente aos atributos dos solos, tipo de cobertura vegetal e fatores climáticos. Collison; Riutta; Slade, (2013) destacam o efeito da umidade, controlando a decomposição da matéria orgânica do solo e proporcionando a instalação de complexas comunidades de miriápodos no Reino Unido. Esse nível de complexidade pode ser constatado quando são aplicadas práticas de manejo que criam microambientes termicamente e higroscopicamente estáveis, conforme constataram Portilho et al. (2011) quando avaliaram os efeitos de faixas vegetacionais nativas adjacentes às áreas de produção e verificaram melhorias nos parâmetros físico-químicos do solo, com formação de agregados estáveis.

Laossi et al. (2008) observaram relação positiva entre diversidade de cobertura vegetal e riqueza da macrofauna do solo. Cujos resultados mostram que as medidas de diversidade da fauna de solo acompanhavam os incrementos de biomassa da cobertura vegetal. Da mesma forma, Silva et al., (2006) verificaram que solos enriquecidos com matéria orgânica, sob uma comunidade vegetal diversa ou sob cultivo mínimo, promoviam o enriquecimento da fauna do solo. Os autores concluíram que a heterogeneidade de cobertura vegetal elevou a diversidade dos grupos da macrofauna invertebrada do solo.

Aquino et al. (2008) mostram que o cultivo mínimo do solo afeta positivamente a riqueza de espécies que vivem no solo, igualando os índices de diversidade com os obtidos em sistemas naturais. Esses autores acrescentam que a macrofauna do solo em seus níveis mais complexos podem alterar e até corrigir processos de adensamento e compactação dos solos.

Barros et al. (2001), por exemplo, mostraram o efeito sinérgico de comunidades de invertebrados mais complexas no processo de reestruturação de Latossolos Amarelos cobertos por pastagens e mata nativa. Os autores observaram a participação de formigas, cupins e outros artrópodes na manutenção de níveis ótimos de densidade, porosidade e estabilidade de agregados. Dindal (1990) destaca que a atividade desses organismos no solo pode afetar a natureza e concentração de cimentantes orgânicos e inorgânicos responsáveis pela estruturação dos solos.

São poucos os trabalhos com macrofauna do solo em ambientes naturais. No Brasil, esses trabalhos são desenvolvidos nas áreas de produção ligadas às ciências agrárias, haja vista, o importante papel que esses organismos desempenham na estruturação do solo. Assim, pesquisas em sistemas naturais seguem na retaguarda, com grande parte dos trabalhos abordando macrofauna de invertebrados que matém relações indiretas com o solo. Essas limitações têm caráter histórico, mas passa também pela pouca fluência pedológica dos profissionais das ciências naturais. Quando abordam integrantes da fauna do solo, não suscitam as relações ecológicas que podem explicar distribuição, sazonalidade, dentre outros. Apesar da pobreza de discussões pedobiológicas os grupos de interesse agrônômico mais estudados nas ciências naturais, coincidentemente são os mais abundantes nos solos, ou seja, as térmitas e os formicídeos.

## **2.7. Formigas**

Formigas, vespas e abelhas, constituem a Ordem Hymenoptera. Todas as formigas pertencem à Família Formicidae que se subdivide em duas subfamílias fósseis e 21 atuais, com cerca de 290 gêneros e 12500 espécies descritas (BOLTON et al, 2006; WARD, 2009). As formigas caracterizam-se por apresentarem a separação entre o tronco (mesossoma) e o abdômen (metassoma) por um segmento estreitado chamado de pecíolo (ou pecíolo e pós-pecíolo, em alguns casos), além do par de antenas do tipo geniculado (escapo mais longo que os antenômeros), aparecendo nas operárias e rainhas e moniliforme e filiforme (ocorrendo nos machos). Outra característica marcante das formigas é a presença de glândula metapleurálica, um par de agrupamentos de células que se abre em câmaras localizadas na parte postero-lateral do tronco. Essa glândula produz o ácido fenilacético, que possui atividade antifúngica e antibacteriana e, possivelmente, outras funções antibióticas (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

O registro fóssil das formigas data do período médio cretáceo, tornando-se abundantes nos depósitos de âmbar do Oligoceno e Mioceno. Constitui o grupo de insetos sociais mais amplamente distribuídos e numericamente abundantes, sendo encontrados em quase todos os habitat, exceto nos pólos (HARADA; KETELHUT 2009). A ampla distribuição dos formicídeos se deve a sociabilidade desses insetos

e a capacidade de explorar diferentes recursos tróficos durante as distintas fases de desenvolvimento. A condição holometábola permite que as formigas manifestem habilidades predatórias, saprófita, herbívora e até mesmo a propriedade de manipular recursos para produzir alimentos como fazem as formigas da tribo Attini, que cultivam fungos a partir de substratos vegetais. Adicionalmente, Hölldober e Wilson (1990) atribuem o sucesso e diversificação dos formicídeos ao fato de serem os primeiros insetos sociais predadores a viver e forragear no solo e que, segundo Moreau et al. (2006), coevoluíram e expandiram seus nichos juntamente com a flora fanerogâmicas a partir do Mesozóico superior.

As formigas estão distribuídas em sete províncias (Neotrópica, Afrotrópica, Neártica, Paleártica, Indomalaya, Oceania e Australiana), de modo que a maioria dos gêneros descritos concentra-se nas duas primeiras e na última. Essas províncias são consideradas áreas com potencial de identificação de novas espécies (*hotspot*) para essa família de insetos, pois, constituem fragmentos isolados de um grande bloco de terras endêmicas (Gondwana) para diversos grupos biológicos (FISHER, 2009). A deriva continental fragmentou populações nativas, catalisando os eventos de dispersão e especiação. O efeito do isolamento e do consequente endemismo para formicídeos, dentre outros grupos, pode ser constado na Ilha de Madagascar que registra taxa de endemismo superior a 95%. Por isso Brown (1998) a coloca na condição de subprovíncia Afrotrópica. Essas províncias são repositórios que sustentam a diversidade regional.

A diversidade responde em grande parte ao nível de complexidade do ambiente. Os ecossistemas com maior heterogeneidade florística tendem a acomodar comunidades com alto grau de variabilidade (FAHR; KALKO, 2011), especialmente, para os artrópodes como destacam Pacheco e Vasconcelos (2012), quando encontraram forte correlação entre índices de diversidade de formigas do solo com o grau de estruturação das fitofisionomias de Veredas, Cerrado ralo, Cerradão e Cerrado denso brasileiro. Essa premissa, às vezes, tem sido refutada, mas, possivelmente, as contradições podem ser atribuídas à heterogeneidade de métodos e de esforço amostral. Desta forma, é necessário a padronização de metodologia e o confronto desta hipótese para diferentes ambientes.

A fundamentação dos índices de diversidade faunística com base na complexidade estrutural da flora compõe um dos elementos que explicam a alta variabilidade de comunidade de formigas encontradas, sobretudo, no neotrópico. Bihn, Gebauer e Brandl (2010) chamam a atenção para esse fato, mostrando em seus estudos a forte relação da diversidade de formigas e diversidade de cobertura vegetal, quando confrontaram os escores de diversidade de formigas em florestas do Estado do Paraná, sob diferentes graus de antropização. Jenkins et al. (2011) fazem certas restrições à predição generalizada da diversidade, utilizando dados da fauna de vertebrados e plantas vasculares. O confronto desses dados com estimadores de diversidade proposto por esses autores, mostram a incongruência ou a fraca relação das predições.

A previsibilidade dos modelos de predição, segundo Jenkins et al. (2011) se ampara na interpolação de índices de diversidade de formigas das áreas de entorno dos *hostpots*, de modo que os resultados obtidos mostram um cenário que subestimam os prognósticos atuais para essas áreas. Nesses estudos, o Brasil é tratado como *hostpots* e apresenta estimadores discretos para os estoques taxonômicos de formigas da região amazônica e Nordeste.

Apesar do Brasil acomodar 25% das espécies de formigas descritas (LEWINSOHN, FREITAS; PRADO, 2005), ainda apresenta um mapa de distribuição para formigas fragmentado, pois os levantamentos exploratórios não foram realizados de forma sistematizada e não alcançaram equanimemente todas as regiões e substratos utilizados pelas formigas.

As condições climáticas do Brasil permitem que as formigas colonizem os mais variados ambientes e substratos. No ambiente natural, ocupam dosséis de árvores, arbustos e o solo, com muitas espécies utilizando a interface solo/serapilheira para forrageamento e outras com hábito residente nos solos. Mas, de modo geral, as formigas tem o solo como domínio preferencial de habitat (JAIME, 2010). O caráter prioritário do solo, possivelmente, está associado à escassez de substratos epigéicos durante o período do mesozóico superior e a estabilidade que os ninhos construídos nos solos oferecem.

Os formicídeos basais ocuparam primariamente os solos, enquanto os grupos mais evoluídos expandiram seus nichos paralelamente à dispersão da flora

faneogâmicas a partir do cenozóico (MOREAU et al., 2006), estabelecendo seus domínios desde a serapilheira aos diferentes estratos arbóreos e arbustivos. As formigas ocupam mais intensamente o solo e a interface serapilheira, pois, encontram nesses ambientes maior oferta de recursos e micro habitats.

De acordo com Kaspari e Yanoviak (2001), a relação C:N atua na estratificação e complexidade de comunidades de formigas que nidificam no solo e na copa das árvores. Segundo esses autores, as formigas encontram nos solos uma variedade de compostos orgânicos protéicos ricos em nitrogênio como fezes e tecidos animais e vegetais em decomposição, enquanto que nas árvores prevalecem estruturas lignificadas ricas em carbono. Essas diferenças para estoques de carboidratos e proteínas entre copas de árvores e o solo são longamente discutidas por Harper, Begon e Townsend (1998) e fortalece a hipótese de maior complexidade e diversidade de formigas para o solo e serapilheira.

De maneira geral, as formigas colonizaram primariamente os solos, mas muitas espécies foram atraídas para estratos arbóreos e arbustivos que floresceram no cenozóico. Campos et al. (2008) chamam atenção para o habitat originalmente edáfico das formigas, pois, verificaram que as espécies encontradas no estratos arbóreos e arbustivos representam subconjuntos de formigas coletadas sob Latossolo Vermelho escuro de Caldas Novas, Goiás, com destaque para representantes das subfamílias Dolichoderinae, Formicinae, Myrmecinae e Ponerinae.

As formigas possuem alto valor econômico e ecológico, pois afetam significativamente o ambiente, incorporando nutrientes, aerando os solos e regulando populações de outros organismos (NAKANO et al., 2013). A identificação e caracterização ecológica das comunidades de formigas, assim como os estudos aplicados para controle de espécies praga têm suscitado pesquisas básicas e aplicadas nos diferentes ecossistemas brasileiros, sobretudo o Cerrado.

As pesquisas com comunidades de formigas no Cerrado foram suscitadas nos empreendimentos florestais, notadamente os cultivadores de eucalipto. Nesses sistemas, grande parte da mirmecofauna, especialmente a residente no solo figura como praga (ZANETTI et al. (2000). O combate à essas formigas e o rápido processo de antropização do Cerrado impulsionaram os estudos mirmecológicos

nesse ambiente com os trabalhos de Diehl-Fleig e Rocha (1998); Grandeza; Moraes; Zanetti (1999); Silvestre (2000); Teixeira, Schoereder e Mayhé-Nunes (2003); Fonseca e Dihel (2004); Caldeira et al. (2005); Cantarelli et al. (2006); Campos et al. (2008) e Lopes e Vasconcelos (2008). Todos esses trabalhos têm incidência discreta sobre os efeitos dos atributos físicos e químicos do solo sobre as comunidades de formigas, com exceção das formigas da tribo Atini.

A maioria dos trabalhos que abordam formigas do solo tratam de espécies com ocorrência no substrato epigéico, coletadas com armadilhas tipo *pitfall* (DANTAS et al., 2011; PACHECO; VASCONCELOS, 2012; SUGUITURU et al., 2013; KWON; KIM; CHUN, 2014) e a partir de iscas. Os dois protocolos de coletas, armadilhas e iscas, nem sempre amostram fielmente as formigas de hábito residente nos solos. No caso das iscas, Caldart et al. (2012) destacam que a amostragem pode ser afetada pela coleta indiscriminada de formigas diretamente nas iscas, impedindo a localização direta dos ambientes de nidificação. As amostras de formigas obtidas com auxílio de *pitfall* devem ser vistas com a mesma cautela, pois, muitos formicídeos arbóreos podem cair, acidentalmente, nas armadilhas ou serem capturados durante atividades de forrageios na serapilheira. Nesse caso, a coleta das formigas diretamente na entrada dos formigueiros possibilita amostragens reais de formigas com hábito residente nos solos.

Trabalhos abordando os atributos dos solos mais atuantes na distribuição de formigas hipogéicas foram realizados com a tribo Attini, sobretudo os gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Nesse sentido, Cantarelli et al. (2006) mostraram, em solos paraguaios, que a colonização de habitat e distribuição de ninhos de *Acromyrmex landolti* foram influenciados pela declividade, umidade do solo e cobertura vegetal. Em relação às formigas do gênero *Acromyrmex* Diehl-Fleig e Rocha (1998) observaram que as rainhas, recém-fecundadas da espécie *Acromyrmex striatus* selecionaram em ordem decrescente, solo arenoso, argiloso e fértil para a fundação de colônia. Grandeza et al. (1999) destacam que além dos atributos físicos e químicos do solo, fatores climáticos atuam sobre comunidades de formigas dos solos, pois observaram os efeitos da precipitação sobre a taxa de crescimento e atividade de duas espécies de *Atta*.

De forma mais ampla, Li et al. (2011) verificaram o efeito da cobertura do solo, dos teores de silte, da matéria orgânica, nitrogênio e água do solo na densidade de formigueiros de coberturas áridas chinesas. Crepaldi et al (2014) encontraram correlação positiva entre diversidade de formigas e teores crescentes de matéria orgânica, especialmente as espécies da subfamília Myrmicinae e as morfoespécies de hábito hábito críptico dos gêneros *Strumigenys* e *Hypoponera*.

Os estudos estritamente relacionados às formigas residentes e com transitividade nos horizontes do solo são bastante restritos, haja vista as dificuldades metodológicas para obtenção de amostras reais das espécies que ocupam este compartimento. Contudo, destaca-se o trabalho de Ryder, Mertl e Traniello (2007) que listaram 47 espécies de formigas distribuídas ao longo de 50 cm de profundidade em solo da Amazônia equatoriana. Esses autores agrupam no solo os gêneros *Wasmania*, *Pyramica*, *Pachycondyla*, *Gnamptogenys*, *Hypoponera* e *Solenopsis*, destacando que apenas 3% das espécies amostradas nidificam tanto em árvores, como na serapilheira e nos solos.

No que diz respeito aos atributos do solo que podem afetar a distribuição dos formicídeos, Ryder; Mertl; Traniello (2010) apontam qualitativamente para tipo de solo, porosidade e drenagem como fatores que afetam pequenos artrópodes utilizados na dieta de formigas dos solos. Associaram, também, sete variáveis (declividade do solo, volume de serapilheira, profundidade do solo, cobertura vegetal, área de solo descoberto, número de plantas e número de galhos e troncos), com as formigas amostradas nos estratos endogeico, epigeico e de dossel, apontando o relevo e a cobertura vegetal como bons preditores de diversidade. Indiretamente, Esteves, Brandão e Viegas (2008), analisando conteúdo estomacal de répteis fossoriais, registraram a presença de representantes tipicamente hipogeicos das subfamílias Cerapachyinae, Ecitoninae, Leptanilloidinae e Myrmicinae.

Contudo, a investigação conjunta de solo, plantas e formigas que residem no solo, deve ser melhor estudada, com o propósito de identificar se a ocorrência de formigas nos solos é dependente dos atributos dos solos e/ou da cobertura vegetal e de fatores do clima

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido, de maio 2012 a abril de 2013, no município de Chapadinha – MA, ( $3^{\circ}44'31''$  S e  $43^{\circ}21'36''$  W), à Nordeste do Estado do Maranhão (Figura 1). A área de estudo está a aproximadamente 100 metros de altitude e segundo classificação climática de Thorntwaite se enquadra na tipologia climática B<sub>1</sub>WA'a'quente e tropical sub-húmido, com temperatura média anual de  $29^{\circ}\text{C} \pm 1$  e o acumulado de precipitações entre 1.600 a 2.000 mm anuais, com duas estações climáticas, sendo a chuvosa entre os meses de janeiro a junho e a seca de julho a dezembro (MARANHÃO, 2002).

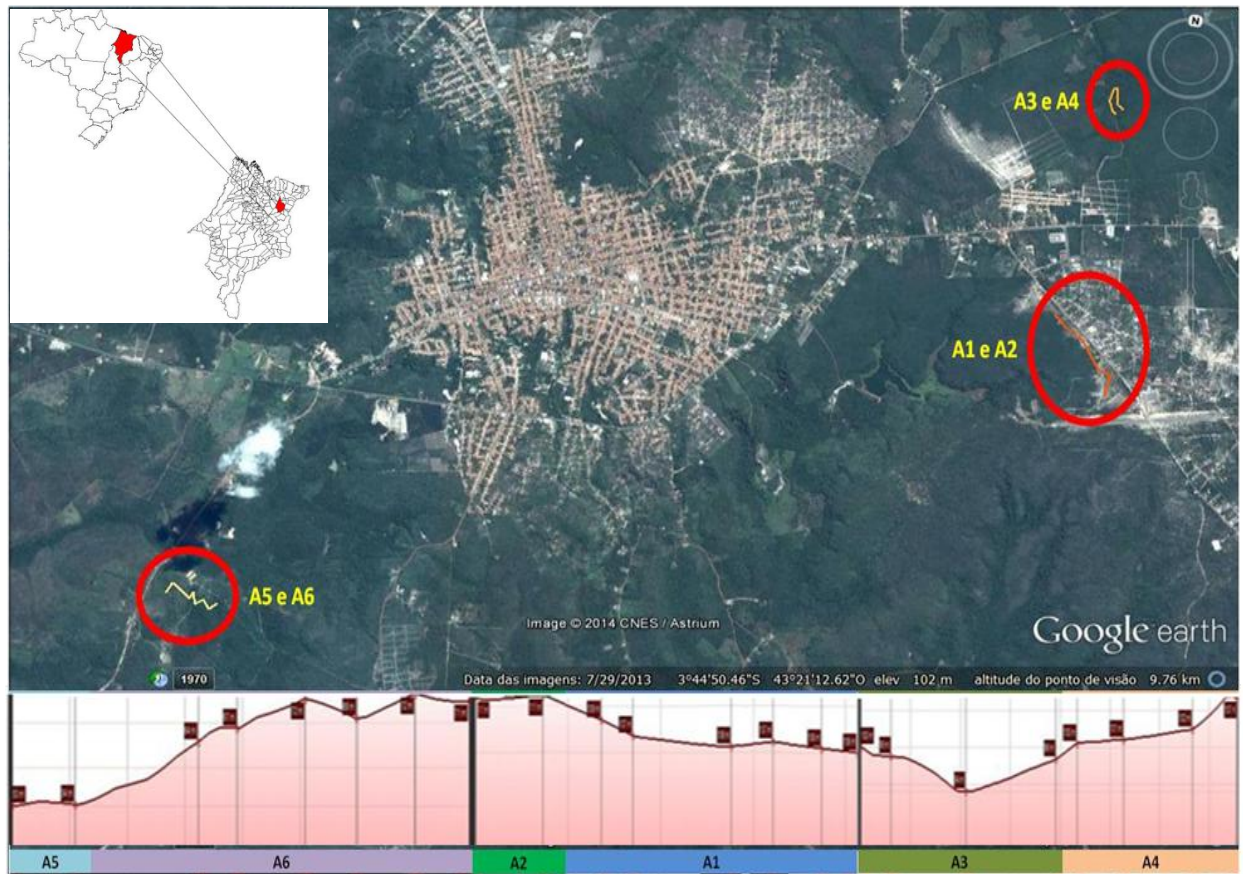


Figura 1. Área de estudos localizada no município de Chapadinha – MA, Brasil.

A vegetação predominante na região é considerada, segundo o Sistema Ecológico de Classificação Brasileira (IBGE, 2012), como Savana (Cerrado sensu

restrito) com mosaicos de relictos de cerradões - formação florestal fechada, com árvores podendo alcançar mais de 10 m de altura (SILVA; FIGUEIREDO; ANDRADE, 2008). Essa paisagem encontra-se sobre a formação Itapecuru com domínio de rochas sedimentares, composta por arenitos finos a conglomeráticos; alternando-se leitos de siltitos e folhelhos (RIBEIRO et al., 2006), onde predominam as classes de Latossolos, Argissolos, Neossolos e Plintossolos (UEMA, 2002).

Foram selecionados 6 ambientes para amostragem de solos, vegetação e formigas (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1. Descrição dos ambientes de amostragem de formigas, solo e vegetação em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Ambientes | Solo             | Relevo                 | Vegetação                  |
|-----------|------------------|------------------------|----------------------------|
| A1        | LAd              | Suave/leve declive     | Campo limpo de Cerrado     |
| A2        | LAd              | Levemente côncavo      | Cerrado típico             |
| A3        | RYbd             | Côncavo                | Mata mesófila              |
| A4        | LAd <sub>p</sub> | Ondulado em aclave     | Mata mesófila              |
| A5        | PACdp            | depressão sem drenagem | Babaçual                   |
| A6        | FFlf             | Ondulado e pedregoso   | Mata mesófila com babaçual |

LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd), NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico (RYbd), LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico (LAd<sub>p</sub>), ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico (PACdp) e PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico (FFlf).

Os solos de cada ambiente foram classificados seguindo critérios descritos por Santos et al. (2013). A unidade amostral de cada ambiente consistiu de parcelas de 40 x 40 m, distribuídas proporcionalmente às dimensões da cobertura vegetal, A1 - 6 parcelas; A2 - 2 parcelas; A3 - 4 parcelas; A4 - 4 parcelas, A5 - 2 parcelas e A6 - 6 parcelas.

A primeira parcela de cada ambiente foi implantada na extremidade sul da área amostral e as demais parcelas foram distribuídas com equidistância mínima de 50 m, mas sempre que possível, buscando as heterogeneidades de relevo e de cobertura vegetal. Esse procedimento visou amostrar a diversidade de condições florísticas e físico-químicas dos solos, que pudessem revelar possíveis efeitos na distribuição da mirmecofauna associada.



Figura 2. Ambientes de amostragens de solo, vegetação e formigas, (A1 – Campo limpo de Cerrado; A2 – Cerrado típico; A3 – Mata Mesófila; A4 – Mata Mesófila; A5 – Babaçual e A6 – Mata Mesófila) em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

### 3.2. Amostragem das formigas

A coleta e observação das formigas foram realizadas ao longo de oito meses, amostrando-se de forma alternada uma parcela por ambiente até o fechamento do período amostral. As formigas foram coletadas em cada ambiente com auxílio de iscas protéicas e carboidráticas (sardinha e mel). Nove conjuntos de iscas foram

distribuídas em uma malha amostral quadrada (40 x 40 m) e a distância entre as iscas foi de dez metros uma da outra (Figura 3). Cada isca foi monitorada individualmente, por um período de 1 hora, entre 08:00 e 11:00 horas da manhã. As formigas que acessaram as iscas foram acompanhadas e coletadas diretamente na entrada dos respectivos formigueiros. A abundância de cada espécie foi obtida pelo número de formigueiros registrados. Todas as formigas coletadas foram conservadas em solução de álcool 70%, (7,54:2,46 de álcool 92.8° e água, v:v). As formigas foram morfotipadas, identificadas ao nível de espécie, com uso de estereomicroscópio ZEISS SV11, e chaves de identificação disponíveis na literatura. Os exemplares identificados foram depositados na coleção de invertebrados (Formigas) do Museu Paraense Emilio Goeldi – PA (MPEG).

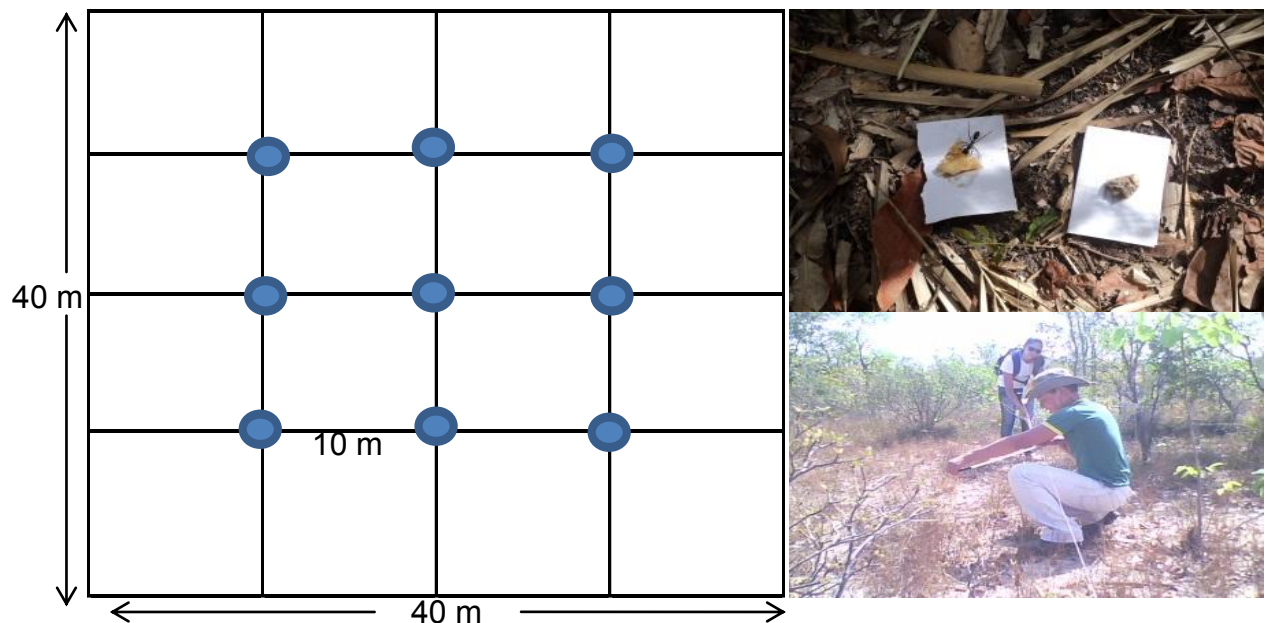


Figura 3. Croqui com disposição das iscas em parcelas de 40 x 40 m.

Durante as observações mirmecológicas, medidas de umidade e temperatura foram obtidas em intervalos de 30 minutos, iniciando às 8:30 e encerrando às 11:00 horas. A temperatura e a umidade ao nível do solo foram registradas, utilizando termohigrômetro digital (ICEL HT-208) sobre a superfície do solo, ao lado do conjunto de iscas em observação. Os índices pluviométricos foram compilados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - Estação Chapadinha (INMET), Figura 4.

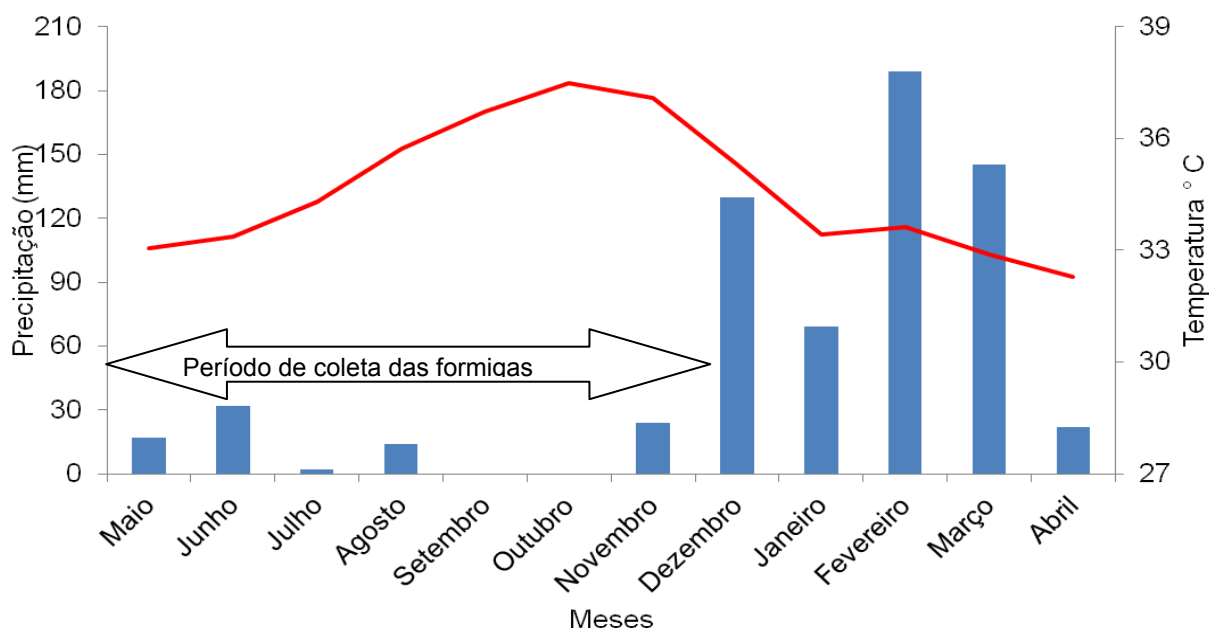


Figura 4. Valores de precipitações pluviométricas acumuladas mensalmente, de maio/2012 a abril/2013 no município de Chapadinha – MA. Dados extraídos do INMET.

### 3.3. Estudos fitossociológicos e biomassa de serapilheira

Os estudos fitossociológicos foram realizados nas parcelas de cada um dos seis ambientes. Foram medidos os caules de todos os indivíduos lenhosos vivos ou mortos em pé, inclusive cipós, que se individualizam ao nível do solo e que atenderam aos seguintes critérios: circunferência a altura do peito (CAP) maior ou igual a 15 cm e altura total maior ou igual a 1 m. De todas as plantas que atenderam os critérios de inclusão, foram tomadas medidas de altura e CAP. A nomenclatura adotada para cada uma das fitofisionomias dos seis ambientes seguiu a classificação de IBGE (2012).

As plantas amostradas foram identificadas em menor nível taxonômico possível e as espécies que apresentaram dubiedade taxonômica foram morfotipadas. Em campo, todas as plantas foram identificadas com placa PVC, recebendo numeração que permite identificação a posteriori para os casos de indefinição taxonômica.

Para determinação da biomassa de serapilheira de cada ambiente, foram demarcadas, aleatoriamente, três subparcelas de 1 m<sup>2</sup> para cada uma das parcelas

de 40 x 40 m dos seis ambientes. As amostras de serapilheira foram obtidas no mês de julho, que marca a transição da estação de chuvosa para a estação de estiagem. Nas subparcelas de 1m<sup>2</sup> toda serapilheira foi removida, embalada e levada à estufa de circulação forçada a 60°C, até atingir peso constante, para determinação da massa seca. As médias de massa seca de serapilheira de cada ambiente foram extrapoladas para tonelada por hectare.

### **3.4. Amostragem e descrição dos perfis representativos**

Na região central de cada um dos seis ambientes, foram abertas trincheiras de 2x2x1m de comprimento, profundidade e largura, respectivamente. A identificação dos horizontes, a descrição morfológica e a coleta de amostras dos horizontes dos solos foram realizadas conforme Santos et al. (2005). Os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2013)

### **3.5. Coleta e análise do solo**

Em cada parcela dos seis ambientes foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada nas camadas de 00 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m, com auxílio do amostrador de Uhland, totalizando 16 anéis de 5 x 5 cm em cada camada por ambiente. No ambiente 6, não foi possível coletar os anéis nas camadas abaixo de 0,1 m, devido a presença de concreções lateríticas. Nas amostras com estrutura preservada foram determinados porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e densidade do solo (Ds), utilizando mesa de tensão, conforme procedimentos descritos por Claessen et al. (1997). Adicionalmente, em cada camada de solo dos seis ambientes, foram coletadas amostras deformadas com auxílio de enxadeco e lebanca, sendo coletadas 24 sub-amostras simples, que formaram amostras compostas proporcionais ao número de parcelas de cada ambiente.

As amostras deformadas foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm para serem submetidas a análises para determinação dos atributos: pH (CaCl<sub>2</sub>), teores de matéria orgânica (MO), P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, acidez potencial (H<sup>+</sup>Al), seguindo método proposto por RAIJ et al. (2001). A partir desses resultados,

calculou-se os valores de capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), soma de bases (SB) e porcentagem de saturação por bases (V%).

Ainda nas amostras com estrutura deformada foram determinados os teores de areia, silte e argila e argila dispersa em água pelo método da pipeta (CAMARGO et al., 1986) e grau de floculação (GF) pela fórmula:

$$GF = \frac{(Argila\ total - Argila\ dispersa\ em\ água)}{Argila\ total} \times 100$$

O índice de estabilidade de agregados (IEA) foi gerado seguindo método proposto por KEMPER E ROSENAU (1986). Utilizando agregados que passaram pela peneira com aberturas de 2,00 mm e ficaram retidos em peneira com aberturas de 1,00 mm. Alíquotas de 4 g desses agregados foram transferidas para peneiras de 0,25 mm e levados para oscilação vertical em água no aparelho de Yoder, ajustado para 35 ciclos  $\text{min}^{-1}$ , com amplitude de oscilação de 1,3 cm, durante 3 min. Após a análise, os agregados retidos na peneira com aberturas de 0,25 mm foram levados à estufa a 105 °C por 24 h. Subamostras dos respectivos solos e camadas foram separadas para correção de umidade e de areia >0,25 mm. Após pesagem dos agregados, areias e umidades residuais calculou-se o índice de estabilidade de agregados (IEA), em porcentagem, como descrito por Kemper (1965), utilizando a fórmula:

$$IEA = 100 \cdot \frac{(massa\ do\ agregado\ > 0,25\ mm) - (massa\ de\ areia\ > 0,25\ mm)}{(massa\ da\ amostra\ seca) - (massa\ de\ areia\ > 0,25\ mm)}$$

A caracterização mineralógica para geração dos índices de Ki e Kr foi realizada em amostras deformadas dos respectivos, perfis e horizontes: perfil A1 (horizontes, A1 e Bw<sub>2</sub>); perfil A2 (A1 e Bw<sub>2</sub>), perfil A3 (horizontes, A2 e A5), perfil A4 (horizontes, A2 e Bw), perfil A5 (horizontes, A1 e Bt<sub>2</sub>) e perfil A6 (horizontes, A1 e Bf<sub>3</sub>). As amostras foram submetidas a ataque sulfúrico para extração e quantificação dos óxidos de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MnO e TiO<sub>2</sub>. Os óxidos resultantes do ataque sulfúrico (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foram determinados segundo o método proposto por Claessen et al. (1997). Silício extraído por solução de NaOH<sub>2</sub>O e determinado gravimetricamente; Al – determinado por complexometria pelo EDTA; Ti oxidação da matéria orgânica e obtido por colorimetria; Fe e Mn extraído por ataque sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 50%).

### 3.6. Análises estatísticas

Os dados referentes aos atributos do solo foram submetidos ao tratamento estatístico descritivo. Foram geradas medidas de amplitude, média, mediana e coeficiente de variação.

Os dados fitossociológicos foram avaliados com auxílio do software Fitopac 2,0 (SHEPHERD, 2008), gerando os parâmetros fitossociológicos como área basal, altura, dominância, índice de valor de importância (IVI) e índice de diversidade de Shannon.

As associações entre atributos do solo e espécies de formigas foram obtidas a partir de análise multivariada, por meio do teste de análise de componentes principais (ACP), utilizando-se o software Infostat (DI RIENZO et al., 2008). Dentre os parâmetros fitossociológicos utilizou-se as medidas de área basal e biomassa seca de serapilheira nas correlações multivariadas, pois a serapilheira é um indicador de produtividade e área basal além de ser um bom estimador de produtividade gera medidas do percentual de cobertura do solo.

Devido ao grande número de variáveis, foram realizadas combinações de variáveis, visando construir uma matriz de correlação com o mínimo de 70% da variação explicada nos três eixos da ACP. Esse critério foi atendido com a exclusão de variáveis interdependentes (V% e CTC, SB, frações de areia fina e grossa), unificação dos valores dos atributos em uma única camada de 0,0 - 0,30 m e a restrição do número de espécies de formigas para dez do total de 48 espécies encontradas. As 10 espécies de formigas foram selecionadas em função do índice de valor de importância (IVI). O IVI é o produto do somatório de valores relativos de frequência, densidade e dominância de cada espécie de formiga, obtido com auxílio do software Fitopac 2.0 (SHEPHERD, 2008). Em seguida, as dez espécies selecionadas foram divididas em dois conjuntos, o primeiro composto por: *Crematogaster cf. acuta*, *Pheidole casta*, *Solenopsis brusei* e *S. substituta* e o segundo com as espécies *Camponotus comatulus*, *Dinoponera gigantea*, *Ectatoma muticum*, *Ochetomyrmex neopolitus*, *Pseudomyrmex boopsis* e *P. termitarius*. Os dois conjuntos de formigas foram formados, considerando o parentesco filogenético das formigas e a preservação da inércia mínima de 70% do sistema.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Solos dos ambientes de estudo

Foram identificadas quatro ordens de solos nos seis ambientes de amostragem dos formicídeos: LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico nos ambientes A1 e A2, NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico no ambiente A3, LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico no ambiente A4, ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico no ambiente A5 e PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico no ambiente A6, Tabelas (2 e 3).

Os solos dos seis ambientes são quimicamente pobres com saturação por bases variando de 14 a 47%, CTC < 5 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>, são de natureza ácida com pH variando de 3,7 a 4,7 (Tabela 2). De acordo com os referenciais de Alvarez et al. (1999), os teores de fósforo nos solos estudados são considerados baixos, sendo o maior valor de 5 mg.kg<sup>-1</sup> obtido no horizonte A do LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico do ambiente A4. Esses baixos teores de fósforo nos solos são equivalentes com os baixos estoques naturais de fósforo em solos intemperizados das regiões tropicais (COIMBRA et al., 2014).

Os índices de Ki e Kr abaixo de 2,2 evidenciam o caráter intempérico dos solos estudados. Segundo Ker (1998), índices de Ki e Kr abaixo de 2,2 são característicos de solos tropicais. Os valores observados, se assemelham ao índice de Ki de 2,0 registrado por GIAROLA et al. (2009) em solos da formação Barreiras.

As quatro ordens de solos identificadas nos seis ambientes de estudo mostram a heterogeneidade dos solos, que estão assentados sobre base litológica sedimentar. Os sedimentos da região são formados por arenitos finos, siltitos e folhelhos (RIBEIRO et al., 2006), que estão submetidos a dois extremos climáticos, uma estação fortemente chuvosa e outra essencialmente de estiagem.



Tabela 3. Granulometria e a relação Ki e Kr dos solos de seis ambientes em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Horiz.<br>prof.(m)                                     | AG                            | AF  | AT  | Argila | Silte | Textura | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MnO   | Ki   | Kr |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|-----|--------|-------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|----|
|                                                        | .....g.Kg <sup>-1</sup> ..... |     |     |        |       |         | .....%.....      |                                |                                |                  |       | -    | -  |
| Perfil A1- LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico         |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,19)                                           | 240                           | 423 | 663 | 240    | 97    | FAA*    | 9,7              | 9,99                           | 0,36                           | 0,71             | 0,005 | 1,65 | 2  |
| AB (0,20–0,34)                                         | 258                           | 333 | 591 | 311    | 98    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BA (0,35–0,49)                                         | 239                           | 318 | 557 | 360    | 83    | A.A.    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW1(0,50–1,14)                                         | 234                           | 284 | 518 | 362    | 120   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW2(1,15-1,55)                                         | 250                           | 298 | 548 | 318    | 134   | FArg    | 16,2             | 15,3                           | 0,38                           | 1,24             | 0,005 | 1,8  | 2  |
| BW3 (1,56 +)                                           | 267                           | 276 | 543 | 307    | 150   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A2 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico        |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,45)                                           | 205                           | 465 | 670 | 228    | 102   | FAA     | 10,2             | 8,65                           | 0,29                           | 0,71             | 0,005 | 2    | 2  |
| AB(0,46-0,58)                                          | 191                           | 391 | 582 | 309    | 109   | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BA(0,59-0,79)                                          | 178                           | 361 | 539 | 380    | 81    | A.A.    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW1(0,80-1,18)                                         | 193                           | 319 | 512 | 370    | 118   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW2(1,19-1,48)                                         | 200                           | 334 | 534 | 333    | 133   | FArg    | 14,3             | 14,41                          | 0,43                           | 1,17             | 0,005 | 1,69 | 2  |
| BW3(1,49 +)                                            | 198                           | 324 | 522 | 320    | 158   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A3 - NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico         |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,1)                                            | 512                           | 358 | 870 | 112    | 18    | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A2(0,11-0,45)                                          | 407                           | 348 | 755 | 203    | 42    | FAA     | 8,8              | 6,86                           | 0,25                           | 0,58             | 0,005 | 2,18 | 2  |
| A3 (0,46-0,74)                                         | 296                           | 474 | 770 | 208    | 22    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A4(0,75-1,08)                                          | 409                           | 382 | 791 | 188    | 21    | FAr     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A5 (1,09-1,57)                                         | 441                           | 365 | 806 | 184    | 10    | FAr     | 5,5              | 6,41                           | 0,24                           | 0,52             | 0,005 | 1,46 | 1  |
| A6(1,58+)                                              | 527                           | 331 | 858 | 120    | 22    | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A4 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico Petroplíntico |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,1)                                            | 187                           | 502 | 689 | 219    | 92    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A2(0,11-0,31)                                          | 202                           | 546 | 601 | 282    | 117   | FAA     | 13,8             | 9,69                           | 0,39                           | 0,74             | 0,005 | 2,42 | 2  |
| AB(0,32-0,6)                                           | 134                           | 475 | 609 | 313    | 78    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BA(0,61-0,91)                                          | 145                           | 474 | 619 | 305    | 76    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW(0,92-1,13)                                          | 147                           | 488 | 635 | 295    | 70    | FAA     | 11,2             | 9,74                           | 0,4                            | 0,74             | 0,005 | 1,95 | 2  |
| BW/F(1,14 – 1,37)                                      | 146                           | 493 | 639 | 250    | 111   | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| F(1,38 +)                                              | 145                           | 493 | 638 | 293    | 69    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A5 – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico   |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,27)                                           | 230                           | 482 | 712 | 164    | 124   | FAr     | 6,5              | 4,22                           | 0,41                           | 0,45             | 0,008 | 2,62 | 2  |
| A2(0,27-0,46)                                          | 399                           | 476 | 875 | 94     | 31    | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A3(0,46–0,65)                                          | 719                           | 208 | 927 | 62     | 11    | Ar      | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bt <sub>1</sub> (0,65-1,00)                            | 133                           | 480 | 613 | 136    | 251   | F       | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bt <sub>2</sub> (1,00-1,23)                            | 171                           | 414 | 585 | 227    | 188   | F       | 8,5              | 6,71                           | 0,63                           | 0,52             | 0,007 | 2,15 | 2  |
| Bt <sub>3</sub> (1,23 +)                               | 62                            | 295 | 357 | 394    | 249   | FArgL   | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A6 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico    |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,42)                                           | 117                           | 506 | 623 | 233    | 144   | FAA     | 9,6              | 7,6                            | 0,46                           | 0,75             | 0,008 | 2,15 | 2  |
| Bf1(0,43-0,73)                                         | 122                           | 321 | 443 | 425    | 132   | FL      | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bf2(0,74-1,10)                                         | 67                            | 301 | 368 | 490    | 142   | Arg     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bf3(1,11-1,78)                                         | 28                            | 311 | 339 | 506    | 155   | Arg     | 23,1             | 19,87                          | 0,65                           | 1,2              | 0,005 | 1,98 | 2  |
| Bf4(1,79 +)                                            | 30                            | 480 | 510 | 376    | 114   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |

\*franco-argilo-arenoso (FAA), argilo-arenoso (AA), franco-argiloso (FArg), franco-arenoso (FAr), arenoso-franco (ArF), arenoso (Ar), franco (F), franco-argilo-limoso (FArgL), franco limoso (FL), argiloso (Arg), areia grossa (AG), areia fina (AF) e areia total (AT)

Os mapas de solos da região não revelam integralmente as variações locais, pois foram produzidos na escala de 1:1.000.000. As ordens de solo dos ambientes A3, A4, A5 e A6 não encontraram correspondência com o mapa de solos da região, produzido pela EMBRAPA (1986). A única ordem de solo com correspondência no mapa da EMBRAPA (1986) foi o LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico dos ambientes A1 e A2.

A redução das escalas de mapeamento é imprescindível para visualização da heterogeneidade dos solos. Para Manosso e Ondicol (2012) essas variações se manifestam à medida que se intensifica a busca pelo entendimento do complexo físico de paisagens. Contudo, as variações nos solos tornam-se perceptíveis somente com a redução das escalas de mapeamentos, que naturalmente rejeitam a homogeneidade (BEHRENS et al., 2009).

A heterogeneidade dos solos tem sido qualitativamente abordada e é um produto recorrente do conhecimento etnopedológico, que tem suas raízes na histórica categorização e classificação das terras em função da capacidade de uso (CONSTANTINI; L'ABATE, 2009). No ambiente natural os diferentes tipos de solos, muitas vezes são associados com a cobertura vegetal dominante, pois, as plantas estabelecem uma estreita relação com os solos e, em alguns casos, assumem valor taxonômico, permitindo a predição taxonômica de determinados solos, pelo menos ao nível de ordem. Esta relação é observada para as formações de Campo limpo de Cerrado e Cerrado típico dos ambientes A1 e A2, que comumente são associadas à ordem Latossolo (Figura 2).

A interação solo-planta, também, pode ser observada na ocorrência exclusiva das palmeiras babaçu nos ambientes A3, A4, A5 e A6. Todavia, o babaçu não foi encontrado nos ambientes A1 e A2. Isso mostra que as espécies vegetais selecionam solos apropriados para o estabelecimento de comunidades. A estreita relação do solo com componentes biológicos, de acordo com Ibàñez, Saldaña; Oliveira (2012), mostra a importância do solo na composição da diversidade biológica, de modo que o solo assume relevância suficiente para ser discutido conjuntamente com a diversidade biológica.

Essas discussões acrescentam ao componente biológico do solo um caráter taxonômico na medida em que envolve a macro, meso e microbiota dependente do

solo e definidoras de paisagens. Na busca dessas associações, as plantas têm sido amplamente estudadas, mas a fauna associada deve ser considerada nestas discussões, notadamente as espécies residentes nos solos como anelídeos, térmitas e formigas.

#### **4.2. Estrutura do complexo solo-planta-formigas do ambiente de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico**

Os Latossolos Amarelos distróficos são pobres em bases trocáveis e fortemente intemperizados. Os baixos índices  $K_i$  e  $K_r$  e saturação de bases inferior a 50% mostram a grau e intensidade de intemperização desses solos (Tabela 3). PRAGANA et al. (2012) destacam o caráter distrófico dos Latossolos Amarelos, que muitas vezes apresentam qualidades físicas que garantem bons níveis de drenagem (SANTANA, 2008 e LUCENA, 2013).

No município de Chapadinha, os Latossolos Amarelos Distróficos ocupam as partes mais altas do relevo e qualitativamente são considerados pobremente drenados (Apêndice A e B). Meneses, Costa e Hermann (2013) destacam essa mesma disposição altimétrica para Latossolos Amarelos do Cerrado do Estado de Roraima e acrescentam que os Latossolos Amarelos estudados em Roraima apresentam níveis elevados das taxas de infiltração de água no solo.

As condições de drenagem impedida ainda são um assunto em discussão e controverso para os Latossolos, pois essa classe de solos é tradicionalmente considerada como bem drenada. Contudo, quando ocorrem impedimentos que comprometem a drenagem, a condução e o armazenamento de água ficam limitados, bem como a dinâmica dos nutrientes no perfil do solo (VASCONCELOS et al. 2004). O fluxo limitado de água no solo observado no ambiente A1 pode estar associado à inclinação do relevo neste ambiente (Figura 1), o relevo em gradiente potencializa o escoamento superficial, reduz a infiltração de água e eleva as taxas de erosão, com subsequente afloramento do horizonte B, como observado no Latossolo do ambiente A1 (Figura 5).

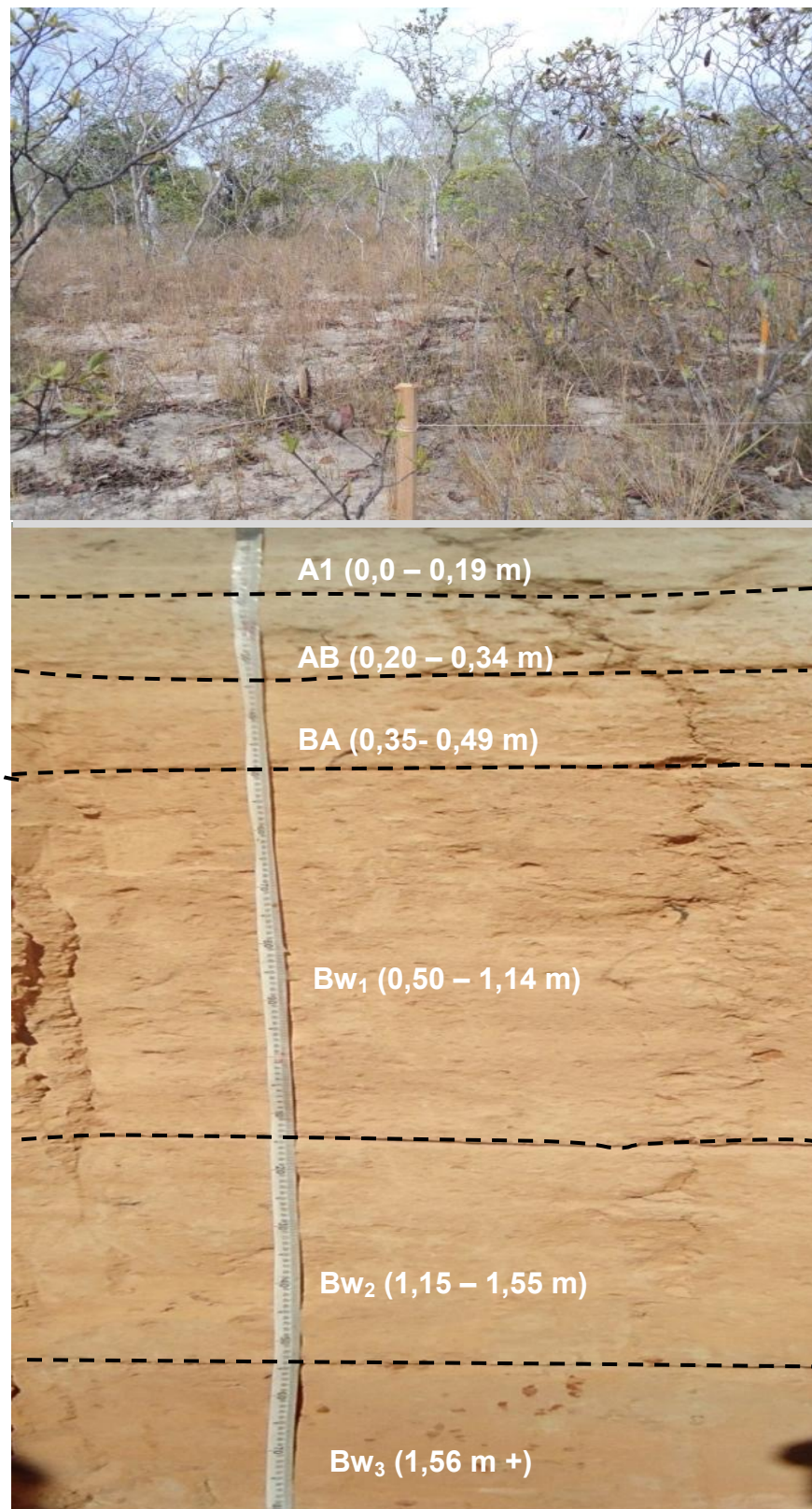


Figura 5. Perfil de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico do ambiente A1 (Campo limpo de Cerrado), localizado em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

O ambiente A2 apresenta relevo plano e ligeiramente côncavo (Figura 1), mas ainda assim o fluxo de água é limitado, porém, não há forte escoamento superficial e a água penetra lentamente no solo. Tanto no ambiente A1 quanto no ambiente A2 o percentual de poros condutores de água não atinge 1/3 da porosidade total (Tabela 4). Esse volume de macroporos pode sofrer redução durante os ciclos de molhamento e secagem dos solos, agravando-se em solos com possível comportamento coeso. A coesão nos Latossolos dos ambientes A1 e A2 deve ser vista como uma hipótese que precisa ser testada, pois, há fortes indícios de comportamento coeso para esses solos. Quando secos, se tornam fortemente adensados, e bastantes friáveis, quando úmidos.

A localização dos ambientes A1 e A2 em região fronteira entre as formações geológicas Itapecuru e Barreiras, fortalece a hipótese de coesão desse Latossolo, pois, os limites geológicos não são claramente definidos e, possivelmente, o Latossolo dos ambientes A1 e A2 tenha caráter coeso em função da penetrância da Formação Barreiras na Itapecuru. Contudo, é preciso expandir as investigações nesse sentido, para então considerar a penetrância e os efeitos da formação Barreiras na gênese dos Latossolos da área de estudo. Segundo Silva; Barros e Costa (2006), a natureza caulínica dos solos coesos da Formação Barreiras os tornam mais sensíveis à compactação que os oxídico-gibbsíticos, uma vez que a caulinita se modela e/ou se deforma mais facilmente, criando camadas de impedimento que comprometem o fluxo de água nesses solos. Embora seja de forma qualitativa, mas essas características foram observadas no LATOSSOLO AMARELO Distrofítico típico onde ocorrem os ambientes A1 e A2. Além disso, os índices de  $K_i$  e  $K_r$  observados (Tabela 3) indicam a natureza caulínica e oxídica dos argilo minerais que compõem a fração textural do LATOSSOLO AMARELO Distrofítico típico dos ambientes A1 e A2.

Os atributos físicos e químicos dos ambientes A1 e A2 apresentam diferenças que favorecem o ambiente A2. No ambiente A2, foram observados menores valores de densidade do solo, maior volume de macro e microporos, maiores valores índices de estabilidade de agregados, maiores teores de matéria orgânica, de bases trocáveis e pH mais elevado (Tabelas 4 e 5). Contudo, os dois ambientes acumulam semelhanças nos teores de areia, silte e argila nas três camadas estudadas (Tabela

6). As diferenças observadas nos atributos físicos e químicos dos ambientes A1 e A2 se manifestam nas diferentes comunidades de plantas e formigas observadas nesses ambientes.

Tabela 4. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | Densidade<br>g.cm <sup>-3</sup> | ADA*<br>g.kg <sup>-1</sup> | GF<br>%   | PT<br>.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ..... | Mi<br>..... | Ma<br>..... | IEA<br>%  |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------|
| A1 (0,0 – 0,1 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,79</b>                     | <b>176</b>                 | <b>20</b> | <b>0,35</b>                                      | <b>0,25</b> | <b>0,10</b> | <b>93</b> |
| Mediana          | 1,79                            | 172                        | 20        | 0,35                                             | 0,25        | 0,11        | 93        |
| Máximo           | 1,90                            | 268                        | 44        | 0,40                                             | 0,28        | 0,16        | 96        |
| Mínimo           | 1,63                            | 106                        | 6         | 0,31                                             | 0,22        | 0,05        | 87        |
| CV (%)           | 4                               | 19                         | 43        | 6                                                | 6           | 23          | 2         |
| A1( 0,1 – 0,2 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,85</b>                     | <b>202</b>                 | <b>20</b> | <b>0,34</b>                                      | <b>0,26</b> | <b>0,8</b>  | <b>84</b> |
| Mediana          | 1,85                            | 198                        | 18        | 0,34                                             | 0,26        | 0,8         | 86        |
| Máximo           | 1,95                            | 310                        | 88        | 0,39                                             | 0,29        | 0,15        | 94        |
| Mínimo           | 1,73                            | 32                         | 2         | 0,29                                             | 0,18        | 0,03        | 63        |
| CV (%)           | 3                               | 21                         | 66        | 7                                                | 7           | 34          | 8         |
| A1( 0,2 – 0,3 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,71</b>                     | <b>195</b>                 | <b>29</b> | <b>0,39</b>                                      | <b>0,27</b> | <b>0,12</b> | <b>74</b> |
| Mediana          | 1,74                            | 213                        | 18        | 0,40                                             | 0,27        | 0,12        | 76        |
| Máximo           | 1,89                            | 345                        | 98        | 0,46                                             | 0,35        | 0,20        | 92        |
| Mínimo           | 1,48                            | 4                          | 1         | 0,32                                             | 0,24        | 0,06        | 56        |
| CV (%)           | 6                               | 39                         | 89        | 9                                                | 7           | 30          | 14        |
| A2 (0,0 – 0,1 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,60</b>                     | <b>117</b>                 | <b>27</b> | <b>0,38</b>                                      | <b>0,24</b> | <b>0,14</b> | <b>94</b> |
| Mediana          | 1,59                            | 119                        | 23        | 0,38                                             | 0,23        | 0,13        | 95        |
| Máximo           | 1,73                            | 161                        | 54        | 0,43                                             | 0,30        | 0,20        | 97        |
| Mínimo           | 1,51                            | 78                         | 15        | 0,32                                             | 0,22        | 8,82        | 85        |
| CV (%)           | 5                               | 18                         | 39        | 8                                                | 9           | 21          | 4         |
| A2 (0,1 – 0,2 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,70</b>                     | <b>151</b>                 | <b>22</b> | <b>0,34</b>                                      | <b>0,24</b> | <b>0,10</b> | <b>90</b> |
| Mediana          | 1,69                            | 150                        | 24        | 0,34                                             | 0,24        | 0,09        | 93        |
| Máximo           | 1,77                            | 192                        | 38        | 0,40                                             | 0,28        | 0,12        | 97        |
| Mínimo           | 1,65                            | 112                        | 6         | 0,30                                             | 0,23        | 0,07        | 71        |
| CV (%)           | 2                               | 0,1                        | 0,4       | 7                                                | 6           | 18          | 9         |
| A2 (0,2 – 0,3 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,72</b>                     | <b>156</b>                 | <b>22</b> | <b>0,34</b>                                      | <b>0,24</b> | <b>0,10</b> | <b>83</b> |
| Mediana          | 1,73                            | 158                        | 20        | 0,34                                             | 0,24        | 0,10        | 84        |
| Máximo           | 1,78                            | 211                        | 42        | 0,35                                             | 0,25        | 0,10        | 90        |
| Mínimo           | 1,66                            | 87                         | 3         | 0,30                                             | 0,23        | 0,07        | 67        |
| CV (%)           | 2                               | 0,2                        | 0,6       | 5                                                | 4,1         | 13          | 8         |

\*argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), porosidade total (PT) e índice de estabilidade de agregados (IEA).

\*\*coeficiente de variação (CV).

Tabela 5. Estatística descritiva dos atributos químicos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | P*                  | MO                 | pH                | K <sup>+</sup>          | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | H+Al      | S           | CTC       | V         |
|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                  | mg.kg <sup>-1</sup> | gk.g <sup>-1</sup> | CaCl <sub>2</sub> | mmol.c.dm <sup>-3</sup> |                  |                  |           |             |           | %         |
| A1 (0,0 – 0,1 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>2,8</b>          | <b>15</b>          | <b>3,95</b>       | <b>0,35</b>             | <b>1,94</b>      | <b>1,5</b>       | <b>31</b> | <b>3,78</b> | <b>35</b> | <b>11</b> |
| Mediana          | 3                   | 14                 | 3,9               | 0,3                     | 2                | 1                | 31        | 3,4         | 34        | 11        |
| Máximo           | 4                   | 22                 | 4,1               | 0,6                     | 3                | 4                | 42        | 7,4         | 49        | 17        |
| Minimo           | 2                   | 9                  | 3,8               | 0,1                     | 1                | 1                | 20        | 2,2         | 23        | 5         |
| CV (%)**         | 18                  | 19                 | 3                 | 35                      | 25               | 48               | 15        | 29          | 14        | 26        |
| A1 (0,1 – 0,2 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>2,7</b>          | <b>12</b>          | <b>3,94</b>       | <b>0,25</b>             | <b>1,58</b>      | <b>1,1</b>       | <b>29</b> | <b>2,94</b> | <b>32</b> | <b>9</b>  |
| Mediana          | 3                   | 12                 | 3,9               | 0,3                     | 2                | 1                | 28        | 3,2         | 31        | 9         |
| Máximo           | 4                   | 19                 | 4,1               | 0,4                     | 3                | 2                | 42        | 5,3         | 46        | 15        |
| Minimo           | 2                   | 7                  | 3,7               | 0,1                     | 1                | 1                | 20        | 2,1         | 23        | 5         |
| CV (%)           | 23                  | 20                 | 2                 | 33                      | 34               | 28               | 14        | 22          | 14        | 21        |
| A1 (0,2 – 0,3 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>2,7</b>          | <b>11</b>          | <b>3,93</b>       | <b>0,33</b>             | <b>1,48</b>      | <b>1,04</b>      | <b>28</b> | <b>2,84</b> | <b>31</b> | <b>9</b>  |
| Mediana          | 3                   | 11                 | 3,9               | 0,3                     | 1                | 1                | 28        | 2,5         | 31        | 9         |
| Máximo           | 5                   | 15                 | 4                 | 2                       | 3                | 2                | 38        | 4,4         | 40        | 17        |
| Minimo           | 2                   | 7                  | 3,8               | 0,1                     | 1                | 1                | 20        | 2,1         | 24        | 6         |
| CV (%)           | 27                  | 18                 | 2                 | 81                      | 37               | 19               | 13        | 23          | 12        | 24        |
| A2 (0,0 – 0,1 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>3,7</b>          | <b>23</b>          | <b>3,65</b>       | <b>0,45</b>             | <b>2,25</b>      | <b>1,83</b>      | <b>59</b> | <b>4,53</b> | <b>63</b> | <b>7</b>  |
| Mediana          | 4                   | 22                 | 3,7               | 0,4                     | 2                | 2                | 58        | 4,4         | 63        | 7         |
| Máximo           | 5                   | 30                 | 3,8               | 0,7                     | 3                | 4                | 80        | 6,6         | 87        | 12        |
| Minimo           | 3                   | 15                 | 3,5               | 0,3                     | 2                | 1                | 38        | 3,3         | 41        | 4         |
| CV (%)           | 17                  | 18                 | 2                 | 26                      | 20               | 45               | 20        | 24          | 19        | 27        |
| A2 (0,1 – 0,2 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>3,1</b>          | <b>17</b>          | <b>3,71</b>       | <b>0,37</b>             | <b>2,13</b>      | <b>1,33</b>      | <b>51</b> | <b>3,83</b> | <b>55</b> | <b>7</b>  |
| Mediana          | 3                   | 17                 | 3,7               | 0,3                     | 2                | 1                | 52        | 3,35        | 55        | 7         |
| Máximo           | 5                   | 23                 | 3,8               | 0,6                     | 3                | 3                | 72        | 6,5         | 75        | 12        |
| Minimo           | 2                   | 11                 | 3,5               | 0,2                     | 2                | 1                | 38        | 3,2         | 41        | 4         |
| CV (%)           | 27                  | 16                 | 2                 | 30                      | 16               | 49               | 17        | 24          | 16        | 26        |
| A2 (0,2 – 0,3 m) |                     |                    |                   |                         |                  |                  |           |             |           |           |
| <b>Média</b>     | <b>2,6</b>          | <b>14</b>          | <b>3,75</b>       | <b>0,3</b>              | <b>2</b>         | <b>1,21</b>      | <b>44</b> | <b>3,5</b>  | <b>47</b> | <b>7</b>  |
| Mediana          | 3                   | 14                 | 3,8               | 0,3                     | 2                | 1                | 42        | 3,3         | 45        | 7         |
| Máximo           | 4                   | 23                 | 3,9               | 0,5                     | 3                | 3                | 64        | 6,4         | 67        | 11        |
| Minimo           | 2                   | 9                  | 3,6               | 0,1                     | 1                | 1                | 31        | 2,1         | 33        | 5         |
| CV (%)           | 25                  | 20                 | 3                 | 32                      | 15               | 42               | 21        | 22          | 20        | 22        |

\*fósforo (P), Matéria Orgânica do solo (MO), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), saturação por bases (V), soma de bases (S). \*\*coeficiente de variação (CV).

Tabela 6. Estatística descritiva da granulometria de amostras de solos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                               | AMG*      | AG        | AM         | AF         | AMF        | AT         | Argila     | Silte      |
|-------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| .....g.kg <sup>-1</sup> ..... |           |           |            |            |            |            |            |            |
| A1 (0,0 – 0,1 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>11</b> | <b>42</b> | <b>159</b> | <b>263</b> | <b>187</b> | <b>662</b> | <b>220</b> | <b>117</b> |
| Mediana                       | 11        | 37        | 155        | 269        | 198        | 660        | 222        | 118        |
| Máximo                        | 24        | 76        | 248        | 326        | 232        | 738        | 301        | 146        |
| Mínimo                        | 2         | 26        | 113        | 119        | 92         | 571        | 161        | 87         |
| CV (%)**                      | 35        | 32        | 22         | 12         | 18         | 5          | 15         | 10         |
| A1 (0,1 – 0,2 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>12</b> | <b>43</b> | <b>152</b> | <b>244</b> | <b>181</b> | <b>632</b> | <b>252</b> | <b>116</b> |
| Mediana                       | 12        | 39        | 144        | 250        | 190        | 633        | 258        | 116        |
| Máximo                        | 22        | 67        | 211        | 289        | 251        | 689        | 340        | 135        |
| Mínimo                        | 5         | 26        | 113        | 57         | 129        | 546        | 196        | 85         |
| CV (%)                        | 38        | 26        | 18         | 14         | 15         | 5          | 13         | 11         |
| A1 (0,2 – 0,3 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>11</b> | <b>45</b> | <b>153</b> | <b>230</b> | <b>167</b> | <b>606</b> | <b>279</b> | <b>115</b> |
| Mediana                       | 11        | 43        | 145        | 235        | 175        | 603        | 281        | 114        |
| Máximo                        | 22        | 75        | 210        | 268        | 206        | 664        | 402        | 259        |
| Mínimo                        | 4         | 31        | 118        | 169        | 117        | 516        | 177        | 82         |
| CV (%)                        | 38        | 26        | 17         | 9          | 15         | 5          | 14         | 22         |
| A2 (0,0 – 0,1 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>12</b> | <b>52</b> | <b>174</b> | <b>306</b> | <b>191</b> | <b>738</b> | <b>162</b> | <b>100</b> |
| Mediana                       | 10        | 51        | 173        | 303        | 192        | 739        | 161        | 96         |
| Máximo                        | 33        | 69        | 198        | 341        | 217        | 793        | 203        | 125        |
| Mínimo                        | 0         | 39        | 154        | 267        | 119        | 675        | 130        | 67         |
| CV (%)                        | 58        | 15        | 7          | 7          | 11         | 3          | 13         | 18         |
| A2 (0,1 – 0,2 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>8</b>  | <b>48</b> | <b>167</b> | <b>298</b> | <b>195</b> | <b>716</b> | <b>194</b> | <b>91</b>  |
| Mediana                       | 8         | 48        | 168        | 297        | 195        | 716        | 194        | 90         |
| Máximo                        | 12        | 60        | 186        | 334        | 211        | 758        | 217        | 122        |
| Mínimo                        | 0         | 37        | 147        | 273        | 182        | 673        | 169        | 62         |
| CV (%)                        | 38        | 14        | 6          | 5          | 4          | 3          | 7          | 16         |
| A2 (0,2 – 0,3 m)              |           |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>                  | <b>10</b> | <b>47</b> | <b>165</b> | <b>286</b> | <b>187</b> | <b>694</b> | <b>199</b> | <b>107</b> |
| Mediana                       | 10        | 48        | 163        | 284        | 191        | 689        | 204        | 107        |
| Máximo                        | 16        | 57        | 189        | 317        | 200        | 755        | 240        | 128        |
| Mínimo                        | 4         | 37        | 141        | 261        | 159        | 655        | 142        | 87         |
| CV (%)                        | 29        | 11        | 8          | 6          | 6          | 4          | 11         | 9          |

\*areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), areia total (AT). \*\*coeficiente de variação (CV).

Nos ambientes A1 e A2 as diferenças nos atributos físicos e químicos dos solos (Tabelas 4 e 5) e a variação do relevo (Figura 1) são refletidas na estrutura da cobertura vegetal, que se estabeleceu nesses dois ambientes. Nos dois ambientes, foram observadas duas formações vegetais distintas, o campo limpo de Cerrado e o

Cerrado típico. Em ambientes naturais, mesmo em pequena escala, as diferenças de relevo e de atributos do solo podem formar e sustentar coberturas vegetais diferenciadas, conforme verificaram Marimon Jr. e Haridasan (2005), no Cerrado do Brasil Central. A capacidade de sustentação de diferentes comunidades vegetais se estende ao bioma amazônico, pois, Vasconcellos et al. (2004) registraram a ocorrência de diferentes fitofisionomias sob Latossolos Amarelos da floresta amazônica. De acordo com Oliveira, Silva e Santana (2014), os mosaicos de cobertura vegetal encontrados no Cerrado são resultantes da interação de parâmetros abióticos que determinam aspectos quantitativos e qualitativos da vegetação.

As espécies vegetais dominantes nos ambientes A1 e A2 (Tabela 7) foram registradas em outras formações do Cerrado maranhense, confirmando o padrão de distribuição agregado, que restringe a maioria das espécies vegetais do Cerrado a pequenas porções do espaço (SILVA; FIGUEIREDO; ANDRADE, 2008). As espécies vegetais encontradas no ambiente A1 formam uma fisionomia tipicamente arbustiva, que faz transição para uma composição savanóide/arbórea no ambiente A2 (Figura 6). Para Faleiro (2006), as diferentes formações vegetacionais que apresentam aspectos fenológicos e morfológicos distintos, refletem as variações dos atributos do solo e dos fatores climáticos que estes sistemas estão submetidos.

As comparações entre estruturas vegetacionais e atributos dos solos de diferentes regiões são limitadas em função dos diferentes critérios de inclusão de plantas que devem ser amostradas. Procedimentos metodológicos diferenciados podem gerar conflitos e inviabilizar comparações. Neste sentido, os trabalhos de Santana et al. (2011) e Tunholi (2011) mostram essas diferenças, pois, registraram respectivamente, 269 e 73 espécies de plantas, quando utilizaram critérios diferentes para amostragens. Apesar das distorções metodológicas as medidas fitossociológicas e fenológicas revelam características particulares dos domínios de solos do Cerrado.

Tabela 7. Espécies vegetais com dez maiores IVIs amostradas nos ambientes A1 (Campo limpo de Cerrado) e A2 (Cerrado típico), sob LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico de um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Espécies                                      | De.Abs.* | Do.Abs. | IVI |
|-----------------------------------------------|----------|---------|-----|
| A1                                            |          |         |     |
| <i>Stryphnodendron coriacium</i> Benth.       | 58,3     | 0,4     | 62  |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart                 | 53,1     | 0,24    | 51  |
| <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel         | 16,7     | 0,18    | 28  |
| <i>Copaifera martii</i> Hayne                 | 15,6     | 0,08    | 27  |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Bompl. & Kunth. | 19,8     | 0,1     | 26  |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke     | 16,7     | 0,09    | 21  |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth              | 5,2      | 0,06    | 14  |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart                 | 9,4      | 0,04    | 12  |
| <i>Myrtaceae</i> SP1                          | 6,3      | 0,03    | 12  |
| <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl       | 6,3      | 0,02    | 12  |
| <i>Platonia insignis</i> Mart.                | 75       | 2,39    | 59  |
| A2                                            |          |         |     |
| <i>Platonia insignis</i> Mart.                | 75       | 2,39    | 59  |
| <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel         | 43,8     | 1,36    | 36  |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart.                | 125      | 0,54    | 34  |
| <i>Stryphnodendron coriacium</i> Benth        | 56,3     | 0,3     | 20  |
| <i>Parkia platycephala</i> Benth              | 31,3     | 0,34    | 16  |
| <i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil          | 21,9     | 0,15    | 12  |
| <i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel.  | 18,8     | 0,13    | 12  |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke     | 18,8     | 0,07    | 10  |
| <i>Copaifera martii</i> Hayne                 | 28,1     | 0,1     | 9   |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Bompl & Kunth   | 15,6     | 0,07    | 9   |

\*densidade absoluta (De.Abs), dominância absoluta(Do.Abs.) e ndice de Valor de Importância, (IVI)

A tabela 7 mostra dados estruturais da vegetação que dos Latossolos dos ambientes A1 e A2. A vegetação do ambiente A1 é composta por plantas de porte baixo, menor diâmetro, menor área basal e se distribuem erraticamente, formando clareiras naturais. Enquanto que a cobertura vegetal do ambiente A2 é tipicamente arbórea com maiores valores de área basal, com plantas mais altas e maior diâmetro (Tabela 7). As diferenças entre as duas fitofisionomias, possivelmente, estejam associadas à forma do relevo das duas áreas. O ambiente A1 apresenta gradiente topográfico no sentido do fluxo corrente das águas pluviais, enquanto o ambiente A2 predomina a pedoforma plana e ligeiramente côncava (Figuras, 1 e 6), que favorece o acúmulo de água, serapilheira e nutrientes.

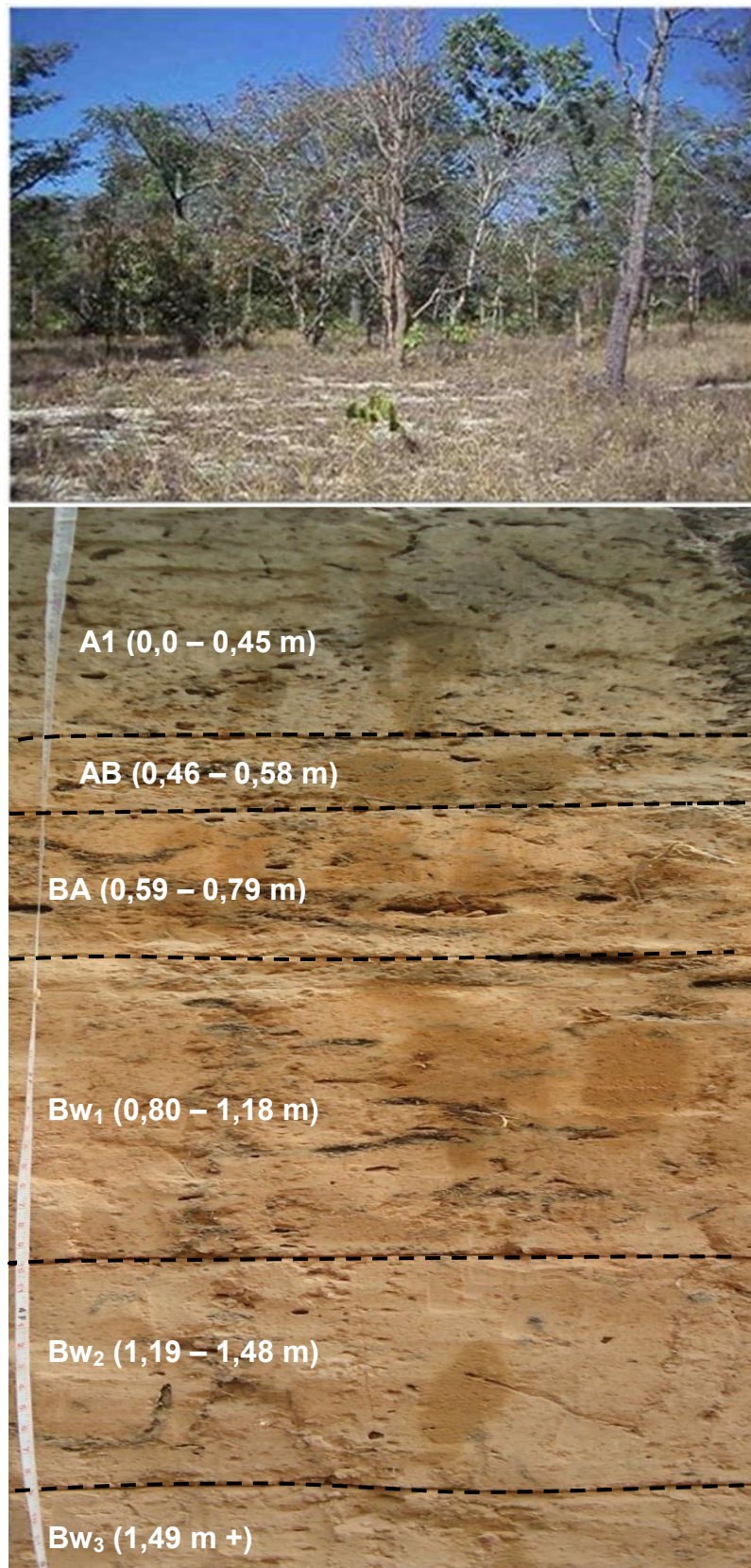


Figura 6. Perfil de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico do ambiente A2 (Cerrado típico) localizado em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

A serapilheira é formada, predominantemente, por folhas senescentes que caem de plantas caducifólias como ocorre em grande parte das espécies vegetais que ocorrem no Cerrado. Segundo Silva et al. (2007), a caducifolia ocorre naturalmente e com mais intensidade no período de estiagem e tende a se avolumar nas fitofisionomias arbóreas e de relevo côncavo, semelhantes ao ambiente A2. Os estoques de serapilheira podem ser utilizados na predição de biomassa aérea e são largamente utilizadas na caracterização de comunidades vegetais (PIETRO-SOUSA et al., 2012). Os menores valores de massa seca de serapilheira, do ambiente A1 (Tabela 8), revelam o caráter arbustivo e o comportamento perenifólio das plantas que compõem esse ambiente, o que de acordo com Haridassan (2000) sugere uma estratégia ecológica que visa a otimização energética para produção e retenção da biomassa aérea em ambientes com fortes restrições de água e nutrientes.

Tabela 8. Parâmetros fitossociológicos gerais, massa seca de serapilheira, umidade e temperatura dos ambientes A1 (Campo limpo de Cerrado) e A2 (Cerrado típico), sob LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico de um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Parâmetros gerais                   | A1   | A2   |
|-------------------------------------|------|------|
| Número total de espécies            | 18   | 29   |
| Número de indivíduos                | 213  | 176  |
| Área basal total (m <sup>2</sup> )  | 1,34 | 1,90 |
| Diâmetro médio (cm)                 | 8,21 | 9,47 |
| Altura média (m)                    | 4,00 | 5,2  |
| Serapilheira (kg.ha <sup>-1</sup> ) | 2212 | 6430 |
| Temperatura (°C)                    | 37,4 | 35,4 |
| Umidade (%)                         | 29   | 32   |
| Índice de Shannon-Wiener            | 2,21 | 2,69 |
| Equitabilidade                      | 0,76 | 0,8  |

A textura franco argilo arenosa, a baixa saturação por bases e os baixos teores de matéria orgânica (Tabelas 5 e 6) nem sempre associam os Latossolos Amarelos à comunidades vegetais com baixa densidade de plantas pobremente povoadas, pois, Carvalho et al. (2005) registraram comunidades vegetais densamente povoadas em Latossolos Amarelos localizados em superfícies côncavas, onde os teores de água no solo suplantam as deficiências nutricionais desses solos, colocando-os em condições superiores aos Latossolos Vermelho e

Vermelho Amarelo. Da mesma forma, Marimon Jr. e Haridasan (2005) ao comparar o Cerrado *stricto sensu* e o Cerradão sob Latossolo Amarelo Distrófico, observaram que no Cerradão predominaram plantas mais altas e os maiores valores de área basal. Esses autores sugerem que, possivelmente, as diferenças estruturais desses dois Cerrados estão associadas aos teores mais altos de argila nas formações de Cerradão, que possibilitam maior retenção de água nesses solos, resultando em maior fertilidade ativa, sustentando plantas mais altas e com maiores valores de área basal.

A medida de dependência planta-solo se fundamenta em relações ecofisiológicas, que definem parâmetros fitossociológicos e florísticos. Repercutindo nos índices de diversidade e estrutura das comunidades de plantas e formigas que compõem os ambientes A1 e A2, como mostram as Tabelas (7, 8 e 9)

As espécies de formigas *C. comatulus*, *E. muticum* e *P. boopsis* foram as mais abundantes nos ambientes A1 e A2 (Tabela 9). Estas espécies são recorrentes nas formações de Cerrado conforme destacam Pacheco e Vasconcelos (2012) que acrescentam a alta adaptabilidade das formigas do gênero *Camponotus* as diferentes fitosionomias do Cerrado, enquanto o gênero *Ectatoma* são comuns nos Cerrados abertos.

A espécie *P. boopsis* foi registrada nos ambientes A1 e A2, mas com maior abundância no A1, muitas vezes construindo ninhos na base dos caules de gramíneas. O gênero *Pseudomyrmex* é composto, predominantemente, por espécies que mantêm associações mirmecófilas com plantas, sendo encontrado em cavidades de galhos em decomposição (WARD; DOWNIE, 2005). Esses autores destacam a ampla distribuição e o endemismo do gênero *Pseudomyrmex* no continente americano, sobretudo na América do Sul onde são registrados elevados índices de diversidade para o gênero *Pseudomyrmex*.

A subfamília Myrmicinae encontra-se amplamente distribuída nos ambientes A1 e A2, correspondendo ao padrão de hiperdiversidade deste grupo para zonas tropicais, conforme citam Selvarani e Amutha (2013), sobretudo as formigas do gênero *Pheidole* (RODRIGUEZ; BARRIOS; MERCADO, 2011). Os Myrmicinae são oportunistas e são mais frequentes em climas quentes, o que os faz ocupar praticamente todos os ambientes, como ressalta Franklin (2012) ao registrar 90% de

presença de formigas da subfamília Myrmicinae em amostras coletadas em áreas de pastagem e de vegetação típica do deserto mexicano de Sonora.

Tabela 9. Espécies de formigas com ocorrência nos ambientes A1 (Campo limpo de Cerrado) e A2 (Cerrado típico) sob LATOSSOLO AMARELO Distrófico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Espécies                                        | A1   | A2   |
|-------------------------------------------------|------|------|
| <i>Camponotus comatulus</i> Mackay, 2010        | 41   | 19   |
| <i>Camponotus senex</i> (Smith, 1858)           | -    | 1    |
| <i>Crematogaster conf.acuta</i> Fabricius, 1804 | -    | 1    |
| <i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)      | -    | 2    |
| <i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833          | 8    | 2    |
| <i>Ectatomma muticum</i> Mayr, 1870             | 45   | 3    |
| <i>Forelius albiventris</i> Forel, 1912         | 8    | 3    |
| <i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003  | 1    | -    |
| <i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892           | 2    | -    |
| <i>Pheidole campstotela</i> Kempf 1972          | 4    | -    |
| <i>Pheidole casta</i> Wheeler, 1908             | 5    | -    |
| <i>Pheidole gagates</i> Wilson, 2003            | 2    | -    |
| <i>Pheidole gaigei</i> Forel, 1914              | -    | 6    |
| <i>Pheidole pullula</i> Santschi, 1911          | 2    | -    |
| <i>Pheidole rochai</i> Forel, 1912              | 1    | -    |
| <i>Pheidole sagax</i> Wilson, 2003              | 3    | -    |
| <i>Pheidole terresi</i> Wheeler & Mann, 1914    | 3    | -    |
| <i>Pheidole verricula</i> Wilson, 2003          | 2    | -    |
| <i>Pseudomyrmex boopsis</i> (Roger, 1863)       | 40   | 7    |
| <i>Solenopsis brusei</i> Creighton, 1930        | -    | 8    |
| <i>Solenopsis nigella</i> Emery, 1888           | -    | 1    |
| <i>Solenopsis substituta</i> Santschi, 1925     | 11   | -    |
| Índice Shannon-Wiener                           | 2,05 | 1,96 |
| Equitabilidade                                  | 0,74 | 0,82 |

- espécie ausente.

No ambiente A1, foram observados valores mais altos de temperaturas e menores percentuais de umidade (Tabela 8). Sob temperaturas mais elevadas e baixa umidade é que foi registrado maior número de formigas da subfamília Myrmicinae, pois, 10 das 15 espécies de Myrmicinae observadas foram encontradas no A1 (Tabela 9).

Na subfamília Ponerinae, foram mais abundantes as espécies *D. gigantea* e *O. bauri*, com destaque para *D. gigantea* que ocorreu nos ambientes A1 e A2. No ambiente A1 a maioria dos ninhos de *D. gigantea* foram encontrados em associações com plantas, sobretudo com *Stryphnodendron coriaticum* (barbatimão), *Vatairea macrocarpa* amargoso, *Bowdichia virgilioides* (sucupria preta). A construção dos ninhos na base de árvores e arbustos é, segundo Lenhart, Dash e Mackay, (2013) comum para as formigas do gênero *Dinoponera*, principalmente nos ambientes xeromórficos como a Caatinga e o Cerrado aberto (VASCONCELLOS; SANTANA; SOUZA, 2004). Isto sugere uma estratégia para atenuar os efeitos das altas temperaturas, pois, os formigueiros de *D. gigantea* registrados no ambiente A2 não estabeleceram associações com plantas, distribuindo-se aleatoriamente sobre o dossel arbóreo e sombreado do ambiente A2.

O ambiente A1 apresentou maior diversidade de espécies de formigas quando comparado a A2 (Tabela 9). O valor mais alto de diversidade observado no ambiente A1 está associado à riqueza de espécie de formigas da subfamília Myrmicinae e à abundância das espécies de *C. Comatulus* e *P. boopsis*. Essas espécies elevaram o índice de diversidade e reduziram o índice de equitabilidade, separando o ambiente A1 do ambiente A2.

Os índices de diversidade de formigas dos ambientes A1 e A2 não apresentaram a mesma tendência para diversidade de cobertura vegetal. O ambiente A1 apresentou maior diversidade de formigas, enquanto o índice de diversidade para cobertura vegetal foi menor. Esse mesmo padrão foi observado no ambiente A2, onde a diversidade de formigas foi menor, mas a diversidade vegetal foi maior.

A diferença entre os índices de diversidade de formigas e plantas não condiz com o padrão esperado, pois, segundo Bihn, Gebauer e Brandl (2010); Fahr e Kalko (2011) e Pacheco e Vasconcelos(2012) o esperado é que a diversidade de formigas responda positivamente ao nível de complexidade do ambiente, onde ecossistemas com maior heterogeneidade florística tendem a acomodar comunidades de animais com alto grau de variabilidade.

A relação inversa dos valores de diversidade vegetal e de formigas obtida nos ambientes A1 e A2 concorda com Jenkins et al. (2011) e evidencia o risco da

predição generalizada da diversidade, utilizando dados da fauna e da flora como estimadores de diversidade. Esses autores encontraram dados que mostram a incongruência ou a fraca relação destas predições, pois a associação positiva entre índices de diversidade de formigas e diversidade de cobertura vegetal tem sido feita a partir da interpolação de índices de diversidade de formigas que ocorrem nas áreas de entorno com potencial para identificação de novas espécies (*hostpots*). Os ambientes A1 e A2 em menor escala não formam limites de potenciais *hostpots*, mas estão inseridos na zona de transição de três grandes biomas: Cerrado, Caatinga e Amazônia e talvez por isso se adeque ao cenário descrito por Jenkins et al. (2011).

#### **4.3. Estrutura do complexo solo-planta-formigas do ambiente de NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico**

O NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico que ocorre no ambiente A3 não possui horizonte B (Figura 7) tem caráter distrófico, com saturação por bases abaixo de 50% nos horizontes diagnósticos (Tabela 10). Na textura do Neossolo Flúvico do ambiente A3 predominam sedimentos finos como areia fina e argila de baixa atividade, possivelmente de natureza caulínica como indicam os baixos índices de  $K_i$ ,  $K_r$  (Tabela 11). Estas características são relevantes para definição taxonômica deste solo e concordantes com a classificação descrita em Santos et al. (2013), que considera estes solos como pouco evoluídos, distróficos e acumuladores de argila de baixa atividade e com saturação por bases  $< 50\%$  na maior na maior parte dos 120 cm da superfície do solo.

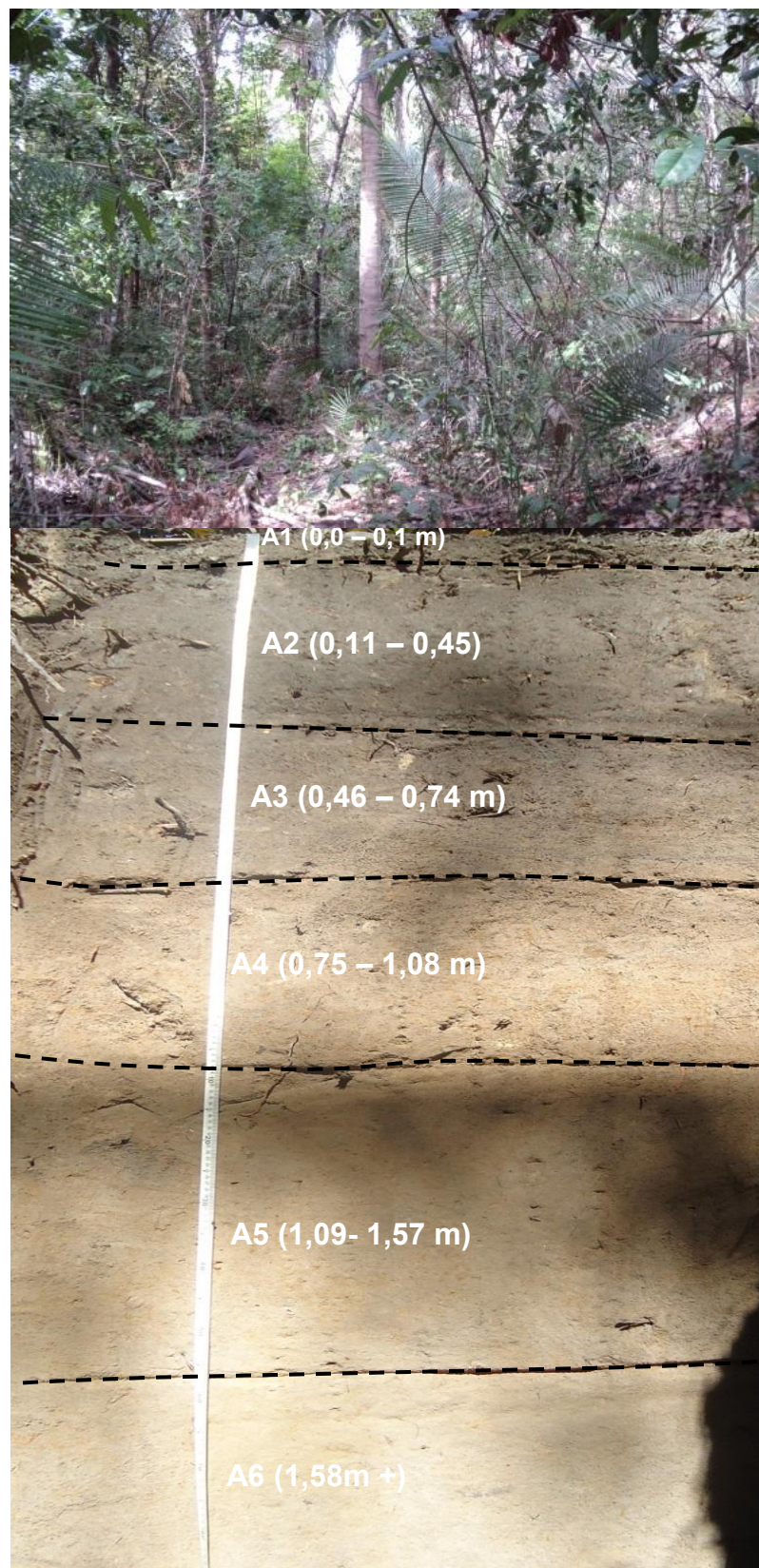


Figura 7. Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico, do ambiente A3 (Mata mesófila) localizado em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

Tabela 10. Atributos químicos de um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Horiz.<br>prof.(m)                                   | pH<br>KCl | P*<br>mg.Kg <sup>-1</sup> | MO<br>g.Kg <sup>-1</sup> | Na <sup>+</sup><br>.....mmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> ..... | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | (H+Al) | S    | CTC | V  |
|------------------------------------------------------|-----------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|--------|------|-----|----|
| Perfil A3 NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico         |           |                           |                          |                                                                  |                |                  |                  |                  |        |      |     |    |
| A1(0,0-0,1)                                          | 4         | 3                         | 20                       | <0,3                                                             | 0,4            | 8                | 4                | 4                | 32     | 12,7 | 45  | 28 |
| A2(0,11-0,45)                                        | 4,1       | 3                         | 22                       | 0,4                                                              | <0,3           | 6                | 3                | 8                | 43     | 9,5  | 52  | 18 |
| A3 (0,46-0,74)                                       | 4,1       | 2                         | 15                       | 0,4                                                              | <0,3           | 3                | 2                | 9                | 36     | 6,2  | 43  | 15 |
| A4(0,75-1,08)                                        | 4,1       | 2                         | 9                        | <0,3                                                             | <0,3           | <2               | 2                | 7                | 25     | 3,9  | 29  | 14 |
| A5 (1,09-1,57)                                       | 4,1       | 2                         | 4                        | <0,3                                                             | <0,3           | <2               | 1                | 6                | 18     | 2,8  | 21  | 14 |
| A6(1,58+)                                            | 4,1       | 2                         | <4                       | <0,3                                                             | <0,3           | 2                | <1               | 2                | 43     | 2,8  | 45  | 6  |
| Perfil A4 LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico |           |                           |                          |                                                                  |                |                  |                  |                  |        |      |     |    |
| A1(0,0-0,1)                                          | 4,7       | 5                         | 33                       | 0,5                                                              | 2,2            | 24               | 28               | <1               | 66     | 54,7 | 121 | 45 |
| A2(0,11-0,31)                                        | 4,1       | 2                         | 28                       | 0,4                                                              | 0,8            | 12               | 16               | 6                | 60     | 30,1 | 90  | 17 |
| AB(0,32-0,6)                                         | 4         | 2                         | 17                       | <0,3                                                             | <0,3           | 5                | 9                | 5                | 50     | 13,7 | 63  | 22 |
| BA(0,61-0,91)                                        | 3,9       | 2                         | 14                       | <0,3                                                             | <0,3           | <2               | 5                | 10               | 31     | 7,5  | 39  | 19 |
| BW(0,92-1,13)                                        | 3,9       | 2                         | 9                        | <0,3                                                             | <0,3           | <2               | 5                | 10               | 45     | 7,5  | 53  | 14 |
| BW/F(1,14 – 1,37)                                    | 3,8       | 2                         | 8                        | 0,4                                                              | <0,3           | <2               | 3                | 7                | 24     | 4,2  | 28  | 15 |
| F(1,38 +)                                            | 3,8       | <1                        | 12                       | 0,4                                                              | 0,3            | <2               | 4                | 10               | 47     | 5,8  | 53  | 11 |

\*fósforo (P), matéria orgânica do solo (MO), saturação por bases (V), soma por bases (S) e capacidade de troca catiônica CTC .

Tabela 11. Granulometria e a relação Ki e Kr de um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Horiz.<br>prof.(m)                                   | AG* | AF  | AT  | Silte | Argila | Textura | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MnO   | Ki   | Kr |
|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-------|--------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|----|
| Perfil A3 NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico         |     |     |     |       |        |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,1)                                          | 512 | 358 | 870 | 112   | 18     | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A2(0,11-0,45)                                        | 407 | 348 | 755 | 203   | 42     | FAA     | 8,8              | 6,86                           | 0,25                           | 0,58             | 0,005 | 2,18 | 2  |
| A3 (0,46-0,74)                                       | 296 | 474 | 770 | 208   | 22     | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A4(0,75-1,08)                                        | 409 | 382 | 791 | 188   | 21     | FAr     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A5 (1,09-1,57)                                       | 441 | 365 | 806 | 184   | 10     | FAr     | 5,5              | 6,41                           | 0,24                           | 0,52             | 0,005 | 1,46 | 1  |
| A6(1,58+)                                            | 527 | 331 | 858 | 120   | 22     | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A4 LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico |     |     |     |       |        |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,1)                                          | 187 | 502 | 689 | 219   | 92     | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A2(0,11-0,31)                                        | 162 | 439 | 601 | 282   | 117    | FAA     | 13,8             | 9,69                           | 0,39                           | 0,74             | 0,005 | 2,42 | 2  |
| AB(0,32-0,6)                                         | 134 | 475 | 609 | 313   | 78     | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BA(0,61-0,91)                                        | 145 | 474 | 619 | 305   | 76     | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BW(0,92-1,13)                                        | 147 | 488 | 635 | 295   | 70     | FAA     | 11,2             | 9,74                           | 0,4                            | 0,74             | 0,005 | 1,95 | 2  |
| BW/F(1,14 – 1,37)                                    | 146 | 493 | 639 | 250   | 111    | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| F(1,38 +)                                            | 145 | 493 | 638 | 293   | 69     | FAA     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |

\*areia grossa (AG), areia fina (AF), areia total (AT), franco-argilo-arenoso (FAA), franco-arenoso (FAr) e arenoso-franco (ArF).

O volume de macroporos maior que 1/3 da porosidade total nas camadas de 0,0-0,3 m e índices de estabilidade de agregados acima de 89% (Tabela 12). São bons indicadores de infiltração de água, na camada de 0,0 - 0,3 m desses solos

pois, durante o período chuvoso não foi observado acúmulo de água em superfície. A estruturação do Neossolo Flúvico no ambiente A3, possivelmente está associada ao efeito agregante da matéria orgânica, que está acima de 4% na camada de 0,0-0,1 m (Tabela 13). A estruturação e o possível fluxo desimpedido de água no solo do ambiente A3 restringe-se aos primeiros 0,3 m desse solo, pois a partir de 0,75 m foram observadas mosqueados avermelhados (Apêndice C) que sinalizam para drenagem impedida como naturalmente ocorre nos Neossolos Flúvicos. Esses solos são classicamente limitados no que diz respeito à infiltração de água, via de regra pelo predomínio de fração textural mais fina em profundidade (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005), que altera a distribuição de poros, limitando o fluxo de ar e água (SOUZA et al., 2008; ASSIS JR.; SILVA, 2012).

Os Neossolos Flúvicos são frequentemente encontrados em ambientes fluviais, mas podem se formar distantes de cursos de água. Quesada et al. (2010) e Aarrestad et al. (2011) consideram que para ocorrência destes solos longe de formações fluviais é necessário apenas a existência de relevo côncavo e/ou proximidade de leitos fluviais. Por isso, o relevo depressional e côncavo do ambiente A3 favorece o acúmulo de sedimentos, criando condições para evolução e formação do Neossolos Flúvicos Ditrófico típico (Figura 7).

As vertentes mais altas e adjacentes aos Neossolos Flúvicos do ambiente A3 são recobertas por cangas lateríticas, pois o material mais fino e leve é removido e transportado para as zonas depressionais do ambiente A3. Ficando nas vertentes resíduos grosseiros e de caráter pétrico, que constituem o LATOSSOLO AMARELO Ditrófico petroplântico do ambiente A4 da área de estudo (Figura 8). A ocorrência de LATOSSOLO AMARELO Ditrófico petroplântico nas cotas mais altas do relevo não é um padrão. Coelho e Vidal-Toorado (2003) consideram a distribuição destes solos em diferentes posições da paisagem, com variados padrões morfológicos e formas de ocorrência, refletindo a diversidade de processos pedogenéticos ocorrentes durante a evolução das paisagens atuais.

Tabela 12. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                    | Densidade<br>g.cm <sup>-3</sup> | ADA*<br>g.kg <sup>-1</sup> | GF<br>%   | PT<br>.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ..... | Mi<br>..... | Ma<br>..... | IEA<br>%  |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------|
| A3 (0,0 – 0,10 m)  |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,30</b>                     | <b>108</b>                 | <b>47</b> | <b>0,48</b>                                      | <b>0,24</b> | <b>0,24</b> | <b>95</b> |
| Mediana            | 1,28                            | 105                        | 47        | 0,49                                             | 0,24        | 0,23        | 95        |
| Máximo             | 1,47                            | 177                        | 62        | 0,54                                             | 0,31        | 0,32        | 99        |
| Mínimo             | 1,17                            | 48                         | 31        | 0,42                                             | 0,14        | 0,14        | 93        |
| CV (%)**           | 7                               | 36                         | 16        | 7                                                | 20          | 22          | 2         |
| A3 (0,1 – 0,2 m)   |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,48</b>                     | <b>144</b>                 | <b>35</b> | <b>0,43</b>                                      | <b>0,26</b> | <b>0,18</b> | <b>93</b> |
| Mediana            | 1,49                            | 147                        | 36        | 0,44                                             | 0,26        | 0,18        | 93        |
| Máximo             | 1,64                            | 214                        | 61        | 0,47                                             | 0,33        | 0,27        | 97        |
| Mínimo             | 1,35                            | 74                         | 19        | 0,38                                             | 0,19        | 0,14        | 88        |
| CV (%)             | 6                               | 39                         | 35        | 7                                                | 14          | 21          | 3         |
| A3 (20 – 30 cm)    |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,44</b>                     | <b>179</b>                 | <b>30</b> | <b>0,45</b>                                      | <b>0,26</b> | <b>0,20</b> | <b>89</b> |
| Mediana            | 1,46                            | 177                        | 31        | 0,44                                             | 0,25        | 0,18        | 89        |
| Máximo             | 1,65                            | 274                        | 46        | 0,54                                             | 0,34        | 0,35        | 96        |
| Mínimo             | 1,16                            | 52                         | 10        | 0,37                                             | 0,21        | 0,14        | 82        |
| CV (%)             | 8                               | 30                         | 33        | 10                                               | 15          | 29          | 0,1       |
| A4 (0,0 – 0,10 m)  |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,24</b>                     | <b>108</b>                 | <b>47</b> | <b>0,51</b>                                      | <b>0,31</b> | <b>0,20</b> | <b>93</b> |
| Mediana            | 1,25                            | 108                        | 48        | 0,51                                             | 0,31        | 0,20        | 93        |
| Máximo             | 1,44                            | 110                        | 65        | 0,57                                             | 0,38        | 0,29        | 95        |
| Mínimo             | 1,06                            | 107                        | 29        | 0,45                                             | 0,25        | 0,14        | 90        |
| CV (%)             | 9                               | 1                          | 21        | 7                                                | 9           | 21          | 1         |
| A4 (0,10 – 0,20 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,33</b>                     | <b>198</b>                 | <b>26</b> | <b>0,49</b>                                      | <b>0,31</b> | <b>0,18</b> | <b>92</b> |
| Mediana            | 1,33                            | 203                        | 30        | 0,50                                             | 0,31        | 0,17        | 93        |
| Máximo             | 1,55                            | 224                        | 39        | 0,56                                             | 0,35        | 0,24        | 94        |
| Mínimo             | 1,14                            | 165                        | 6         | 0,39                                             | 0,27        | 0,09        | 87        |
| CV (%)             | 9                               | 9                          | 39        | 9                                                | 8           | 22          | 2         |
| A4 (0,20 – 0,30 m) |                                 |                            |           |                                                  |             |             |           |
| <b>Média</b>       | <b>1,27</b>                     | <b>223</b>                 | <b>20</b> | <b>0,52</b>                                      | <b>0,32</b> | <b>0,20</b> | <b>91</b> |
| Mediana            | 1,28                            | 219                        | 19        | 0,52                                             | 0,32        | 0,19        | 92        |
| Máximo             | 1,55                            | 268                        | 37        | 0,60                                             | 0,38        | 0,31        | 96        |
| Mínimo             | 1,02                            | 182                        | 2         | 0,42                                             | 0,26        | 0,13        | 87        |
| CV (%)             | 11                              | 11                         | 52        | 10                                               | 10          | 28          | 3         |

\*argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), porosidade total (PT) e índice de estabilidade de agregados (IEA). \*\*coeficiente de variação, (CV).

Tabela 13. Estatística descritiva dos atributos químicos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | P*<br>mg.kg <sup>-1</sup> | MO<br>g.kg <sup>-1</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | K <sup>+</sup><br>.....mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | H+Al         | S            | CTC          | V         |
|------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|                  |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              | %         |
| A3 (0,0 – 0,1m)  |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| Média            | <b>8,1</b>                | <b>41</b>                | <b>4,66</b>             | <b>0,85</b>                                                | <b>23,7</b>      | <b>18,9</b>      | <b>58,1</b>  | <b>43,4</b>  | <b>101,6</b> | <b>41</b> |
| Mediana          | 8,0                       | 39                       | 4,65                    | 0,80                                                       | 23,0             | 17,5             | 58           | 43,4         | 98,1         | 39        |
| Máximo           | 14,0                      | 83                       | 5,20                    | 3,00                                                       | 54,0             | 44,0             | 98           | 99,0         | 157          | 63        |
| Minimo           | 5,0                       | 50                       | 4,00                    | 0,30                                                       | 7,0              | 4,0              | 28           | 12,8         | 61,4         | 17        |
| CV (%)**         | 28                        | 40                       | 7                       | 59                                                         | 48               | 52               | 28           | 48           | 28           | 31        |
| A3 (0,1 – 0,2 m) |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| Média            | <b>6,6</b>                | <b>32</b>                | <b>4,43</b>             | <b>0,62</b>                                                | <b>17,4</b>      | <b>13,7</b>      | <b>69,4</b>  | <b>31,70</b> | <b>101</b>   | <b>30</b> |
| Mediana          | 6,0                       | 28                       | 4,40                    | 0,55                                                       | 16               | 12               | 72           | 30,50        | 95           | 32        |
| Máximo           | 12,0                      | 56                       | 4,90                    | 1,70                                                       | 43               | 39               | 109          | 82,70        | 181          | 57        |
| Minimo           | 5,0                       | 18                       | 3,90                    | 0,30                                                       | 3                | 2                | 34           | 5,40         | 57           | 6         |
| CV (%)           | 27                        | 37                       | 7                       | 48                                                         | 60               | 71               | 32           | 64           | 32           | 44        |
| A3 (0,2 – 0,3 m) |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| Média            | <b>6,9</b>                | <b>12</b>                | <b>6,02</b>             | <b>0,5</b>                                                 | <b>10,8</b>      | <b>12,7</b>      | <b>12,6</b>  | <b>9</b>     | <b>17</b>    | <b>16</b> |
| Mediana          | 5,5                       | 28                       | 4,34                    | 0,5                                                        | 13,6             | 11,1             | 71,3         | 25           | 96           | 26        |
| Máximo           | 8,0                       | 61                       | 4,80                    | 1,1                                                        | 41               | 33               | 135          | 75           | 173          | 48        |
| Minimo           | 4,0                       | 17                       | 3,90                    | 0,3                                                        | 4                | 2                | 34           | 6            | 57           | 8         |
| CV (%)           | 23                        | 35                       | 5                       | 40                                                         | 64               | 65               | 33           | 62           | 32           | 40        |
| A4 (0,0 – 0,1 m) |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>7,3</b>                | <b>64</b>                | <b>4,92</b>             | <b>0,65</b>                                                | <b>34</b>        | <b>35,9</b>      | <b>68,5</b>  | <b>70,48</b> | <b>139</b>   | <b>51</b> |
| Mediana          | 7,0                       | 63                       | 4,90                    | 0,50                                                       | 34               | 31,5             | 64           | 69,55        | 137          | 51        |
| Máximo           | 13,0                      | 111                      | 5,50                    | 2,00                                                       | 66               | 76               | 109          | 114,80       | 179          | 71        |
| Minimo           | 4,0                       | 41                       | 4,30                    | 0,40                                                       | 12               | 17               | 38           | 31,50        | 80           | 22        |
| CV (%)           | 26                        | 21                       | 6                       | 53                                                         | 39               | 38               | 26           | 28           | 15           | 23        |
| A4 (0,1 – 0,2 m) |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>6</b>                  | <b>45</b>                | <b>4,57</b>             | <b>0,46</b>                                                | <b>24,4</b>      | <b>27,8</b>      | <b>92</b>    | <b>51,87</b> | <b>144</b>   | <b>36</b> |
| Mediana          | 6                         | 48                       | 4,60                    | 0,40                                                       | 23,5             | 28               | 88           | 52,60        | 139          | 36        |
| Máximo           | 9                         | 63                       | 5,00                    | 1,00                                                       | 44               | 51               | 121          | 78,30        | 178          | 59        |
| Minimo           | 4                         | 23                       | 4,00                    | 0,20                                                       | 9                | 8                | 52           | 17,20        | 110          | 14        |
| CV (%)           | 22                        | 22                       | 5                       | 43                                                         | 40               | 44               | 19           | 34           | 14           | 30        |
| A4 (0,2 – 0,3 m) |                           |                          |                         |                                                            |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>5,13</b>               | <b>42</b>                | <b>4,38</b>             | <b>0,41</b>                                                | <b>20</b>        | <b>24,3</b>      | <b>105,7</b> | <b>44,66</b> | <b>150</b>   | <b>29</b> |
| Mediana          | 3                         | 27                       | 3,9                     | 0,2                                                        | 2                | 8                | 72           | 10,2         | 115          | 7         |
| Máximo           | 5                         | 44                       | 4,35                    | 0,4                                                        | 48               | 19               | 109          | 38,9         | 148          | 27        |
| Minimo           | 7                         | 51                       | 4,8                     | 0,6                                                        | 2                | 50               | 150          | 86,4         | 180          | 55        |
| CV (%)           | 26                        | 15                       | 6                       | 25                                                         | 47               | 54               | 19           | 44           | 12           | 40        |

fósforo (P), matéria orgânica do solo (MO), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (S), saturação por bases (V). \*\*coeficiente de variação (CV).

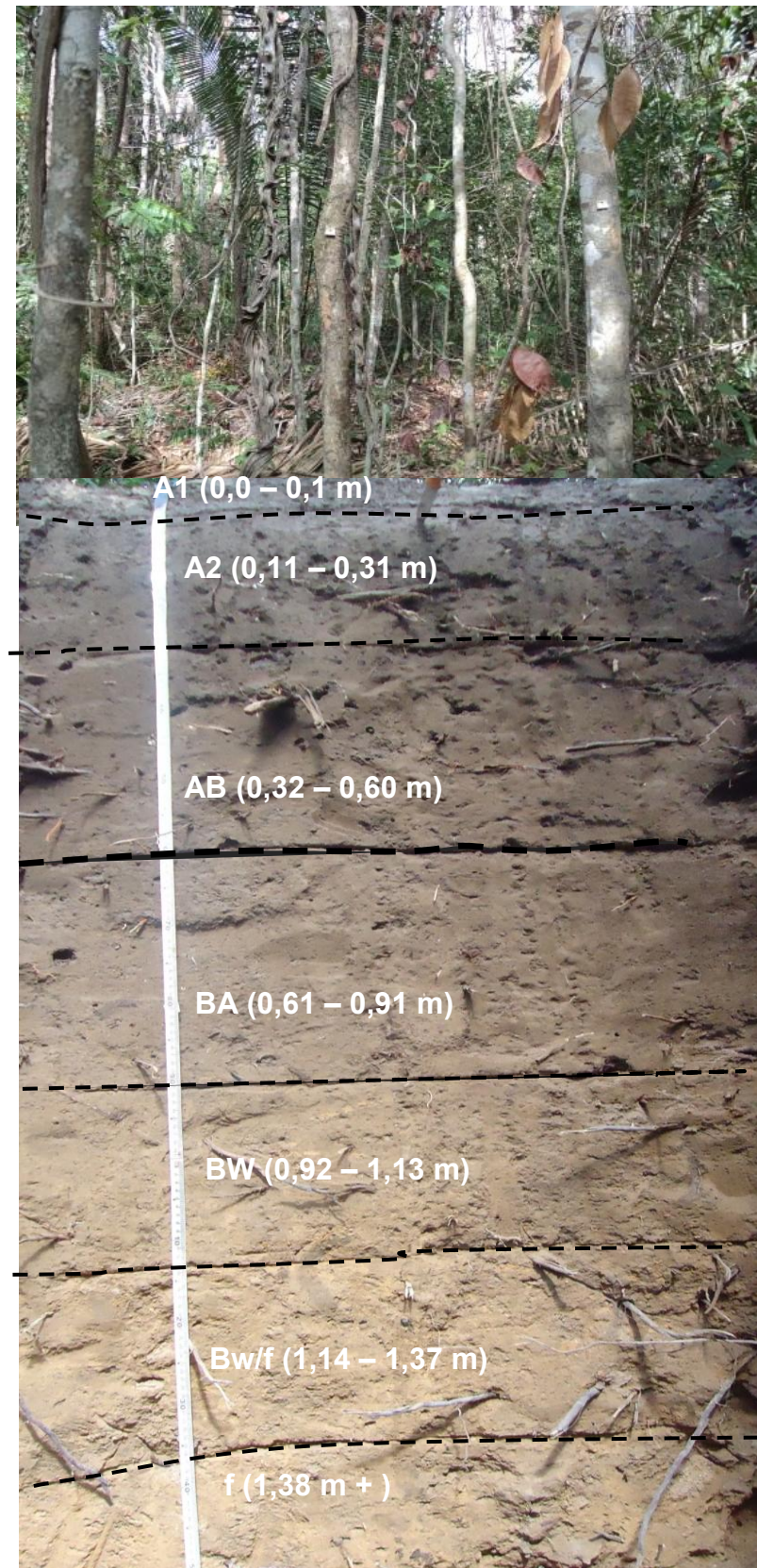


Figura 8. Perfil de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico do ambiente A4 (Mata mesófila) localizado em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

De acordo com Santos et al. (2013) os Latossolos Amarelos Distróficos petroplíntico são solos que apresentam caráter concrecionário e/ou litoplíntico, dentro de 200 cm da superfície do solo, ou com horizonte concrecionário e/ou litoplíntico em posição não diagnóstica para Plintossolo Pétrico. A presença de petroplintitas nas camadas superficiais e subsuperficiais do solo do ambiente A4 são coerentes com a descrição apresentada por Santos et al. (2013). A natureza petroplintica deste Latossolo é ferruginosa e concrecionária e, segundo Moreira e Oliveira (2008), é formada em condições de drenagem impedida e submetida a longos ciclos de umedecimento e secagem, envolvendo transporte e deposição de compostos à base de óxidos de ferro como goethita e hematita.

O Latossolo petroplíntico do ambiente A4 ocorre em cotas inferiores às dos Latossolos Amarelos com drenagem deficiente. Segundo GOMES et al. (2007), os Latossolos petroplínticos estão associados à deficiência de drenagem lateral dos platôs latossólicos que produz material petroplíntico nas bordas. Os limites dessa superfície são representados por bordas salientes, cujos solos apresentam grande quantidade de calhaus, cascalhos e matações de petroplintita entremeados de material latossólico (MOTTA et al., 2002), como ocorre no LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico do ambiente A4.

GARCIA et al. (2013) destacam a baixa fertilidade e a natureza ácida dos Latossolos Petroplínticos da Amazônia, mas ressaltam as qualidades físicas destes solos, nos horizontes superficiais, onde encontraram densidades entre 1,0 e 1,3 g.cm<sup>-3</sup>, porosidade total maior que 50% e percentuais de matéria orgânica próximo de 5%. Os referenciais físicos e químicos de Garcia et al. (2013) são equivalentes aos dados obtidos para o ambiente A4 na camada de 0,0 – 0,3 m (Tabelas 12 e 13) que apresentam, também, elevados índices de estabilidade de agregados.

A grande quantidade de areia (Tabela 14) e o grande volume de poros condutores de água são bons indicadores para o fluxo de água no Latossolo Amarelo petroplíntico do ambiente A4, diferindo de Oliveira et al. (2007) que destacam o caráter hidromórfico dos solos de caráter plíntico da região oeste do Estado do Piauí.

Tabela 14. Estatística descritiva da granulometria de amostras de solos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | AMG*                          | AG        | AM         | AF         | AMF        | AT         | Argila     | Silte      |
|------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  | .....g.kg <sup>-1</sup> ..... |           |            |            |            |            |            |            |
| A3 (0,0 – 0,1 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>11</b>                     | <b>53</b> | <b>273</b> | <b>262</b> | <b>104</b> | <b>703</b> | <b>207</b> | <b>90</b>  |
| Mediana          | 8                             | 53        | 249        | 254        | 109        | 716        | 205        | 78         |
| Máximo           | 31                            | 96        | 517        | 358        | 160        | 839        | 324        | 154        |
| Mínimo           | 0                             | 25        | 164        | 183        | 29         | 541        | 85         | 54         |
| CV (%)**         | 79                            | 41        | 34         | 20         | 26         | 13         | 32         | 31         |
| A3 (0,1 – 0,2 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>7</b>                      | <b>56</b> | <b>252</b> | <b>258</b> | <b>107</b> | <b>681</b> | <b>229</b> | <b>91</b>  |
| Mediana          | 6                             | 51        | 237        | 260        | 105        | 696        | 210        | 84         |
| Máximo           | 22                            | 116       | 395        | 344        | 152        | 809        | 351        | 131        |
| Mínimo           | 0                             | 4         | 158        | 177        | 44         | 518        | 134        | 49         |
| CV (%)           | 97                            | 51        | 27         | 20         | 23         | 13         | 28         | 27         |
| A3 (0,2 – 0,3 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>8</b>                      | <b>57</b> | <b>232</b> | <b>248</b> | <b>105</b> | <b>650</b> | <b>267</b> | <b>84</b>  |
| Mediana          | 6                             | 56        | 226        | 246        | 107        | 648        | 274        | 83         |
| Máximo           | 19                            | 115       | 330        | 333        | 142        | 775        | 392        | 123        |
| Mínimo           | 0                             | 21        | 145        | 165        | 57         | 485        | 171        | 48         |
| CV (%)           | 88                            | 51        | 26         | 20         | 20         | 13         | 24         | 28         |
| A4 (0,0 – 0,1 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>5</b>                      | <b>18</b> | <b>69</b>  | <b>132</b> | <b>448</b> | <b>673</b> | <b>219</b> | <b>108</b> |
| Mediana          | 4                             | 17        | 67         | 129        | 454        | 678        | 212        | 113        |
| Máximo           | 19                            | 31        | 94         | 169        | 499        | 760        | 320        | 145        |
| Mínimo           | 0                             | 6         | 50         | 103        | 391        | 566        | 156        | 76         |
| CV (%)           | 88                            | 34        | 19         | 14         | 8          | 8          | 21         | 16         |
| A4 (0,1 – 0,2 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>14</b>                     | <b>39</b> | <b>128</b> | <b>239</b> | <b>139</b> | <b>560</b> | <b>275</b> | <b>166</b> |
| Mediana          | 14                            | 33        | 122        | 240        | 142        | 564        | 288        | 163        |
| Máximo           | 24                            | 82        | 183        | 292        | 164        | 619        | 347        | 204        |
| Mínimo           | 7                             | 23        | 98         | 165        | 91         | 493        | 203        | 117        |
| CV (%)           | 31                            | 43        | 19         | 14         | 13         | 7          | 15         | 15         |
| A4 (0,2 – 0,3 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>15</b>                     | <b>36</b> | <b>122</b> | <b>230</b> | <b>136</b> | <b>539</b> | <b>287</b> | <b>174</b> |
| Mediana          | 15                            | 33        | 118        | 233        | 135        | 543        | 296        | 162        |
| Máximo           | 26                            | 71        | 165        | 287        | 161        | 606        | 365        | 319        |
| Mínimo           | 6                             | 21        | 91         | 157        | 94         | 474        | 191        | 122        |
| CV (%)           | 31                            | 33        | 20         | 14         | 11         | 8          | 18         | 23         |

\*areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), areia total (AT). \*\*coeficiente de variação (CV).

Os diferentes solos dos ambientes A3 e A4 são cobertos por vegetação que apresenta um padrão estrutural e florístico muito semelhante (Tabelas 15 e 16). No ambiente A3 a concavidade do relevo favorece o acúmulo de água que mantém a

cobertura vegetal Mesófila de maior área basal e com plantas mais altas. Assim como no ambiente A3, a cobertura vegetal do ambiente A4 é do tipo Mesófila, mas apresenta menores valores de área basal e as plantas são mais baixas (Tabela 16). A diferença na estrutura da vegetação do ambiente A4 pode ser atribuída ao relevo em aclave do ambiente A4, que não favorece o acúmulo de água no solo, durante o período de estiagem, tornando indisponíveis nutrientes indispensáveis para crescimento e desenvolvimento das plantas que cobrem esse solo.

Tabela 15. Espécies vegetais com dez maiores IVIs amostradas em um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico (A3 - Mata mesófila) e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico típico (A4 - Mata mesófila) em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Espécies                                          | De.Abs.* | Do.Abs. | IVI |
|---------------------------------------------------|----------|---------|-----|
| A3                                                |          |         |     |
| <i>Orbignya phalerata</i> Mart.                   | 200      | 9,66    | 117 |
| <i>Combretum mellifluum</i> Eichler               | 40,6     | 0,66    | 18  |
| <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Maso) Benth. & Hook. | 21,9     | 0,62    | 12  |
| <i>Mangifera</i> sp. L.                           | 10,9     | 0,55    | 12  |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul               | 10,9     | 0,54    | 10  |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze      | 14,1     | 0,1     | 10  |
| <i>Astrocaryum tucum</i> Mart.                    | 9,4      | 0,08    | 8   |
| <i>Eschweilera ovata</i> (Camb) Miers             | 9,4      | 0,13    | 7   |
| <i>Terminalia glabrescens</i> Mart.               | 4,7      | 0,29    | 7   |
| <i>Protium ovatum</i> Engl.                       | 9,4      | 0,27    | 7   |
| A4                                                |          |         |     |
| <i>Orbignya phalerata</i> Mart.                   | 150      | 8,52    | 99  |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul               | 81,3     | 0,66    | 28  |
| <i>Combretum mellifluum</i> Eichler               | 25       | 0,47    | 13  |
| <i>Protium ovatum</i> Engl.                       | 20,3     | 0,35    | 10  |
| <i>Pouteria</i> sp. Aubl.                         | 20,3     | 0,29    | 9   |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze      | 15,6     | 0,2     | 9   |
| Indet. 10                                         | 17,2     | 0,35    | 9   |
| Indeterminada SP20                                | 10,9     | 0,2     | 8   |
| Indet. 7                                          | 17,2     | 0,31    | 7   |
| <i>Syagrus oleracea</i> Becc.                     | 6,3      | 0,04    | 6   |

\*densidade absoluta (De.Abs), dominância absoluta (Do.Abs.) e índice de Valor de Importância, (IVI).

A vegetação dos ambientes A3 e A4 é do tipo Mesófila, com plantas de porte arbóreo (Tabela15), predominando espécies oportunistas como *Orbignya phalerata* e *Cecropia pachystachya*, plantas tipicamente encontradas em ambientes de composição secundária. O hábito predominantemente arbóreo da vegetação dos ambientes A3 e A4 gerou elevados valores de área basal e de massa seca de serapilheira (Tabela 16). Silva (2008) encontrou ambientes semelhantes a A3 e A4

ocupados por matas de galeria, capoeiras, palmeiras e pastagens. Isso mostra que os solos de ambientes naturais possuem potencial para desenvolvimento de diferentes comunidades vegetais, inclusive as formações florestais Mesófila típicas de ambientes mais úmidos, como são as formações observadas nos ambientes A3 e A4.

Tabela 16. Parâmetros fitossociológicos gerais e massa seca de serapilheira de planas sob um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico (A3 - Mata mesófila) e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico típico (A4 - Mata mesófila), em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Parâmetros gerais                   | A3    | A4    |
|-------------------------------------|-------|-------|
| Número total de espécies            | 43    | 41    |
| Número de indivíduos                | 267   | 307   |
| Área basal total (m <sup>2</sup> )  | 9,68  | 8,75  |
| Diâmetro médio (cm)                 | 19,31 | 16,66 |
| Altura média (m)                    | 9     | 11    |
| Serapilheira (kg.ha <sup>-1</sup> ) | 16644 | 14815 |
| Temperatura (°C)                    | 30    | 31    |
| Umidade (%)                         | 53    | 41    |
| Índice de Shannon-Wiener            | 2,35  | 2,72  |
| Equitabilidade                      | 0,63  | 0,73  |

A concavidade do ambiente A3 favorece o acúmulo de serapilheira, que lentamente disponibiliza matéria orgânica que estrutura o solo e retém nutrientes em um ambiente mineralógico de baixa atividade, conforme destacam Silva et al. (2007). A particularidade do relevo dos ambientes A3 e A4 formam fitofisionomias florestais, que destoam da paisagem savanóide dominante no Cerrado. Isto foi registrado em outras regiões do Brasil, como mostram os dados obtidos por Haridassan (2000) quando identificou matas de galerias que cobriam solos enriquecidos com matéria orgânica e com taxas de produção de serapilheira três vezes superior ao encontrado nas fisionomias xeromórficas do Cerrado. O mesmo padrão e as relações entre estoques de serapilheira e diferentes coberturas vegetais observadas por Haridassan (2000), podem ser visualizadas também, para os ambientes A1 e A3. No ambiente A1, a massa seca de serapilheira é cerca de 8 vezes menor do que no ambiente A3 (Tabela 16). Ressaltando que A1 e A3, correspondem, respectivamente, à campo limpo de Cerrado e mata Mesófila.

A fundamentação dos índices de diversidade faunística com base na complexidade estrutural da flora é uma tendência nos estudos ecológicos (BIHN;

GEBAUER; BRANDL, 2010; FAHR; KALKO, 2011; PACHECO; VASCONCELOS, 2012). Entretanto, os dados obtidos para comunidades de formigas dos ambientes A3 e A4 rejeitam essa premissa, na medida em que se observa uma incongruência entre os índices de diversidade florística e mirmecológica para esses dois ambientes (Tabelas 16 e 17), assim como ocorreu nos ambientes A1 e A2 (Tabelas 8 e 9). A predição da diversidade faunística em função dos índices de diversidade florística deve ser tomada com cuidado e deve buscar amparo em um maior número de trabalhos (JENKINS et al., 2011).

No ambiente A3, o índice de diversidade de espécies de formigas foi maior que no ambiente A4, (Tabela 17). Contudo, os dois ambientes apresentaram maior dominância das formigas das subfamílias Ponerinae (*D. gigantea*) e Myrmicinae (*S. brusei*, *O. neopolitus*, *C. limatae* e *P. casta*). A ampla distribuição da subfamília Myrmicinae é decorrente da alta adaptabilidade das formigas desta subfamília a ambientes antropizados e com grande oferta de recursos tróficos (SANT'ANA et al., 2008). Segundo Rodriguez; Barrios; Mercado (2011), solos cobertos por espessas camadas de serapilheira são apropriados para formigas generalistas e que mantêm hábito de forrageio massivo como ocorre com as espécies da subfamília Myrmicinae sobretudo, as formigas do gênero *Pheidole*. Crepaldi et al (2014) encontraram, também, correlações positivas e significativas para formigas da subfamília Myrmicinae amostradas em diferentes sistemas de manejo de Argissolo Vermelho.

As formigas da espécie *D. gigantea* ocorreram nos ambientes A3 e A4, mas foram mais abundantes no ambiente A4, onde registrou-se temperatura média de 32°C e umidade de 40%. Todavia, Vasconcellos, Santana e Souza (2004) e Lenhart, Dash e Mackay, (2013) destacam a ocorrência de formigas do gênero *Dinoponera* em ambientes áridos como Caatinga e formações xerófitas do Cerrado. Contudo, os autores observaram que os ninhos dessas formigas ocorriam associados à base de plantas típicas da região. Esse comportamento das formigas do gênero *Dinoponera* mostra a afinidade com ambientes que apresentam umidade e temperatura em uma faixa favorável para a maioria dos insetos, que segundo Rodrigues (2004) compreende os intervalos de 15 a 38 °C e de 40 a 80% de umidade relativa do ar.

Os dados obtidos nesse trabalho mostram que a temperatura e umidade são fatores que podem afetar a escolha de ambientes para nidificação pela espécie *D.*

*gigantea*. Essa espécie foi mais abundante nos ambientes A3, A4 e A6, que registraram temperaturas médias ao nível do solo, entre 29°C e 32°C e umidade entre 35 % e 53 % (Tabelas 16 e 24). Quando *D. gigantea* foi observada no ambiente A1, onde a temperatura média foi de 37,37°C (Tabela 9), manteve seus ninhos associados à base de árvores, sugerindo uma estratégia para reduzir os efeitos das temperaturas mais altas do ambiente A1, corroborando o observado por Vasconcellos, Santana e Souza (2004) e Lenhart, Dash e Mackay, (2013), que verificaram esse mesmo padrão de comportamento para formigas do gênero *Dinoponera* em ambientes áridos e xeromórficos.

Tabela 17. Espécies de formigas com ocorrência em um NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico (A3 - Mata mesófila) e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico típico (A4 - Mata mesófila), em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| <b>Espécies</b>                                   | <b>A3</b> | <b>A4</b> |
|---------------------------------------------------|-----------|-----------|
| <i>Dolichoderus superaculus</i> (Lattke 1987)     | 3         | -         |
| <i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)           | 2         | -         |
| <i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858             | -         | 2         |
| <i>Brachymyrmex minutus</i> Forel, 1893           | -         | 2         |
| <i>Brachymyrmex musculus</i> Forel, 1899          | 1         | -         |
| <i>Camponotus atricipes</i> Fr. Smith, 1858       | -         | 1         |
| <i>Crematogaster flavosensitiva</i> Longino, 2003 | 1         | -         |
| <i>Crematogaster limata</i> Smith, 1858           | -         | 6         |
| <i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003    | 7         | 10        |
| <i>Pheidole casta</i> Wheeler, 1908               | 4         | -         |
| <i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863               | 3         | 4         |
| <i>Pheidole gagates</i> Wilson, 2003              | 3         | 1         |
| <i>Pheidole gaigei</i> Forel, 1914                | 1         | -         |
| <i>Pheidole nubila</i> Emery, 1906                | 1         | -         |
| <i>Pheidole sagax</i> Wilson, 2003                | 2         | -         |
| <i>Pheidole verricula</i> Wilson, 2003            | -         | 1         |
| <i>Sericomyrmex amabilis</i> Wheeler, 1925        | -         | 1         |
| <i>Solenopsis brusei</i> Creighton, 1930          | 1         | -         |
| <i>Solenopsis globularia</i> (Fr Smith, 1858)     | 2         | -         |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)       | 3         | 2         |
| <i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833            | 15        | 20        |
| <i>Odontomachus bruneus</i> (Patton, 1894)        | 3         | 5         |
| <i>Pachycondila lenis</i> Kempf, 1961             | 1         | 1         |
| <i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)     | 3         | 5         |
| Índice de Shannon-Wiener                          | 2,57      | 2,15      |
| Equitabilidade                                    | 0,87      | 0,82      |

- espécie ausente

Durante as observações e monitoramento das formigas foi possível registrar nos ambientes A3 e A4, sobretudo em A3, uma grande atividade de aracnídeos, quilópodes e pequenos lagartos na interface serapilheira-solo. Estes animais são predadores e mantêm uma dieta à base de insetos, notadamente de formigas. A presença de um grande número de predadores na interface solo-serapilheira do ambiente A3, possivelmente alterou o hábito de nidificação da maioria das formigas nos solos de A3. As formigas que constroem ninhos nos solos dos ambientes A1 e A2, como as espécies do gênero *Camponotus*, foram observadas nidificando em troncos e pecíolos de palmeiras dos ambientes A3 e A4. A mudança do hábito nidificador das formigas do gênero *Camponotus*, possivelmente, seja uma resposta adaptativa de caráter comportamental, à intensa pressão de predação exercida, essencialmente, pela população de aracnídeos do complexo solo-serapilheira dos ambientes A3 e A4.

A espécie *D. superaculus* foi observada, somente, no solo do ambiente A3. As espécies desse gênero apresentam ampla distribuição no continente americano e, segundo Cuezco (2003) a maioria das espécies do gênero são encontradas forrageando no solo e constroem ninhos sobre troncos de árvores. A descrição desse autor refere-se ao gênero *Dolichoderus*, sem mencionar o Brasil. Troya (2012) e Vergara-Navarro e Serna (2013) citam a espécie *D. superaculus* para a Amazônia Equatoriana e Colombiana, respectivamente, e fazem referência à preferência de *D. superaculus* por ambientes mais úmidos como o ambiente A3 da área de estudo.

A ocorrência de *D. superaculus* nas formações mais úmidas da área de estudo pode expandir o mapa de distribuição desta espécie e mostra a importância dos mosaicos de matas úmidas na preservação de espécies do domínio amazônico. Além disso, a citação, até então, de *D. superaculus* no domínio amazônico da Colômbia e do Equador sugere o ineditismo desta espécie no Estado do Maranhão e no Brasil.

#### 4.4. Estrutura do complexo solo-plantas-formigas de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico

O matiz 7,5 YR (Apêndice E), a baixa saturação de bases e o gradiente textural, observados nos horizontes que descrevem o perfil do solo do ambiente (A5) (Tabelas 18 e 19) são concordantes com a descrição e caracterização dos Argissolos Acinzentado Distrófico arênico descritos em Santos et al. (2013), que acrescentam a baixa atividade das argilas nesses solos. A baixa saturação por bases é uma característica forte dos Argissolos Acinzentados, bem como a natureza intempérica, observada nos baixos índices de Ki e Kr, notadamente para os Argissolos que evoluíram na Formação Barreiras, como observaram Lima et al. (2005).

Tabela 18. Granulometria e a relação Ki e Kr de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Horiz.<br>prof.(cm)                                  | AG*                           | AF  | AT  | Argila | Silte | Textura | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MnO   | Ki   | Kr |
|------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|-----|--------|-------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|----|
|                                                      | .....g.Kg <sup>-1</sup> ..... |     |     |        |       |         | .....%.....      |                                |                                |                  |       | -    | -  |
| Perfil A5 – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-0,27)                                         | 230                           | 482 | 712 | 164    | 124   | FAr     | 6,5              | 4,22                           | 0,41                           | 0,45             | 0,008 | 2,62 | 2  |
| A2(0,28-0,46)                                        | 399                           | 476 | 875 | 94     | 31    | ArF     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| A3(0,47-0,65)                                        | 719                           | 208 | 927 | 62     | 11    | Ar      | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bt <sub>1</sub> (0,66-1,00)                          | 133                           | 480 | 613 | 136    | 251   | F       | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bt <sub>2</sub> (1,01-1,23)                          | 171                           | 414 | 585 | 227    | 188   | F       | 8,5              | 6,71                           | 0,63                           | 0,52             | 0,007 | 2,15 | 2  |
| Bt <sub>3</sub> 124 +                                | 62                            | 295 | 357 | 394    | 249   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Perfil A6 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico  |                               |     |     |        |       |         |                  |                                |                                |                  |       |      |    |
| A1(0,0-4,2)                                          | 117                           | 506 | 623 | 233    | 144   | FAA     | 9,6              | 7,6                            | 0,46                           | 0,75             | 0,008 | 2,15 | 2  |
| AB(0,43-0,73)                                        | 122                           | 321 | 443 | 425    | 132   | FL      | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| BA(0,74-1,10)                                        | 67                            | 301 | 368 | 490    | 142   | Arg     | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |
| Bf <sub>1</sub> (1,11-1,78)                          | 28                            | 311 | 339 | 506    | 155   | Arg     | 23,1             | 19,87                          | 0,65                           | 1,2              | 0,005 | 1,98 | 2  |
| Bf <sub>2</sub> (1,79 +)                             | 30                            | 480 | 510 | 376    | 114   | FArg    | -                | -                              | -                              | -                | -     | -    | -  |

\*franco-argilo-arenoso (FAA), Franco-argiloso (FArg), Franco-arenoso (FAr), franco (F), Franco limoso (FL) e Argiloso (Arg)

Os dados físicos e químicos obtidos para o Argissolo do ambiente A5 são semelhantes à caracterização feita por Aguiar et al. (2006) em solos da mesma ordem, no Estado do Ceará, diferindo apenas nas medidas de pH, que é naturalmente mais alcalino nos solos da região semiárida, como destacam (MOURA et al., 2007; GARCIA et al. 2012). O caráter ácido dos Argissolos em regiões úmidas é recorrente em ambientes que recebem grandes volumes de águas pluviais como

foi observado por Desjardins et al. (2003) em Argissolos Acinzentados da Amazônia equatorial.

Tabela 19. Atributos químicos de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Horizonte<br>prof.(m)                              | pHKCl | P*<br>mg.Kg <sup>-1</sup> | MO<br>g.kg <sup>-1</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup>                         | Al <sup>3+</sup> | (H+Al) | S    | CTC | V  |
|----------------------------------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------------------------|------------------|--------|------|-----|----|
|                                                    |       |                           |                          | .....           | .....          | .....            | .....mmol <sub>c</sub> .Kg <sup>-1</sup> | .....            | .....  |      |     | %  |
| Perfil A5 ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico |       |                           |                          |                 |                |                  |                                          |                  |        |      |     |    |
| A1 (0,0 -0,27)                                     | 4,1   | 1                         | 25                       | 0,6             | 1,2            | 15               | 9                                        | 2                | 36     | 26   | 62  | 41 |
| A2(0,28-0,46)                                      | 4,2   | 1                         | 16                       | 0,5             | 0,4            | 7                | 4                                        | <1               | 23     | 12   | 35  | 33 |
| A3(0,47-0,65)                                      | 4,2   | 2                         | 11                       | <0,3            | 0,3            | 3                | 3                                        | <1               | 18     | 7    | 25  | 28 |
| Bt1(0,66-1,00)                                     | 4     | 2                         | 10                       | 0,7             | 0,5            | 7                | 7                                        | 2                | 27     | 16   | 44  | 37 |
| Bt2(1,01-1,23)                                     | 3,9   | 1                         | 6                        | 0,8             | 0,6            | 10               | 11                                       | 4                | 26     | 22   | 48  | 47 |
| Bt3(1,24 +)                                        | 3,8   | 2                         | 25                       | 1,2             | 1              | 12               | 25                                       | 12               | 36     | 39   | 75  | 52 |
| Perfil A6 PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico  |       |                           |                          |                 |                |                  |                                          |                  |        |      |     |    |
| A1(0,0-0,42)                                       | 4,2   | 2                         | 25                       | <0,3            | 1,1            | 14               | 7                                        | 5                | 51     | 23   | 74  | 31 |
| Bf1(0,43-0,73)                                     | 3,9   | <1                        | 16                       | 0,4             | 0,4            | 6                | 8                                        | 6                | 55     | 16   | 71  | 23 |
| Bf2(0,74-1,10)                                     | 3,8   | <1                        | 11                       | 0,5             | 0,3            | 5                | 9                                        | 9                | 42     | 14,5 | 56  | 26 |
| Bf3(1,11-1,78)                                     | 3,8   | <1                        | 10                       | 0,7             | 0,5            | 4                | 8                                        | 6                | 33     | 12,8 | 45  | 28 |
| Bf4(1,79 +)                                        | 4     | <1                        | 6                        | 0,4             | 0,3            | 3                | 6                                        | 3                | 25     | 9,8  | 35  | 28 |

\*ósforo (P), matéria orgânica do solo (MO), saturação por bases (V), soma de bases (S) e capacidade de troca catiônica (CTC).

No ambiente A5, o Argissolo Acinzentado encontra-se em uma pedoforma côncava que recebe sedimentos das vertentes Plintossólicas do entorno. Contudo, os Argissolos Acinzentados, também, podem ser encontrados em relevos movimentados, passando da condição de receptores para fornecedores de sedimentos como constataram Cox, Dickman e Hunter (2003) nas escarpas orientais de New South Wales, Austrália e Dörner, Sandoval e Dec (2010) que registraram a ocorrência destes solos nos gradientes altitudinais chilenos. Todavia, no Brasil a ocorrência dessa classe de solo é muito comum em ambientes de sedimentação.

A ocorrência dos Argissolos Acinzentados em relevo depressional como os sotapés dos Latossolos e Plintossolos impõem a esses solos um regime dinâmico de recebimento e mobilização da fração textural mais fina. Essa atividade sedimentar com fracionamento dos componentes texturais afetam a arquitetura e a distribuição de poros nesses solos, maximizando a microporosidade como mostra a Tabela 20. O maior volume de microporos no Argissolo Acinzentado do ambiente A5,

possivelmente, está associado aos baixos teores de matéria orgânica necessária para cimentar e agregar os altos teores de silte e de argila, que formam o horizonte B textural e limita a drenagem desses solos (Tabelas 21 e 22).

Tabela 20. Estatística descritiva dos atributos físicos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e de um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico em um domínio de Cerrado Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | Densidade<br>g.cm <sup>-3</sup> | ADA*<br>g.kg <sup>-1</sup> | GF<br>%   | PT<br>.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ..... | Mi<br>.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ..... | Ma<br>.....m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ..... | IEA<br>%  |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------|
| A5 (0,0 – 0,1 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,63</b>                     | <b>81</b>                  | <b>34</b> | <b>0,38</b>                                      | <b>0,30</b>                                      | <b>0,08</b>                                      | <b>70</b> |
| Mediana          | 1,63                            | 78                         | 35        | 0,38                                             | 0,30                                             | 0,08                                             | 76        |
| Máximo           | 1,74                            | 122                        | 59        | 0,44                                             | 0,35                                             | 0,13                                             | 91        |
| Mínimo           | 1,46                            | 51                         | 2         | 0,34                                             | 0,26                                             | 0,04                                             | 40        |
| CV (%)**         | 4                               | 22                         | 43        | 7                                                | 7                                                | 32                                               | 26        |
| A5 (0,1 – 0,2 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,62</b>                     | <b>82</b>                  | <b>23</b> | <b>0,39</b>                                      | <b>0,31</b>                                      | <b>0,08</b>                                      | <b>62</b> |
| Mediana          | 1,62                            | 87                         | 27        | 0,39                                             | 0,31                                             | 0,08                                             | 56        |
| Máximo           | 1,72                            | 128                        | 35        | 0,42                                             | 0,34                                             | 0,15                                             | 89        |
| Mínimo           | 1,51                            | 35                         | 3         | 0,34                                             | 0,25                                             | 0,03                                             | 24        |
| CV (%)           | 4                               | 29                         | 41        | 6                                                | 10                                               | 43                                               | 32        |
| A5 (0,2 – 0,3 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,61</b>                     | <b>101</b>                 | <b>22</b> | <b>0,39</b>                                      | <b>0,30</b>                                      | <b>0,09</b>                                      | <b>56</b> |
| Mediana          | 1,63                            | 105                        | 19        | 0,40                                             | 0,31                                             | 0,09                                             | 53        |
| Máximo           | 1,70                            | 134                        | 44        | 0,44                                             | 0,41                                             | 0,17                                             | 94        |
| Mínimo           | 1,47                            | 62                         | 11        | 0,30                                             | 0,16                                             | 0,02                                             | 11        |
| CV (%)           | 4                               | 18                         | 33        | 9                                                | 18                                               | 55                                               | 49        |
| A6 (0,0 – 0,1 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>1,42</b>                     | <b>112</b>                 | <b>29</b> | <b>0,46</b>                                      | <b>0,26</b>                                      | <b>0,21</b>                                      | <b>88</b> |
| Mediana          | 1,40                            | 107                        | 31        | 0,46                                             | 0,26                                             | 0,21                                             | 92        |
| Máximo           | 1,58                            | 173                        | 46        | 0,52                                             | 0,32                                             | 0,27                                             | 97        |
| Mínimo           | 1,24                            | 71                         | 7         | 0,40                                             | 0,20                                             | 0,10                                             | 66        |
| CV (%)           | 7                               | 25                         | 38        | 7                                                | 16                                               | 22                                               | 11        |
| A6 (0,1 – 0,2 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>*</b>                        | <b>113</b>                 | <b>28</b> | <b>*</b>                                         | <b>*</b>                                         | <b>*</b>                                         | <b>81</b> |
| Mediana          | *                               | 115                        | 30        | *                                                | *                                                | *                                                | 90        |
| Máximo           | *                               | 157                        | 46        | *                                                | *                                                | *                                                | 95        |
| Mínimo           | *                               | 56                         | 12        | *                                                | *                                                | *                                                | 25        |
| CV (%)           | *                               | 22                         | 32        | *                                                | *                                                | *                                                | 28        |
| A6 (0,2 – 0,3 m) |                                 |                            |           |                                                  |                                                  |                                                  |           |
| <b>Média</b>     | <b>*</b>                        | <b>120</b>                 | <b>24</b> | <b>*</b>                                         | <b>*</b>                                         | <b>*</b>                                         | <b>84</b> |
| Mediana          | *                               | 119                        | 22        | *                                                | *                                                | *                                                | 87        |
| Máximo           | *                               | 161                        | 38        | *                                                | *                                                | *                                                | 96        |
| Mínimo           | *                               | 88                         | 8         | *                                                | *                                                | *                                                | 53        |
| CV (%)           | *                               | 17                         | 31        | *                                                | *                                                | *                                                | 13        |

\*argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), microporosidade, macroporosidade, porosidade total e índice de estabilidade de agregados (IEA), \*\*coeficiente de variação, CV.

Tabela 21. Estatística descritiva dos atributos químicos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e de um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | P*                  | MO                 | pH                | K <sup>+</sup>               | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | (H+Al)       | S            | CTC          | V         |
|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|                  | mg.kg <sup>-1</sup> | g.kg <sup>-1</sup> | CaCl <sub>2</sub> | .....mmol.c.dm <sup>-3</sup> |                  |                  |              |              |              | %         |
| A5 (0,0 – 0,1 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>3,8</b>          | <b>17</b>          | <b>4,3</b>        | <b>2,1</b>                   | <b>7,9</b>       | <b>9,1</b>       | <b>35</b>    | <b>19</b>    | <b>54</b>    | <b>35</b> |
| Mediana          | 3,5                 | 15                 | 4,3               | 1,7                          | 7,5              | 8,5              | 33           | 18           | 49           | 39        |
| Máximo           | 6                   | 30                 | 4,7               | 6,7                          | 18               | 20               | 58           | 40           | 84           | 53        |
| Minimo           | 3                   | 10                 | 3,7               | 0,9                          | 3                | 3                | 22           | 7            | 40           | 12        |
| CV (%)**         | 24                  | 33                 | 7                 | 63                           | 45               | 51               | 30           | 48           | 22           | 37        |
| A5 (0,1 – 0,2 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>3,2</b>          | <b>14</b>          | <b>4,3</b>        | <b>1,6</b>                   | <b>8,8</b>       | <b>8,3</b>       | <b>35</b>    | <b>19</b>    | <b>54</b>    | <b>34</b> |
| Mediana          | 3                   | 13                 | 4,2               | 1,6                          | 8                | 7,5              | 36           | 18           | 51           | 36        |
| Máximo           | 5                   | 27                 | 4,9               | 5,5                          | 22               | 21               | 64           | 45           | 87           | 54        |
| Minimo           | 2                   | 7                  | 3,7               | 0,5                          | 3                | 3                | 20           | 8            | 38           | 14        |
| CV (%)           | 24                  | 35                 | 9                 | 65                           | 47               | 65               | 26           | 52           | 21           | 39        |
| A5 (0,2 – 0,3 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>2,8</b>          | <b>12</b>          | <b>4,10</b>       | <b>1,14</b>                  | <b>5,9</b>       | <b>7,54</b>      | <b>36</b>    | <b>15</b>    | <b>51</b>    | <b>29</b> |
| Mediana          | 3                   | 10                 | 4,1               | 1                            | 6                | 5,5              | 34           | 12           | 50           | 26        |
| Máximo           | 4                   | 24                 | 4,6               | 2,7                          | 12               | 23               | 64           | 37           | 73           | 56        |
| Minimo           | 2                   | 6                  | 3,7               | 0,5                          | 2                | 2                | 20           | 7            | 31           | 12        |
| CV (%)           | 27                  | 36                 | 8                 | 50                           | 47               | 72               | 26           | 52           | 21           | 41        |
| A6 (0,0 – 0,1 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>7,1</b>          | <b>41</b>          | <b>4</b>          | <b>1,7</b>                   | <b>11</b>        | <b>13</b>        | <b>51</b>    | <b>26</b>    | <b>77</b>    | <b>35</b> |
| Mediana          | 6,5                 | 36                 | 4,5               | 1,4                          | 11               | 10               | 50           | 22           | 76           | 39        |
| Máximo           | 13                  | 68                 | 5,3               | 5,8                          | 20               | 31               | 121          | 49           | 127          | 69        |
| Minimo           | 3                   | 24                 | 3,6               | 0,7                          | 2                | 3                | 18           | 6            | 44           | 5         |
| CV (%)           | 37,9                | 32,3               | 8,2               | 65                           | 53               | 61               | 48           | 50           | 30           | 45        |
| A6 (0,1 – 0,2 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>6,5</b>          | <b>38</b>          | <b>4</b>          | <b>1,51</b>                  | <b>10,42</b>     | <b>10,46</b>     | <b>50,25</b> | <b>22,38</b> | <b>70,47</b> | <b>41</b> |
| Mediana          | 6                   | 38                 | 4,5               | 1,5                          | 10               | 9,5              | 47           | 22,5         | 72,9         | 34        |
| Máximo           | 11                  | 61                 | 4,8               | 3,7                          | 21               | 20               | 98           | 38,6         | 105          | 21        |
| Minimo           | 4                   | 19                 | 3,7               | 0,3                          | 2                | 4                | 22           | 7,1          | 25,2         | 7         |
| CV (%)           | 32                  | 33                 | 7                 | 48                           | 50               | 45               | 39           | 39           | 30           | 94        |
| A6 (0,2 – 0,3 m) |                     |                    |                   |                              |                  |                  |              |              |              |           |
| <b>Média</b>     | <b>5,7</b>          | <b>35</b>          | <b>4,4</b>        | <b>1,40</b>                  | <b>8,8</b>       | <b>9,3</b>       | <b>47</b>    | <b>20</b>    | <b>66</b>    | <b>29</b> |
| Mediana          | 5,5                 | 36                 | 4,5               | 1,4                          | 7,5              | 8                | 45           | 18,          | 69           | 30        |
| Máximo           | 11                  | 56                 | 4,8               | 2,4                          | 21               | 21               | 80           | 41           | 99           | 49        |
| Minimo           | 3                   | 17                 | 4                 | 0,8                          | 3                | 4                | 25           | 8            | 36           | 16        |
| CV (%)           | 35                  | 32                 | 5                 | 28                           | 56               | 50               | 35           | 44           | 31           | 29        |

\*fósforo (P), matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (S), saturação por bases (V). \*\* coeficiente de variação (CV)

Tabela 22. Estatística descritiva da granulometria de amostras de solos das camadas de 0,0 – 0,1 m, 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e de um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

|                  | AMG*                          | AG        | AM         | AF         | AMF        | AT         | Argila     | Silte      |
|------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  | .....g.kg <sup>-1</sup> ..... |           |            |            |            |            |            |            |
| A5 (0,0 – 0,1 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>19</b>                     | <b>24</b> | <b>62</b>  | <b>189</b> | <b>290</b> | <b>585</b> | <b>125</b> | <b>290</b> |
| Mediana          | 4                             | 14        | 66         | 190        | 300        | 602        | 128        | 250        |
| Máximo           | 61                            | 61        | 110        | 356        | 398        | 838        | 175        | 648        |
| Mínimo           | 0                             | 6         | 22         | 48         | 130        | 219        | 72         | 91         |
| CV (%)**         | 125                           | 69        | 46         | 49         | 22         | 30         | 21         | 59         |
| A5 (0,1 – 0,2 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>8</b>                      | <b>19</b> | <b>62</b>  | <b>187</b> | <b>318</b> | <b>594</b> | <b>107</b> | <b>299</b> |
| Mediana          | 5                             | 14        | 51         | 165        | 331        | 603        | 105        | 288        |
| Máximo           | 38                            | 62        | 131        | 385        | 423        | 850        | 183        | 688        |
| Mínimo           | 0                             | 6         | 19         | 39         | 58         | 129        | 48         | 103        |
| CV (%)           | 122                           | 71        | 56         | 51         | 24         | 32         | 28         | 55         |
| A5 (0,2 – 0,3 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>6</b>                      | <b>15</b> | <b>58</b>  | <b>177</b> | <b>318</b> | <b>573</b> | <b>131</b> | <b>296</b> |
| Mediana          | 2                             | 10        | 45         | 165        | 329        | 601        | 132        | 275        |
| Máximo           | 52                            | 87        | 167        | 347        | 453        | 818        | 205        | 633        |
| Mínimo           | 0,00                          | 0,00      | 18         | 37         | 102        | 162        | 79         | 102        |
| CV (%)           | 193                           | 117       | 67         | 51         | 27         | 33         | 23         | 55         |
| A6 (0,0 – 0,1 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>42</b>                     | <b>54</b> | <b>139</b> | <b>228</b> | <b>236</b> | <b>698</b> | <b>160</b> | <b>141</b> |
| Mediana          | 42                            | 48        | 119        | 233        | 245        | 673        | 174        | 145        |
| Máximo           | 85                            | 97        | 280        | 331        | 374        | 830        | 231        | 285        |
| Mínimo           | 20                            | 33        | 64         | 122        | 116        | 514        | 90         | 73         |
| CV (%)           | 42                            | 36        | 49         | 31         | 30         | 12         | 26         | 35         |
| A6 (0,1 – 0,2 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>40</b>                     | <b>53</b> | <b>136</b> | <b>226</b> | <b>238</b> | <b>693</b> | <b>159</b> | <b>148</b> |
| Mediana          | 44                            | 51        | 117        | 205        | 244        | 684        | 169        | 150        |
| Máximo           | 87                            | 82        | 288        | 328        | 385        | 815        | 209        | 227        |
| Mínimo           | 12                            | 33        | 67         | 120        | 114        | 585        | 101        | 74         |
| CV (%)           | 46                            | 26        | 47         | 30         | 29         | 10         | 20         | 26         |
| A6 (0,2 – 0,3 m) |                               |           |            |            |            |            |            |            |
| <b>Média</b>     | <b>41</b>                     | <b>56</b> | <b>137</b> | <b>223</b> | <b>236</b> | <b>693</b> | <b>160</b> | <b>147</b> |
| Mediana          | 42                            | 52        | 120        | 227        | 240        | 690        | 159        | 148        |
| Máximo           | 100                           | 83        | 283        | 322        | 457        | 820        | 206        | 233        |
| Mínimo           | 2                             | 34        | 65         | 115        | 110        | 566        | 106        | 74         |
| CV (%)           | 46                            | 26        | 46         | 29         | 31         | 9          | 18         | 26         |

\*areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), areia total (AT). \*\*coeficiente de variação (CV).

O ARGISSOLO Acinzentado do ambiente A5 revela também, características das áreas de entorno à medida que acumulam sedimentos, notadamente, óxidos ferruginosos, que se acumulam nos horizontes B do Argissolo Acinzentado (Figura 9). Os Plintossolos Pétricos situados nas vertentes que cercam o Argissolo Acinzentado do ambiente A5 são repositórios dos óxidos de ferro que se acumulam no ambiente A5.

Os Plintossolos Pétricos Litoplíntico êndicos se caracterizam pela intensa petroplintização nos horizontes superficiais como mostra a Figura 10. Na camada de 0,0 – 0,3 m foi possível quantificar um volume de 30% de plintitas de diâmetro aproximado de 3 cm. Segundo dados de Santos et al. (2013) é natural este avolumamento de petroplintita nos primeiros 40 cm do perfil.

Os Plintossolos Pétricos admitem moderada eutrofia, com saturação por bases próxima e/ou superando 50% (Tabela 21). Assim como citam Moreira e Oliveira (2008) quando encontraram, em Plintossolos Pétricos sob pastagens com saturação por bases superior a 50 % e associaram esse eutrofismo tanto à herança do material de origem quanto à contribuição da biociclagem nos horizontes superficiais.

O Plintossolo do ambiente A6 apresenta atributos físicos relevantes para o estabelecimento de comunidades animais de hábito residente no solo. Destacando-se a textura média e a distribuição equitativa de poros nos primeiros 10 cm (Tabelas 20 e 22). A distribuição equivalente de macro e microporos somado a fase cascalhenta dos primeiros horizontes facilita a drenagem de água nessa camada do solo e gera um ambiente hidromórfico em profundidade, acumulando água para utilização de plantas e insetos que constroem galerias ou utilizam as cavidades formadas entre as petroplintitas. Plintossolos Pétricos com teores equivalentes de areia, silte e argila e de volume de poros ao observado no ambiente A6, também, foram registrados por Gomes et al. (2007) em mata nativa do Cerrado Goiano.



Figura 9. Perfil de um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico do ambiente A5 (Babaçual) em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

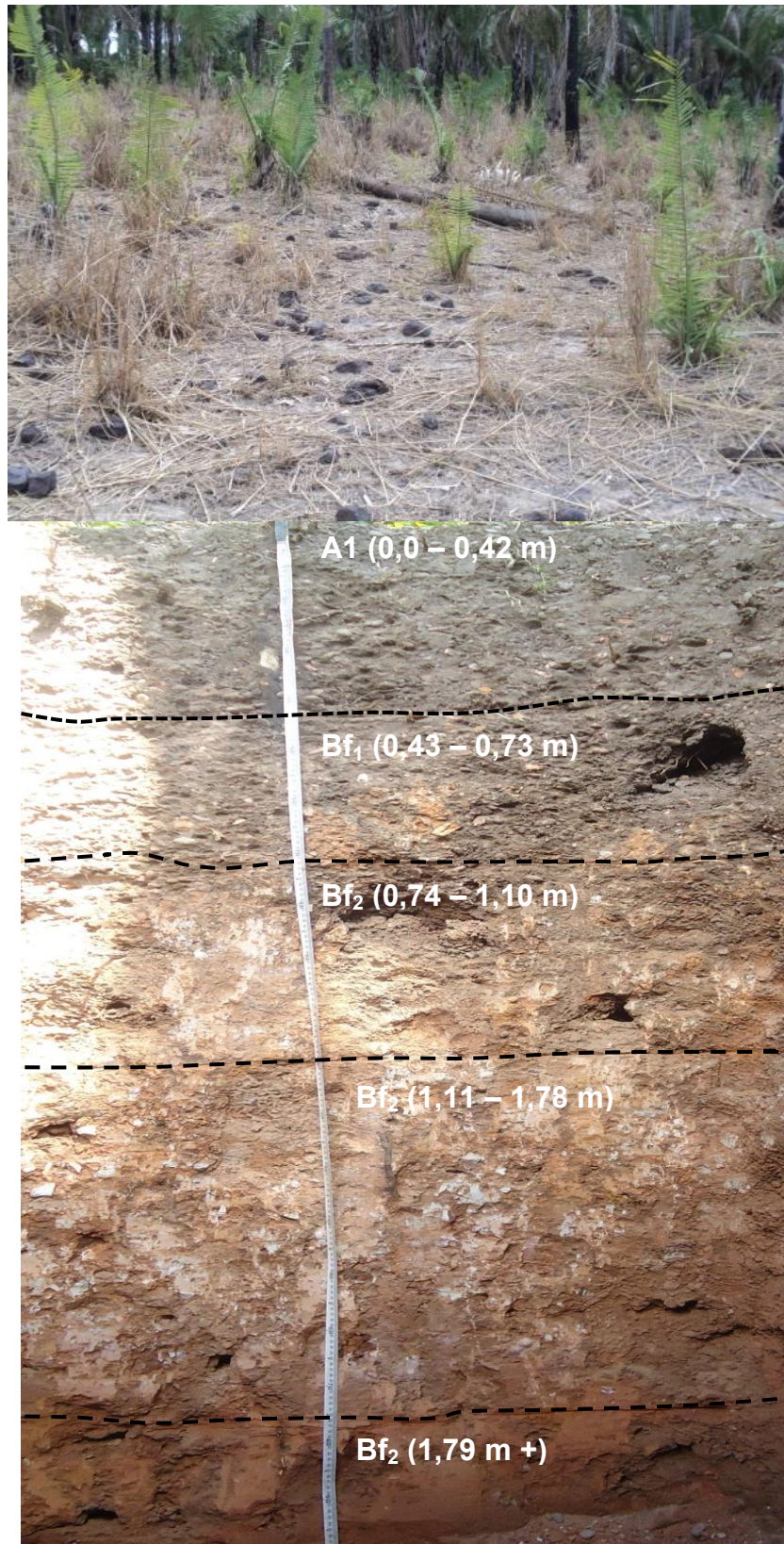


Figura 10. Perfil de um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico do ambiente (A6 - Mata mesófila), em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

No Maranhão, os Plintossolos da formação Itapecuru apresentam drenagem impedida sendo utilizados, frequentemente para pastagens (ALCÂNTARA, 2004). As gramíneas se adaptam às limitações desses solos e podem minimizar as restrições físicas dos Plintossolos Pétricos. Mota et al. (2006) verificaram o efeito das gramíneas na redução da densidade e elevação dos percentuais de poros em Plintossolos Pétricos. Mota et al. (2006) atribuíram os resultados obtidos à forte penetrância do sistema radicular das gramíneas, elevando os teores de matéria orgânica no solo e homogeneizando a arquitetura de poros

No ambiente A5 foram observadas somente três espécies vegetais, uma Leguminosae *Mimosa caesalpinifolia* e duas palmeiras da família Arecaceae *Orbignya phalerata* e *Astrocaryum tucum*, com destaque para *O. phalerata* que dominou plenamente o ambiente A5 (Tabela 23). *O. phalerata* é conhecida localmente, como babaçu e é típica das regiões norte e nordeste do Brasil e encontrada com maior abundância no Estado Maranhão, sendo pioneiras na ocupação de áreas degradadas (SILVA et al., 2012).

Tabela 23. Espécies vegetais com dez maiores IVIs amostradas em sob um Acinzentado Distrófico arênico (A5 - Babaçual) e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico (A6 - Mata mesófila) em um domínio de Cerrado á Nordeste do Estado do Maranhão

| Espécies                                     | De.Abs.* | Do.Abs. | IVI    |
|----------------------------------------------|----------|---------|--------|
| A5                                           |          |         |        |
| <i>Orbignya phalerata</i>                    | 318,8    | 22,64   | 246,9  |
| <i>Astrocaryum tucum</i>                     | 6,3      | 0,04    | 27,09  |
| <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth          | 3,1      | 0,01    | 26,02  |
| A6                                           |          |         |        |
| <i>Orbignya phalerata</i>                    | 186,5    | 10,57   | 143,97 |
| <i>Cordia</i> sp.                            | 22,9     | 0,1     | 11,41  |
| <i>Combretum mellifluum</i> Eichlercf        | 11,5     | 0,07    | 8,19   |
| <i>Senna</i> sp.                             | 13,5     | 0,1     | 7,79   |
| <i>Peltogyne confertiflora</i> (Hayne) Benth | 8,3      | 0,08    | 6,3    |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze | 7,3      | 0,1     | 6,17   |
| <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel        | 7,3      | 0,04    | 5,68   |
| <i>Indeterminada</i> SP24                    | 5,2      | 0,03    | 5,07   |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul          | 4,2      | 0,04    | 4,88   |
| <i>Indeterminada</i> SP30                    | 8,3      | 0,02    | 4,65   |

\*densidade absoluta (De.Abs), dominância absoluta (Do.Abs.) e índice de Valor de Importância, (IVI).

A predominância de *O. phalerata* no ambiente A5 geraram altos valores de área basal, mas sem manter correspondência direta com a produção de massa seca de serapilheira (Tabela 24). As palmeiras concentram biomassa no estrato aéreo, predominantemente em órgãos vegetativos como troncos e folhas de anatomia lignificada, que intensifica a perenifolia e reduz a capacidade de produção de serapilheira. As folhas de palmeiras, além da perenifolia, não oferecem condições de sombreamento como ocorre nos bosques de Magnoliopsidas. As folhas das palmeiras são compostas e folioladas, permitindo maior penetração de luz no sub-bosque, elevando a temperatura e reduzindo a umidade ao nível do solo. Isso pode ser observado na comparação dos valores de massa seca de serapilheira, da temperatura e umidade observadas entre os ambientes A5 e A6, nesse último a vegetação é de mata Mesófila e o domínio de *O. phalerata* é menor (Tabela 23).

Tabela 24. Parâmetros fitossociológicos gerais e massa seca de serapilheira de plantas sob um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico (A5 - Babaçual) e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico (A6 - Mata mesófila) em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão

| Parâmetros gerais                   | A5      | A6      |
|-------------------------------------|---------|---------|
| Número total de espécies            | 3       | 53      |
| Número de indivíduos                | 105     | 368     |
| Área basal total (m <sup>2</sup> )  | 7,263   | 11,479  |
| Diâmetro médio (cm)                 | 22,69   | 16,452  |
| Altura média (m)                    | 7,5     | 8,9     |
| Serapilheira (kg/ha <sup>-1</sup> ) | 2033,16 | 5177,22 |
| Temperatura (°C)                    | 36,78   | 30,90   |
| Umidade (%)                         | 32,07   | 35,58   |
| Índice de Shannon-Wiener            | 0,148   | 2,524   |
| Equitabilidade                      | 0,135   | 0,8955  |

A abundância de *O. phalerata* no ambiente A5 pode está associada a superficialidade do lençol freático, que mantém o solo saturado e com baixos níveis de oxigênio. As condições de anoxia favorecem as plantas que desenvolveram adaptações fisiológicas para ocupação de ambientes pobres em oxigênio como ocorreu com a maioria das monocotiledôneas, capacitando-as para ocupar solos anóxicos e hidromórficos (ALBIERO; MACIEL; GAMERO, 2011). A plasticidade adaptativa das palmeiras *O. phalerata* permitem uma ampla distribuição dessas plantas na maioria dos solos estudados como nos Plintossolos Pétricos nas cotas mais elevadas do ambiente A6.

Os primeiros 50 cm do solo que cobrem o ambiente A6 são essencialmente constituídos por petroplintitas entremeadas a uma fase cascalhenta composta por seixos arredondados que preenchem cerca de 30% do volume do solo (Apêndice E e Figura 10). Este material grosseiro eleva a permeabilidade do solo, aerando as camadas superficiais e acumulando água nos horizontes subsuperficiais. A disposição e natureza das camadas do solo do ambiente A6 geram condições para formação de uma vegetação mais heterogênea do que observado no ambiente A5, como mostram os índices de diversidade para os ambientes A5 e A6 (Tabela 24). Embora a comunidade do ambiente A6 seja mais diversa, ainda assim é dominada por palmeiras da espécie *O. phalerata* e por plantas comuns ao ambiente de Cerrado como *Sclerolobium paniculatum* (Tabela 23).

A cobertura vegetal do ambiente A6 é tipicamente arbórea com plantas que atingem altura média de 9 metros e elevado valores de área basal (Tabela 24), indicando o potencial de sombreamento e de maior produção de massa seca de serapilheira pela vegetação que cobre o ambiente A6. A estrutura arbórea da vegetação do ambiente A6 resultou em menores temperaturas e maiores percentuais de umidade ao nível do solo, bem como elevou os valores de massa seca de serapilheira. Em ambientes como A6, cuja cobertura vegetal é arbórea e diversificada, a massa seca de serapilheira passa ser um bom estimador de biomassa aérea. Pietro-Sousa et al (2012) considera que a relação entre massa seca serapilheira e biomassa aérea em ambientes como A6 estabeleçam uma correlação tão forte, que as medidas de diversidade e serapilheira podem ser utilizadas na predição uma da outra.

A ocorrência de espécies vegetais típicas do Cerrado como *Sclerolobium paniculatum*, *Byrsonima crassifolia*, *Qualea parviflora* dentre outras (HARIDASAN, 2000 e MARIMOM JR.; HARIDASAN, 2005) mostra que o ambiente A6 é um relicto de Cerrado degradado. Isto sugere que o solo do ambiente A6 foi primariamente ocupado por vegetação de Cerrado, sobretudo por plantas adaptadas a solos com grande concentração de concreções lateríticas, como o PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico êndico do ambiente A6. De modo semelhante as comunidades de animais residentes nos solos, desenvolveram estratégias para forragear e nidificar nas camadas do Plintossolo Pétrico.

No ambiente A5 foram encontradas formigas das sete subfamílias, sendo *C. cf.acuta*, *P. boopsis*, *G. ammophila* e *D. bicolor* as espécies mais abundantes. *Gnamptogenys ammophila* e *D. bicolor* ocorrem exclusivamente no ambiente A5. *Crematogaster cf.acuta* foi a espécie da subfamília Myrmicinae com maior abundância no ambiente A5, seguida de *P. casta* e *S. brusei*. Isso mostra que essas espécies de Myrmicinae são tolerantes às solos hidromórficos, siltosos e coberto por vegetação secundária. A ocorrência de *C. cf.acuta* em ambientes secundários e/ou em regeneração, também, foi observada por Calle et al. (2013) quando estudaram essas formigas em dois tipos de cobertura vegetal da Colômbia.

Dentre os Formicinae, apenas *C. substitutus* foi encontrada exclusivamente no solo do ambiente A5, enquanto que a espécie *C. comatulus* foi observada nidificando em troncos e pecíolos da palmeira babaçu. A compartimentalização ou rearranjo de locais de nidificação pelas espécies do gênero *Camponotus*, pressupõe uma estratégia dessas espécies para evitar os solos saturados do ambiente A5, que fica cerca de oito meses saturado por água. Essa condição hidromórfica e a instabilidade estrutural do Argissolo Acinzentado do ambiente A5 pode ser apontado como fator que impede a ocorrência *Dinoponera gigantea* em solo com características do ambiente A5, pois, esse foi o único ambiente que a espécie *D. gigantea* não foi observada.

No ambiente A6 foi registrado maior índice de diversidade de formigas em relação a A5 (Tabela 25). Quando comparados os índices de diversidade de planta e formigas de A5 e A6 verificou-se maiores índices de diversidade para comunidade de plantas e formigas no ambiente A6. A homogeneidade de cobertura vegetal reduziu significativamente o índice de diversidade vegetal do ambiente A5, mas manteve a diversidade de formigas com valores próximos ao encontrado em ambientes com maior diversidade de cobertura vegetal como A2. Esses resultados, mais uma vez, mostram o risco do uso generalizado de índices de diversidade florística e faunística na predição dos níveis de complexidade de comunidades, conforme sugerem Jenkins et al. (2011).

Tabela 25. Espécies de formigas com ocorrência em um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico e um PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplântico êndico em um domínio à Cerrado Nordeste do Estado do Maranhão

| Espécie                                          | A5     | A6     |
|--------------------------------------------------|--------|--------|
| <i>Alomerus decemarticulatus</i> Mayr, 1877      | -      | 2      |
| <i>Brachymyrmex minutus</i> Forel, 1893          | 2      | 4      |
| <i>Camponotus Cf substitutus</i> Emery, 1894     | 1      | -      |
| <i>Camponotus comatulus</i> Mackay, 2010         | -      | 5      |
| <i>Crematogaster conf. acuta</i> Fabricius, 1804 | 17     | 1      |
| <i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)       | -      | 3      |
| <i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833           | -      | 15     |
| <i>Dorymyrmexs bicolor</i> (Wheeler, 1906)       | 4      | 1      |
| <i>Gnamptogenys ammophila</i> Lattke, 1990       | 4      | -      |
| <i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)          | -      | 2      |
| <i>Leptogenys punctaticeps</i> Emery, 1890       | 1      | -      |
| <i>Myrmelachista flavocotea</i> Longino, 2006    | -      | 2      |
| <i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003   | -      | 4      |
| <i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892            | 1      | 3      |
| <i>Paratrechina</i> JL10                         | -      | 1      |
| <i>Nylanderia steinheli</i> Lattke, 2005         | -      | 1      |
| <i>Pheidole campstotela</i> Kempf 1972           | -      | 1      |
| <i>Pheidole casta</i> Wheeler, 1908              | 6      | 9      |
| <i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863              | -      | 3      |
| <i>Pheidole fowleri</i> Wilson, 2003             | -      | 3      |
| <i>Pheidole gagates</i> Wilson, 2003             | -      | 2      |
| <i>Pheidole gaigei</i> Forel, 1914               | 1      | 3      |
| <i>Pheidole nubila</i> Emery, 1906               | -      | 9      |
| <i>Pheidole pedana</i> Wilson, 2003              | -      | 1      |
| <i>Pheidole pullula</i> Santschi, 1911           | 3      | -      |
| <i>Pheidole rochai</i> Forel, 1912               | -      | 5      |
| <i>Pheidole sagax</i> Wilson, 2003               | -      | 1      |
| <i>Pseudomyrmex boopsis</i> (Roger, 1863)        | 4      | 2      |
| <i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)    | -      | 2      |
| <i>Solenopsis brusei</i> Creighton, 1930         | 6      | -      |
| <i>Solenopsis globularia</i> (Fr Smith, 1858)    | 1      | -      |
| <i>Solenopsis nigella</i> Emery, 1888            | -      | 1      |
| <i>Solenopsis substituta</i> Santschi, 1925      | 1      | -      |
| Índice de Shanon-Wiener                          | 0,9561 | 1,2671 |
| Equitabilidade                                   | 0,8342 | 0,8955 |

- espécie ausente

*Pseudomyrmex boopsis* foi observada no ambiente A6, mas somente nas parcelas cobertas por palmeiras, que apresentaram menores valores de massa seca de serapilheira e que recebem maior insolação. À medida que a vegetação do ambiente A6 assumiu aspecto arbóreo e sombreado não foi registrada ocorrência para *P. boopsis*. Contudo, fez-se o registro de *P. termitarius* nas parcelas com maior sombreamento e menores temperaturas e maior umidade. As características da cobertura vegetal, fatores de clima e massa seca de serapilheira de parte do

ambiente A6, onde foi observada *P. termitarius*, são muito semelhantes aos ambientes A3 e A4, onde *P. termitarius*, também, foram observadas.

A restrição e preferência por ambientes ensolarados por *P. boopsis* e sombreados por *P. termitarius*, sugere novos registros comportamentais para estas duas espécies. Contudo, é necessário aprofundar os estudos e analisar o efeito de outros fatores que possam estar associado à seleção de ambientes por *P. boopsis* e *P. termitarius*.

O registro do hábito de construir ninhos em solos por formigas do gênero *Pseudomyrmex* é bastante recente. Essas formigas constroem seus ninhos dentro de troncos e galhos de plantas e em pequenas proporções são encontradas no solo conforme observaram Dejean et al (2014).

As formigas da subfamília Myrmicinae apresentaram maior riqueza e abundância no ambiente A6, com destaque para *P. casta*, *P. nubila* e *P. rochai*. A maior diversidade dos Myrmicinae no ambiente A6 pode estar associado à predominância de concreções lateríticas, que criam pequenas galerias, com estruturas mais estáveis e duradouras e que podem ser utilizadas para nidificação das espécies de formigas da subfamília Myrmicinae. Além dos refúgios e abrigos naturais, que são criados nas camadas superficiais do Plintossolo Pétrico, os Myrmicinae do ambiente A6 encontram uma grande oferta de recursos tróficos na serapilheira que cobre o solo. O efeito da serapilheira no incremento populacional de espécies de formigas do gênero *Pheidole*, é concordante com Theunis et al. (2005) que destacam as correlações positivas do aporte de serapilheira com a presença de espécies do gênero *Pheidole*, nas WetsChaco de Pilcamaio – Argentina.

*Myrmelachista flavocotea* e as espécies *Paratrechina* JL10 e *Nylanderia steinheli* ocorreram somente no Plintossolo Pétrico de A6 (Tabela 25). Essas espécies são comuns em ambientes antropizados e a maioria das espécies do gênero *Myrmelachista* são encontrados em árvores e troncos em decomposição (NAKANO et al., 2013). Todavia destaca-se a presença de ninhos destas formigas exclusivamente no solo de A6.

*D. gigantea* foi observada com abundância equivalente à encontrada no ambiente A4. Esses dois ambientes, A4 e A6, possuem semelhanças na cobertura vegetal, na porosidade do solo, nos valores de umidade e temperatura ao nível do

solo, bem como nos elevados estoque de serapilheira e volume de rochas em superfície. Isto sugere que uma destas variáveis possa estar mais estreitamente relacionada com a ocorrência de *D. gigantea* nesses ambientes.

A ocorrência dos formicídeos residentes no solo não pode ser tratada sem considerar os atributos do solo, da vegetação e fatores climáticos. Devido à multiplicidade de fatores que podem afetar a ocorrência dos formicídeos, que ocupam os solos dos seis ambientes estudados, faz-se necessário buscar interpretações multivariadas para o entendimento dos fatores ambientais e eleição dos atributos do solo, da vegetação e do clima que tenham relação com a ocorrência das formigas na área de estudo.

#### **4.5. Associação multivariada dos atributos do solo, da vegetação, da umidade e da temperatura ao nível do solo com a ocorrência de formigas em um domínio de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão**

As espécies da subfamília Myrmicinae: *Crematogaster cf. acuta*, *Ochetommex neopolitus*, *Pheidole casta*, *Solenopsis brusei* e *Solenopsis substituta* foram observadas em todos os ambientes (Tabela 26), mostrando tolerância e oportunismo na ocupação de diferentes ambientes. Enquanto que as espécies *Ectatomma muticum*, *Camponotus comatulus*, *Pseudomyrmex termitarius*, *Pseudomyrmex boopsis* e *Dinoponera gigantea* não apresentaram um padrão uniforme de distribuição nos ambientes estudados, indicando que essas espécies constroem seus ninhos em função de condições específicas em relação aos atributos do solo, da vegetação e umidade e/ou temperatura da superfície do solo. A seletividade de habitats por espécies de formigas, em diferentes ambientes do cerrado foi observada por Campos et al. (2008), que registraram maior número de espécies de formigas em diferentes fisionomias do cerrado, quando comparado com fisionomias florestais homogêneas.

Tabela 26. Número de formigueiros, índice de valor de importância (IVI) de formigas amostradas nos ambientes A1, A2, A3, A4, A5 e A6 em um domínio de Cerrado à do Nordeste do Estado do Maranhão

| Subfamília / Espécie                              | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | IVI*  |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-------|
| <b>Dolichoderinae</b>                             |    |    |    |    |    |    |       |
| <i>Dolichoderus superaculus</i> (Lattke 1987)     | -  | -  | 3  | -  | -  | -  | 2.79  |
| <i>Dorymyrmexs bicolor</i> (Wheeler, 1906)        | -  | -  | -  | -  | 4  | 1  | 2.99  |
| <i>Forelius albiventris</i> Forel, 1912           | 8  | 3  | -  | -  | -  | -  | 4.03  |
| <b>Ecitoninae</b>                                 |    |    |    |    |    |    |       |
| <i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)           | -  | -  | 2  | -  | -  | 2  | 1.39  |
| <b>Ectatomminae</b>                               |    |    |    |    |    |    |       |
| <i>Ectatomma muticum</i> Mayr, 1870               | 45 | 3  | -  | -  | -  | -  | 11.88 |
| <i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858             | -  | -  | -  | 2  | -  | -  | 1.39  |
| <i>Gnanptogenys ammophila</i> Lattke, 1990        | -  | -  | -  | -  | 4  | -  | 1.81  |
| <b>Formicinae</b>                                 |    |    |    |    |    |    |       |
| <i>Brachymyrmex minutus</i> Forel, 1893           | -  | -  | -  | 2  | 2  | 4  | 2.79  |
| <i>Brachymyrmex musculus</i> Forel, 1899          | -  | -  | 1  | -  | -  | -  | 1.19  |
| <i>Camponotus comatulus</i> Mackay, 2010          | 41 | 19 | -  | -  | -  | 5  | 16.37 |
| <i>Camponotus atriceps</i> (Fr. Smith, 1858)      | -  | -  | -  | 1  | -  | -  | 1.19  |
| <i>Camponotus cf substitutus</i>                  | -  | -  | -  | -  | 1  | -  | 1.19  |
| <i>Camponotus senex</i> (Fr. Smith, 1858)         | -  | 1  | -  | -  | -  | -  | 1.19  |
| <i>Myrmelachista flavocotea</i> Longino, 2006     | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | 1.39  |
| <i>Paratrechina</i> JL10                          | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 1.19  |
| <i>Nylanderia steinheili</i> (Forel, 1893)        | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 1.19  |
| <b>Myrmecinae</b>                                 |    |    |    |    |    |    |       |
| <i>Allomerus decemarticulatus</i> Mayr, 1877      | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | 1.39  |
| <i>Crematogaster cf. acuta</i>                    | -  | 1  | -  | -  | 17 | 1  | 5.68  |
| <i>Crematogaster flavosensitiva</i> Longino, 2003 | -  | -  | 1  | -  | -  | -  | 1.19  |
| <i>Crematogaster limata</i> Smith, 1858           | -  | -  | -  | 6  | -  | -  | 2.22  |
| <i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)        | -  | 2  | -  | -  | -  | 3  | 2.99  |
| <i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003    | 1  | -  | 7  | 10 | -  | 4  | 8.47  |
| <i>Pheidole camptostela</i> Kempf 1972            | 4  | -  | -  | -  | -  | 1  | 1.81  |
| <i>Pheidole casta</i> Wheeler, 1908               | 5  | -  | 4  | -  | 6  | 9  | 6.87  |
| <i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863               | -  | -  | 3  | 4  | -  | 3  | 3.20  |
| <i>Pheidole fowleri</i> Wilson, 2003              | -  | -  | -  | -  | -  | 3  | 1.60  |
| <i>Pheidole gagates</i> Wilson, 2003              | 2  | -  | 3  | 1  | -  | 2  | 5.57  |
| <i>Pheidole gaigei</i> Forel, 1914                | -  | 6  | 1  | -  | 1  | 3  | 5.19  |
| <i>Pheidole nubila</i> Emery, 1906                | -  | -  | 1  | -  | -  | 9  | 4.03  |
| <i>Pheidole pedana</i> Wilson, 2003               | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 1.19  |

|                                               |      |      |      |      |      |    |       |
|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|----|-------|
| <i>Pheidole pullula</i> Santschi, 1911        | 2    | -    | -    | -    | 3    | -  | 2.99  |
| <i>Pheidole rochai</i> Forel, 1912            | 1    | -    | -    | -    | -    | 5  | 3.20  |
| <i>Pheidole sagax</i> Wilson, 2003            | 3    | -    | 2    | -    | -    | 1  | 4.18  |
| <i>Pheidole terresi</i> Wheeler & Mann, 1914  | 3    | -    | -    | -    | -    | -  | 1.60  |
| <i>Pheidole verricula</i> Wilson, 2003        | 2    | -    | -    | 1    | -    | -  | 2.58  |
| <i>Sericomyrmex amabilis</i> Wheeler, 1925    | -    | -    | -    | 1    | -    | -  | 1.19  |
| <i>Solenopsis bruesi</i> Creighton, 1930      | -    | 8    | 1    | -    | 6    | -  | 6.04  |
| <i>Solenopsis globularia</i> (Fr Smith, 1858) | -    | -    | 2    | -    | 1    | -  | 2.58  |
| <i>Solenopsis nigella</i> Emery, 1888         | -    | 1    | -    | -    | -    | 1  | 2.37  |
| <i>Solenopsis substituta</i> Santschi, 1925   | 11   | -    | -    | -    | 1    | -  | 5.63  |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)   | -    | -    | 3    | 2    | -    | -  | 2.99  |
| <b>Ponerinae</b>                              |      |      |      |      |      |    |       |
| <i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833)      | 8    | 3    | 15   | 20   | -    | 15 | 17.30 |
| <i>Leptogenys punctaticeps</i> Emery, 1890    | -    | -    | -    | -    | 1    | -  | 1.19  |
| <i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892         | 2    | -    | -    | -    | 1    | 3  | 4.18  |
| <i>Odontomachus brunneus</i> (Patton, 1894)   | -    | -    | 3    | 5    | -    | -  | 3.61  |
| <i>Pachycondyla lenis</i> Kempf, 1961         | -    | -    | 1    | 1    | -    | -  | 1.19  |
| <b>Pseudomyrmecinae</b>                       |      |      |      |      |      |    |       |
| <i>Pseudomyrmex boopis</i> (Roger, 1863)      | 40   | 7    | -    | -    | 4    | 2  | 14.46 |
| <i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855) | -    | -    | 3    | 5    | -    | 2  | 6.40  |
| Índice Shanon-Wiener Formigas                 | 0,89 | 0,81 | 1,12 | 0,93 | 0,96 | 13 | -     |
| Índice Shanon-Wiener Plantas                  | 2    | 2,7  | 2,35 | 3    | 0,15 | 3  | -     |

- espécie ausente, linhas hachuradas marcam as espécies que apresentaram maiores índices de valor de importância (IVI)\*.

As espécies *E. muticum*, *C. comatulus* e *P. boopis* encontradas nos ambientes A1 e A2, sob LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, estão positivamente associadas com maiores valores de densidade do solo, temperaturas mais elevadas, pH mais ácido, evitando solos com alto teor de silte e de microporos (Figura 11). Observações semelhantes foram feitas por Pacheco e Vasconcelos (2012), que vincularam o gênero *Ectatomma* a ambientes Latossólicos com baixos valores de pH, de textura arenosa e cobertos por Cerrado aberto. De forma mais genérica e qualitativa, Ryder, Mertl e Traniello (2007) destacam que a construção e densidade de ninhos de formigas nos solos é definida em função do teor de água no solo.

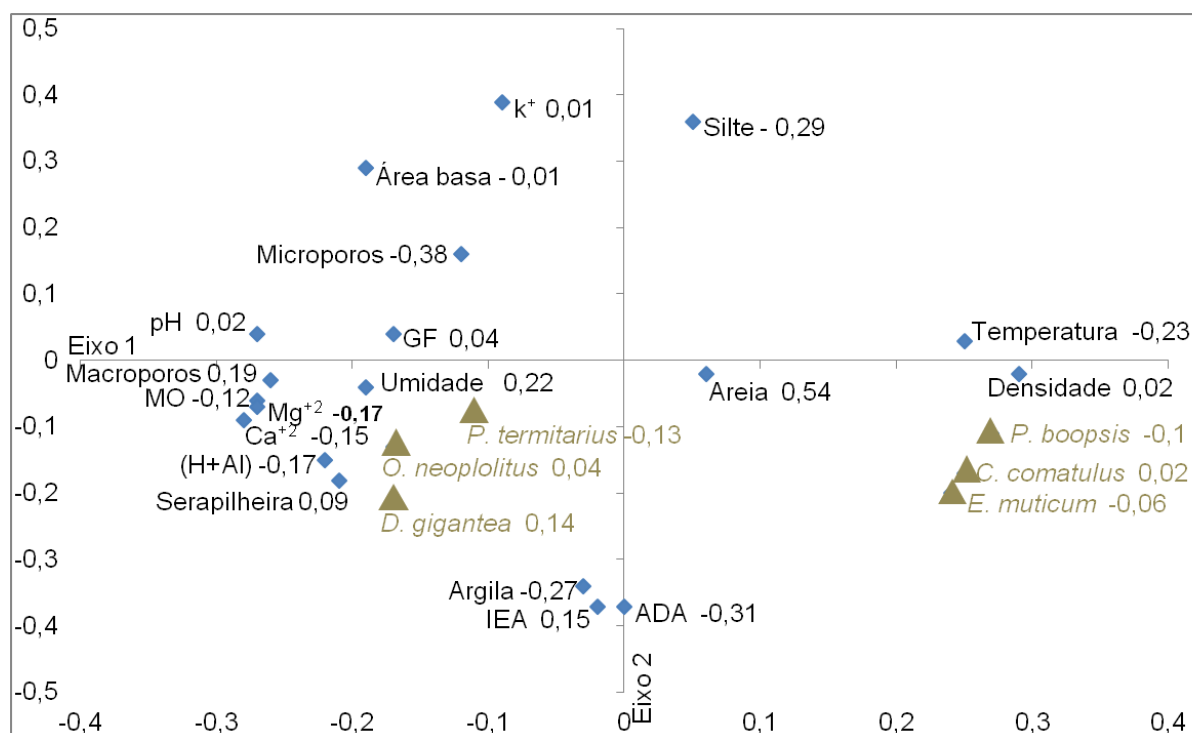


Figura 11. Análise de componentes principais de variáveis do solo, da vegetação e do clima, relacionadas com a ocorrência das espécies de formigas *C. comatulus*, *E. muticum*, *Pseudomyrmex boopsis*, *P. termitarius* e *Dinoponera gigantea* coletadas em seis fitofisionomias de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

O registro de ninhos de *P. boopsis* nos solos analisados no presente estudo difere das observações de Ward e Downie (2005) que descrevem o hábito predominantemente arbóreo e arbustivo deste gênero, sendo os ninhos construídos em troncos vivos e senescentes da vegetação. Da mesma forma, Dejean et al. (2014) destacam que a maioria das espécies de formigas do gênero *Pseudomyrmex* tem hábito de nidificar em árvores, contudo observaram colônias de *Pseudomyrmex* no solo, assim como foi observado para *P. boopsis* nos ambientes A1, A2, A5 e A6, no presente estudo.

A espécie *P. boopsis* foi mais abundante nos ambientes cobertos por vegetação mais aberta e com menores valores de área basal, como os ambientes A1 e A2, mas foram observadas, também, nos ambientes A5 e A6. Nos ambientes A5 e A6 foram observados maiores valores de área basal, quando comparados aos ambientes A1 e A2 (Tabela 8). Entretanto, os maiores valores de área basal observados nos ambientes A5 e A6 são decorrentes da dominância de palmeiras

que proporcionam menor sombreamento, apesar dos maiores valores de área basal. As palmeiras possuem dosséis em capitel que concentram as folhas em condição monopodial que reduz o sombreamento no dóssel inferior e no solo. A ocorrência de *P. boopsis* em solos diferentes, mas sob cobertura vegetal, que proporciona sombreamento semelhante, sugere que, para *P. boopsis*, a intensidade sombreamento é um fator que sobrepõem os efeitos dos atributos do solo para sua ocorrência.

As formigas da espécie *P. boopsis* são pequenas, mas fortemente pigmentadas pelas cores preta e vermelha no gáster e mesossoma, respectivamente. A pigmentação mais forte, possivelmente, eleva a tolerância desta espécie às altas temperaturas, pois *P. boopsis* foi a única encontrada forrageando durante todo o período de luz, inclusive nos horários em que a temperatura no nível do solo atingiu 59,4° C e a umidade < 20%.

A expressão do caráter adaptativo cor, condicionando ocorrência e distribuição de espécies de *P. boopsis* nas áreas de estudo pode ser verificada, também, para a espécie *P. termitarius*. Contrariamente a *P. boopsis* a espécie *P. termitarius* é fracamente pigmentada e foi encontrada somente em solos sombreados dos ambientes A3, A4, e A6, embora dados da literatura mostrem a ocorrência de *P. termitarius* em áreas ensolaradas de campos de Cerrados no Brasil (MILL, 1981) e campos abertos da Venezuela (JAFFÉ; LOPEZ; ARAGORT, 1985)

Os solos dos ambientes que foram encontrados formigueiros de *P. termitarius* apresentam maiores teores de argila,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , MO e (H+Al). Essas variáveis formam associações positivas com *P. termitarius* (Figura 11), de modo que essas formigas elegem solos com maiores valores dessas variáveis, como os ocorre nos ambientes A3, A4 e A6, sobretudo no ambiente A4 (Tabelas 13 e 14). No entanto, os solos do ambiente de Cerrado que acumulam maiores valores argila,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , MO e (H+Al) podem sustentar comunidades vegetais arbóreas (HARIDASSAN 2000) e, portanto com maior potencial de sombreamento do solo. Com isto a combinação de atributos químicos do solo e cobertura vegetal arbórea não deve ser desprezada na definição de áreas de ocorrência de formigueiros de *P. termitarius*.

*Ochetomyrmex neopolitus* e *D. gigantea* selecionam solos com maiores estoques de massa seca de serapilheira, maior volume de macroporos e maior teor

de umidade ao nível do solo (Figura 11). As fisionomias arbóreas dos ambientes com maiores estoques de serapilheira, de modo geral, apresentam solos com baixa relação C:N. A preferência de *O. neopolitus* por esses solos, cujo aporte de recursos protéicos é maior (KASPARI e YANOVIK, 2001) corroboram as observações de Rodriguez; Barrios; Mercado, (2011), que consideram ambientes de baixa relação C:N apropriado para formigas oportunistas e generalistas, como são as espécies da subfamília Myrmicinae. Todavia, *O. neopolitus* não ocorre em ambientes que apresentam maiores valores: de área basal, dos teores de areia, de densidade do solo e de temperatura na superfície do solo (Figura 11).

Os autovetores da tabela 27 mostram estreitas associações de *Dinoponera gigantea* com maiores valores de umidade, maior volume de macroporos e maiores teores de massa seca de serapilheira. Essa associação agrupou *D. gigantea* mais fortemente aos ambientes A3 e A4. Contudo, formigueiros de *D. gigantea* foram observados, também, nos ambientes A1, A2 e A6 (Tabela 26). O ambiente A6, assim como A3 e A4, é coberto por vegetação arbórea, é sombreado, possui elevados estoques de serapilheira e por isso acumula condições favoráveis para ocorrência de *D. gigantea*. Contudo, os ambientes A1 e A2 são fortemente ensolarados, mas os formigueiros de *D. gigantea* observados nesses dois ambientes estavam associados à base de árvores e arbustos. A construção dos ninhos de *D. gigantea* na base de árvores e arbustos, possivelmente, indica uma estratégia para atenuar os efeitos das altas temperaturas conforme citam Vasconcellos, Santana e Souza, (2004) e Lenhart, Dash e Mackay, (2013).

No ambiente A5 a saturação do solo por água somado aos baixos estoques de serapilheira e menor volume de macroporos geram condições limitantes para instalação de formigueiros de *D. gigantea*, pois o solo do ambiente A5 foi o único que não houve registro de ninhos da espécie *D. gigantea* (Tabela 26).

Tabela 27. Variáveis do solo, da vegetação, do clima e as espécies de formigas *C. comatulus*, *E. muticum*, *Pseudomyrmex boopsis*, *P. termitarius*, *Dinoponera gigantea*, *Ochetomyrmex neopolitus* e suas coordenadas no sistema tridimensional. Inércia do sistema 71%.

| Variável                                  |       |       |       |
|-------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Microporos                                | -0,12 | 0,16  | -0,38 |
| Macroporos                                | -0,26 | -0,03 | 0,19  |
| Argila dispersa em água (ADA)             | 0,00  | -0,37 | -0,31 |
| Grau de flocculação (GF)                  | -0,17 | 0,04  | 0,04  |
| Índice de estabilidade de agregados (IEA) | -0,02 | -0,37 | 0,15  |
| Densidade                                 | 0,29  | -0,02 | 0,02  |
| Argila                                    | -0,03 | -0,34 | -0,27 |
| Silte                                     | 0,05  | 0,36  | -0,29 |
| Areia                                     | 0,06  | -0,02 | 0,54  |
| Matéria orgânica                          | -0,27 | -0,06 | -0,12 |
| pH do solo                                | -0,27 | 0,04  | 0,02  |
| K <sup>+</sup>                            | -0,09 | 0,39  | 0,01  |
| Ca <sup>2+</sup>                          | -0,28 | -0,09 | -0,15 |
| Mg <sup>2+</sup>                          | -0,27 | -0,07 | -0,17 |
| (H+Al)                                    | -0,22 | -0,15 | -0,17 |
| Temperatura                               | 0,25  | 0,03  | -0,23 |
| Umidade                                   | -0,19 | -0,04 | 0,22  |
| Serapilheira                              | -0,21 | -0,18 | 0,09  |
| Área basal                                | -0,19 | 0,29  | -0,01 |
| <i>Camponotus comatulus</i>               | 0,25  | -0,17 | 0,02  |
| <i>Dinoponera gigantea</i>                | -0,17 | -0,21 | 0,14  |
| <i>Ectatomma muticum</i>                  | 0,24  | -0,2  | -0,06 |
| <i>Pseudomyrmex boopsis</i>               | 0,27  | -0,11 | -0,10 |
| <i>Pseudomyrmex termitarius</i>           | -0,11 | -0,08 | -0,13 |
| <i>Ochetomyrmex neopolitus</i>            | -0,17 | -0,13 | 0,04  |

Os teores mais elevados de silte do solo estão associados a distribuição de *Crematogaster cf. acuta*, e *Solenopsis brusei* Figura (12) e Tabela (28). Além de solos siltosos, *C. cf. acuta* e *S. brusei* selecionam solos com menores percentuais de IEA, ADA e baixos teores de argila, MO e (H+Al). Essas condições são encontradas no ambiente preferencial para essas espécies de formiga (A5), que está inserido em uma pedoforma depressional, côncava e de lençol freático superficial. A restrição de drenagem do ambiente A5 é apropriada para formigas pequenas como *C. cf. acuta*, enquanto grande parte das espécies de tamanho maior forrageia no solo e constroem ninhos em pecíolos e troncos de babaçu.

A ocorrência de *C. cf. acuta* e *S. brusei*, em ambientes semelhantes ao A5 reforçam a característica de plasticidade adaptativa e oportunismo das espécies

deste e dos demais gêneros da subfamília Myrmicinae, na medida em que ocupam ambientes com restrições para outras espécies conforme verificaram Calle et al (2013). A plasticidade adaptativa dos Myrmicinae pode ser observada para as formigas da espécie *Solenopsis substituta* que ocupam preferencialmente solos com maiores valores de densidade do solo, maior volume de microporos, menores medidas de área basal e com as mais altas temperaturas (Figura 12)

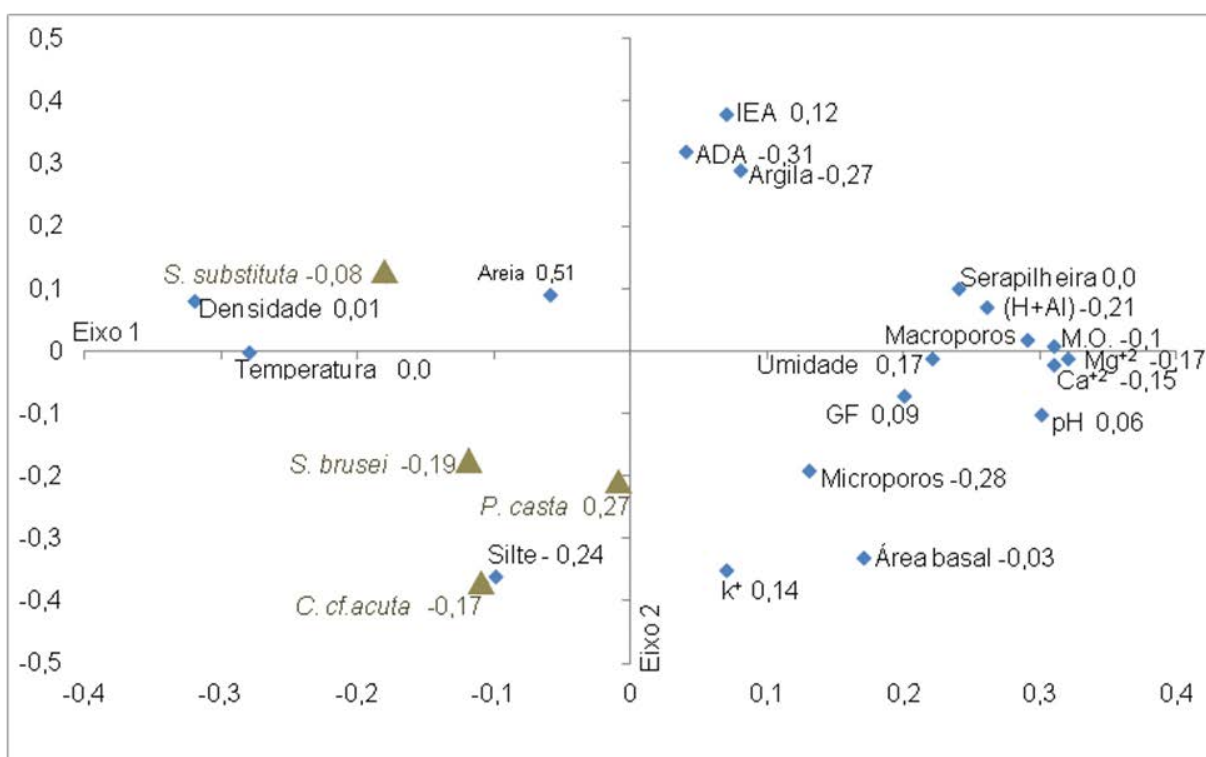


Figura 12. Análise de componentes principais de variáveis do solo, da vegetação e do clima, relacionadas com a ocorrência das espécies de formigas *Crematogaster cf. acuta*, *Solenopsis substituta*, *S. brusei* e *Pheidole casta* coletadas em seis fitofisionomias de Cerrado à Nordeste do Estado do Maranhão.

A espécie *Pheidole casta* foi observada nos ambientes A1, A3, A5 e A6, mas formam associações mais fortes com os ambientes que apresentam menores medidas de área basal, menores percentuais de microporos e pH mais ácido. Os ambientes com essas características devem apresentar, também, maiores temperaturas ao nível do solo, maior teor de areia e medidas elevadas de densidade do solo para que se tenha maior número de formigueiros de *P. casta*, Tabela 26 e Figura 12.

Tabela 28. Variáveis do solo, da vegetação, do clima e as espécies de formigas *Crematogaster cf. acuta*, *Solenopsis substituta*, *S. brusei*, *Pheidole casta* e suas coordenadas no sistema tridimensional. Inércia do sistema 71%.

| Variável                                  |       |       |       |
|-------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Microporos                                | 0,13  | -0,19 | -0,28 |
| Macroporos                                | 0,29  | 0,02  | 0,20  |
| Argila dispersa em água (ADA)             | 0,04  | 0,32  | -0,35 |
| Grau de flocculação (GF)                  | 0,20  | -0,07 | 0,09  |
| Índice de estabilidade de agregados (IEA) | 0,07  | 0,38  | 0,12  |
| Densidade                                 | -0,32 | 0,08  | 0,01  |
| Argila                                    | 0,08  | 0,29  | -0,27 |
| Silte                                     | -0,10 | -0,36 | -0,24 |
| Areia                                     | -0,06 | 0,09  | 0,51  |
| Matéria orgânica                          | 0,31  | 0,01  | -0,10 |
| pH do solo                                | 0,30  | -0,10 | 0,06  |
| K <sup>+</sup>                            | 0,07  | -0,35 | 0,14  |
| Ca <sup>2+</sup>                          | 0,32  | -0,01 | -0,15 |
| Mg <sup>2+</sup>                          | 0,31  | -0,02 | -0,17 |
| (H+Al)                                    | 0,26  | 0,07  | -0,21 |
| Temperatura                               | -0,28 | 0,00  | -0,19 |
| Umidade                                   | 0,22  | -0,01 | 0,17  |
| Serapilheira                              | 0,24  | 0,10  | 0,00  |
| Área basal                                | 0,17  | -0,33 | 0,03  |
| <i>Crematogaster cf. acuta</i>            | -0,11 | -0,37 | -0,17 |
| <i>Solenopsis brusei</i>                  | -0,12 | -0,18 | -0,19 |
| <i>Pheidole casta</i>                     | -0,01 | -0,21 | 0,27  |
| <i>Solenopsis substituta</i>              | -0,18 | 0,12  | -0,08 |

A subfamília Myrmicinae foi observada em todos os ambientes estudados, notadamente no ambiente A6, que se caracteriza pela grande quantidade de concreções lateríticas, que criam pequenas galerias com estruturas estáveis e duradouras, sob uma espessa camada de serapilheira. Segundo Theunis et al. (2005), ambientes com as características semelhantes à A6 são densamente povoados pela subfamília Myrmicinae, porque permitem migrações verticais quando as condições se tornam impróprias para nidificação, especialmente pela saturação por água durante o período chuvoso.

O domínio das espécies da subfamília Myrmicinae, responde ao padrão de hiperdiversidade deste grupo para zonas tropicais (SELVARANI; AMUTHA, 2013), notadamente o gênero *Pheidole* (RODRIGUEZ; BARRIOS; MERCADO, 2011). O oportunismo dos Myrmicinae permitiu o registro de espécies desta subfamília em todos os ambientes amostrados neste trabalho, concordando com Franklin (2012) que registrou 90% de presença destas formigas em amostras coletadas em áreas de

pastagem e de vegetação típica do deserto mexicano de Sonora. Contrariamente ao observado para os Myrmicinae, as formigas das subfamílias Ecitoninae, Ectatomminae, Dolichoderinae, Formicinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae apresentaram menor abundância e menor amplitude de ocorrência, pois a maioria possuem nichos e dietas específicas.

## 5. CONCLUSÕES

- ✓ Foram identificadas 48 espécies de formigas pertencentes à 24 gêneros de sete subfamílias.
- ✓ Registros novos de atividades comportamentais no solo são acrescentados para a espécie *P. boopsis*. *P. boopsis* ocorre somente nos ambientes fortemente ensolarados e *P. termitarius* nos ambientes sombreados.
- ✓ Atributos do solo (densidade do solo, porosidade, granulometria, índice de estabilidade de agregados, umidade e teores de  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , carbono e acidez potencial); da vegetação (área basal e massa seca de serrapilheira) e temperatura e umidade no nível do solo afetam a ocorrência de formigas das espécies *C. comatulus*, *E. muticum*, *P. boopsis*, *P. termitarius*, *D. gigantea*, *O. neopoliutus*, *C. cf acuta*, *P. casta*, *S. brusei* e *S. Substituta*, em domínio de Cerrado à Nordeste do estado do Maranhão.

## 6. REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C.; FRANZMEIER, D. P.; SCHULZE, D. G. Formation of soils with plinthite on a toposequence in Maranhão State, Brazil. **Geoderma**. 64, 257-279, 1995.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro-MA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1035-1044, 2007.

A.A.RRESTAD, P.A.; MASUNGA G.S.; HYTTEBORN, H.; PITLAGANO, M.L.; MAROKANE, W.; SKARPE, C. Influence of soil, tree cover and large herbivores on field layer vegetation along a savanna landscape gradient in northern Botswana. **Journal of Arid Environments**, v.75, p.290-297, 2011.

AGUIAR, M.I.; LOURENÇO, I. P.; OLIVEIRA, T. S.; LACERDA, N. B. Perda de nutrientes por lixiviação em um ARGISSOLO ACINZENTADO cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.4, p.811–819, 2006.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; GAMERO, C. A. Desenvolvimento e projeto de colhedora de babaçu (*Orbignyaphalerata* Mart.) para agricultura familiar nas regiões de matas de transição da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.41(1), p.57 – 68, 2011.

ALCÂNTARA, E. H. de. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos de Geografia**, v.7(11), p.97-113, 2004.

ALVAREZ, V., V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I.H.; TEIXEIRA, A. dos S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p.135-142, 2005.

AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**. V.44, p.191 – 197, 2008.

ARAI, M. Chapadas: relict of mid-cretaceous interior seas in Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.30(3), p.436-438, 2000.

ASSAD, M. L. L. **Fauna do solo. In: Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa – CPAC. p.363 – 443, 1997.

ASSIS JÚNIOR, R. N.; SILVA, E. F. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre os Atributos físicos de um neossoloflúvico do Município de Quixeré, CE – Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1778-1786, 2012.

AYUKE, F. O. **Soil macrofauna functional groups and their effects on soil structure, as related to agricultural management practices across agroecological zones of Sub-Saharan Africa**. Tese de Doutorado, Wageningen University Wageningen. Holanda, 211p. 2010.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto Sul catarinense. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.29, p.15-724, 2005.

BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**. 100, p.193–213, 2001.

BEHRENS, T.; SCHNEIDER, O.; LÖSEL, G.; SCHOLTEN, T.; HENNINGS, V.; FELIX-HENNINGSSEN, P.; HARTWICH, R. Analysis on pedodiversity and spatial subset representativity—the German soil map 1:1.000.000 **J. Plant Nutr. SoilSci**. v.172. n.1. 91-100. 2009.

BENEDETTI, M. M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N.; CARVALHO FILHO, A. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p.2591-2600, 2008.

BIHN, J. H.; GEBAUER, G.; BRANDL, R. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. **Ecology**. 91(3), p.782–792. 2010.

BOLTON, B.; ALPERT, G.; WARD, P. S.; NASKRECKI, P. **Bolton's Catalogue of Ants of the World: 1758-2005**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 2006. 1CD-ROM.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. Biogeography. **Sinaur Associates**, Sunderland, MA. 1998.

CALDART, V. M.; IOP, S.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Diversidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae) do perímetro urbano do município de Chapecó, Santa Catarina, Brasil Vinícius Matheus. **Revista Brasileira de Zoociências**. 14(1,2,3), p.81-94. 2012.

CALDEIRA, M. A.; ZANETTI, R.; MORAES, J. C.; ZANUNCIO J. C. Distribuição espacial de saúveiros (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais. **Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.34-39, jan./mar. 2005.

CALLE, Z.; HENAO-GALLEGO, N.; GIRALDO, C.; ARMBRECHT, I. A comparison of vegetation and ground-dwelling ants in abandoned and restored gullies and landslide surfaces in the western Colombian Andes. **Restoration Ecology**. v.21, n.6, p.729–735, 2013.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 94p. (Boletim Técnico, 106), 1986.

CAMPOS, R. I.; LOPES, C. T.; MAGALHÃES, W. C. S.; VASCONCELOS, H. L.; Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Iheringia**. Sér. Zool., Porto Alegre, 98(3):311-316, 30 de setembro de 2008.

CANIEGO, F. J.; IBÁÑEZ, J. J.; MARTÍNEZ, F. S. J; Rényi dimensions and pedodiversity indices of the earth pedotaxa distribution. **Nonlinear Processes Geophys**. 14, p.547-555, 2007.

CANTARELLI, E. B.; COSTA E. C.; ZANETTI, R.; PEZZUTTI, R. Plano de amostragem de *Acromyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de pré-plantio de *Pinus* spp. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.385-390, mar-abr, 2006.

CARVALHO I. S.; BERTINI R. J. Contexto geológico dos notossuquos (Crocodylomorpha) cretácicos do Brasil. **Geologia Colombiana**, n.25, Diciembre, 2000.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRAFILHO A. T. de; BERG, E. V. D.; LEITE, M. A. F.; VILELA, E. A.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, W. A. C. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta botânica. Brasileira**, 19(1), p.91-109. 2005.

CASTRO, A. A. J. F.; CASTRO, N. M. C. F.; COSTA, J. M.; FARIAS, R. R. S.; MENDES, M. R. A. Cerrados Marginais do Nordeste e Ecótonos Associados. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl,1, p.273-275, jul. 2007.

CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, O. W.; PAULA, J. P.; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ, 2ª ed. EMBRAPA, CNPS, 212p. 1997.

COELHO M. R.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27, p.495-507, 2003.

COIMBRA, R. R.; FRITSCHÉ-NETO; R.; COIMBRA, D. B.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; RAONI, D.; MIRANDA, G. V.; Relação entre tolerância do milho a baixo teor de fósforo no solo e responsividade a adubação fosfatada. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.30, n.2, p.332-339, Mar./Apr. 2014.

COLEMAN, D. C; CROSSLEY Jr, D. A; HENDRIX, P. F. **Fundamental of soil ecology**. Ed. Elsevier Academic Press, 386p. Athens, Georgia, USA, 2004.

COLLISON, E. J.; RIUTTA, T.; SLADE, M. Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. **Acta Oecologica**, 47, p.30-36. 2013.

CONCEIÇÃO, G. M.; CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de uma área de Cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão. **Scientia Plena**, v.5, n.10, 2009.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Stratigraphical discontinuities, tropical landscape evolution and soil distribution relationships in a case study in SE-BRAZIL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26, p.673-683, 2002.

CONSTANTINI, E. A. C. e L'ABATE, G. The soil cultural heritage of Italy: Geodatabase, maps, and pedodiversity evaluation. **Quaternary International** 209, 142–153. 2009.

COSTA, R. N. M.; ANDRADE A. P.; ARAUJO, K. D. Cobertura vegetal e evolução do uso agrícola do solo da região de Chapadinha – MA. **Revista ACTA Tecnológica**. v.6, n.1, jan-jun. 2011.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras.** 20(1), p.13-23, 2006.

COX, M. P.; DICKMAN, C. R.; HUNTER, B. Effects of rainforest fragmentation on non-flying mammals of the Eastern Dorrigo Plateau, Australia. **Biological Conservation**, p.175–189, 2003.

CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.781-787, maio, 2014.

CUEZZO, F. **Subfamilia Dolichoderinae**. Capítulo 20, (pp. 291-298) IN: Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. FERNÁNDEZ, F., 2003.

DANTAS, K. S. Q.; QUEIROZ, A. C. M.; NEVES, F. S.; REIS JÚNIOR, R.; FAGUNDES, M. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em diferentes estratos numa região de transição entre os biomas do Cerrado e da Caatinga no norte de Minas Gerais. **MG.BIOTA**, Belo Horizonte, v.4, n.4, 2011.

DEJEAN, A.; LABRIÈRE, N.; TOUCHARD, A.; PETITCLERC, F.; ROUX, O. Nesting habits shape feeding preferences and predatory behavior in an ant genus. **Naturwissenschaften**, 28, 104, 2014.

DESJARDINS, T.; CHARPENTIER, F.; PASHANASI, B.; PANDO-BAHUON, A.; LAVELLE, P.; MARIOTTI, A. Effects of earthworm inoculation on soil organic matter dynamics of a cultivated Ultisol. **Pedobiologia**, 47, p.835–84, 2003.

DETMANN, K. .C.; DELGADO, M. N.; REBELLO, V. P. A.; LEITE, T. S.; AZEVEDO, A. A.; KASUYA, M. C. M.; ALMEIDA, A. M. Comparação de métodos para a observação de fungos micorrízicosarbusculares e endofíticos do tipo *Darkseptate* em espécies nativas de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1883-1890, 2008.

DIEHL-FLEIG, E.; ROCHA, E. S. Ecologia, Comportamento e Bionomia Escolha de Solo por Fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para Construção do Ninho. **An. Soc. Entomol. Brasil**, 27(1) 41, 1998.

DINDAL, D. L. **Soil biology guide**. Ed. Wiley-Interscience publication, 1349 p. New York. 1990.

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA M., ROBLEDO, C. W. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, 2008.

DÖRNER, J.; SANDOVAL, P.; DEC. D. The role of soil structure on the pore functionality of an Ultisol. **J. SoilSci. Plant Nutr**, 10 (4), p495 – 508, 2010.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Recife: EMBRAPA/SUDENE. **EMBRAPA Solos/UEP**, 1986.

ESTEVES, F. A., BRANDÃO, C. R. F., VIEGAS, K. Subterranean ants (Hymenoptera, Formicidae) as prey of fossorial reptiles (Reptilia, Squamata: Amphisbaenidae) in Central Brazil. **Museu de Zoologia da USP**, v.48(28), p.329-334, 2008.

FAHR, J; KALKO, E. K. V. Biome transitions as centres of diversity: habitat heterogeneity and diversity patterns of West African bat assemblages across spatial scales. **Ecography**, 34, p.177–195, 2011.

FALEIRO, W. Morfologia foliar em plantas de cinco fisionomias de Cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. **Unimontes Científica**. Montes Claros, v.8, n.1, jan./jun. 2006.

FARIA, T. M.; GOMES Jr., F. G., SÁ, M. E.; CASSIOLATO, A. M. R. Efeitos alelopáticos de extratos vegetais na germinação, colonização micorrízica e crescimento inicial de milho, soja e feijão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.33, p.1625-1633, 2009.

FERREIRA, C. A.; SILVA, A. C.; TORRADO, P.V.; ROCHA, W. W. Gênese e classificação de Latossolos em topossequência das chapadas do alto Vale do Jequitinhonha (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, 2010.

FISHER, B. L. Biogeography. . In: LACH, L.; PARR, C. L.; ABBOTT, K. L. Ed(s). **Ant ecology**. Oxford University Press. p.18-31, 2009.

FONSECA, R. C.; DIEHL, E. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) epigeicas em povoamentos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 48(1): 95-100, março 2004.

FRANKLIN, K. The remarkable resilience of ant assemblages following major vegetation change in an arid ecosystem. *Biological Conservation*. 148 96–105. 2012.

GARCIA, C. A. B.; GARCIA, H. L.; VIANA, R. D.; VIANA, C. L. B. Efeito de biossólidos em ARGISSOLO ACINZENTADO com fragipã dos tabuleiros costeiros do Estado de Sergipe. **XII Safety, Health and Environment World Congress**, São Paulo, Brazil, 4 July 22 - 25, 2012.

GARCIA, C. H. P.; LIMA, H. N.; SILVA, F. W. R.; NEVES JUNIOR, A. F.; TEIXEIRA, W. G.; MACEDO, R. S.; TAVARES, S. G. Chemical properties and mineralogy of soils with plinthite and petroplinthite in Iranduba (AM), Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.936-946, 2013.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V.; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M.; SILVA, A. P. Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.33, p.33-40, 2009.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; SCHULZE D. G.; MARQUES, J. J. G. S. E M.; KER, J. C.; MOTTA, P. E. F. Mineralogia e micromorfologia de solos esqueléticos do bioma Cerrado, no Leste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, p.875-886, 2007.

GRANDEZA, L. A. O.; MORAES, J. C.; ZANETTI, R. Estimativa do Crescimento externo de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* Forel e *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de Reflorestamento com Eucalipto. **An. Soc. Entomol. Brasil**, Londrina PR, 28(1), 1999.

GUO, Y.; GONG, P.; AMUNDSON, R. Pedodiversity in the United States of America. **Geoderma**, 117, p.99–115, 2003.

HARADA, A. Y.; KETELHUT, S. M. Formigas da Reserva Florestal Adolpho Duck: Um grupo ainda pouco estudado? In: Fonseca, C. R.v; Magalhães, C. U.; Rafael, J. A. & Franklin, E. (eds.), A fauna de atropodes da Reserva Flores Adolpho Duck, 1 ed. Manaus. **INPA**, 1, p.231-248, 2009.

HARIDASSAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **R.Brasileira de. Fisiologia Vegetal**, 12(1), p.54-64, 2000.

HARPER, J. L.; BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations, and communities**. Blackwell Scientific, Oxford, England. 1998.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. **The ants**. HavardUninversity Press, Cambridge: Massachusetts , 732p. 1990

IBÁÑEZ, J. J.; SALDAÑA, A.; OLIVEIRA, D. Biodiversity and pedodiversity: a matter of coincidence? **Spanish journalofsoil Science**, v.2 n.3, 2012.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2ª ed. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 275p., 2012.

JAFÉ, K.; LOPEZ, M. E.; ARAGORT, W. On the communication systems of the ants *Pseudomyrmex termitarius* and *P. triplarinus*. **Insectes Sociaux**, v.33, n.2, p.105-117, 1986.

JAHNEL, M. C.; CARDOSO, E. J. B. N.; DIAS, C. T. S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23, p.553-559, 1999.

JAIME, G. N. **Levantamentos mirmecofaunísticos em três ambientes antrópicos nos estados de Goiás e Tocantins, Brasil**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.

JENKINS, C. N.; SANDERS, N. J.; ANDERSEN, A. N.; ARNAN, X.; BRÜHL, C. A.; CERDA, X.; ELLISON, A. M.; FISHER, B. L.; FITZPATRICK, M. C.; GOTELLI, N. J.; GOVE, A. D.; GUÉNARD, B.; LATTKE, J. E.; LESSARD, J. P.; MCGLYNN, T. P.; MENKE, S. B.; PARR, C. L.; PHILPOTT, S. M.; VASCONCELOS, H. L.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R. Global diversity in light of climate change: the case of ants. **Diversity and Distributions**, v.17, p.652–662, 2011.

KARBAN, R.; STRAUSS, S. Y. Physiological tolerance, climate change, and a northward range shift in the spittlebug, *Philaenus spumarius*. **Ecological Entomology**, 29, p.251–254, 2004.

KASPARI, M. e YANOVIK, S. Bait use in tropical litter and canopy ants: evidence for differences in nutrient limitation. **Biotropica**, v.33, p. 207–211, 2001.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed.), **Methods of soil analysis: Part 1 - Physical and Mineralogical Methods**. Madison: ASA-SSSA, p.425-442, 1986.

KEMPER, W. D. Aggregate stability. In: Black, C. A. et al. (Eds.), **Methods of Soil Analysis**. Part I. Madison: ASA and SSSA, p.511-519. 1965.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 5(1), p.17-40, 1998.

KWON, T. S.; KIM, S. S.; CHUN, J. H. Pattern of ant diversity in Korea: An empirical test of Rapoport's altitudinal rule. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, 17, p.161–167, 2014.

LAOSSI, K. R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; RENDEIRO, A. C.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, 51, p.397–407, 2008.

LAVELLE, P e SAPAIN, A. V. **Soil ecology**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.

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.

LENHART, P. A.; DASH, S. T.; MACKAY, W. P. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Hymenoptera Research**, 31, p.119–164, 2013.

LEPSCH, F. I. As necessidades de efetuarmos levantamentos pedológicos detalhados no Brasil e de estabelecermos as séries de solos. **Revista Tamoios**, São Gonçalo (RJ), n.1, p.3-15, 2013

LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V. L.; PRADO, P. I. Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. **Conservation Biology**, v.19, p.640-645, 2005.

LI, X. R.; JIA, R. L.; CHEN, Y. W.; HUANG, L.; ZHANG, P. Association of ant nests with successional stages of biological soil crusts in the Tengger Desert, Northern China. **Applied Soil Ecology**, 47, p59–66, 2011.

LIMA, H. V.; OLIVERIA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, p.1085-1098, 2007.

LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; SANTOS, M. C.; COOPER, M.; ROMERO, R. E. Micromorphology and image analysis of a hardsetting Ultisol (Argissolo) in the state of Ceara' (Brazil). **Geoderma**, 132, p. 416– 426, 2006.

LIMA, F. S.; BARROS, M. F. C.; FERRAZ, F. B.; SILVA JUNIOR, S.; LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; ROMERO R. E.; JACOMINE, P. K. T. Comportamento físico de um ARGISSOLO ACINZENTADO coeso no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29, p.33-40, 2005.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001, 176p. **Tese (Doutorado em Agronomia)**. UFV - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, , 2001.

LOPES, C. T.; VASCONCELOS H. L. Evaluation of Three Methods for Sampling Ground-Dwelling Ants in the Brazilian Cerrado. **Neotropical Entomology**. 37(4), p.399-405, 2008.

LUCENA, C. I. Ecologia populacional de espécies lenhosas clonais em savana neotropical. **Tese de doutorado**. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - São Paulo, 108f., 2013.

MACBRATNEY, A. B e MINASNY, B. On measuring pedodiversity. **Geoderma**, 141, p.149–154, 2007.

MACBRATNEY, A. B. On variation, uncertainty and informatics in environmental soil management. **Australian Journal of Soil Research**, 30, p.913– 935, 1992.

MACEDO, J.; BRYANT, R. B. Morphology, mineralogy and genesis of a hidrosequence of oxisols in Brazil. **Soil Sci. Soc**, 1987.

MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v.35 p.90-100, 2012.

MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A.; PINTO, J. R. R.; MARIMON JUNIOR B. H. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em Cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil **Biota Neotrop.**, v. 11, n. 1, 2011.

MARANHÃO - GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Gerencia de Planejamento e Desenvolvimento Economico - GEPLAN. Universidade Estadual do Maranhão. **Atlas do Maranhão**. Sao Luis, 39p., 2002.

MARIMON JR. B.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um Cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta bot. bras.** 19(4), p.913-926, 2005.

MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, E.; SOARES V.P. S.; CORRÊA G. R. C.; MENDONÇA, B. A. F. de. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do médio Araguaia – Estado de Tocantins. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.297-310, 2006.

MEDEIROS, M. B.; WALTER, B. M. T.; SILVA, G. P. Fitossociologia do Cerrado *stricto sensu* no município de Carolina, MA, Brasil. **Cerne, Lavras**, v.14, n.4, p. 285-294, 2008.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L.; HERMANN, B. Late Holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon. **Journal of South American Earth Sciences**, 42, p.17 – 26, 2013.

MILL, A. E. Observation on the ecology of *Pseudomyrmex termitarius* F. Smith (Hymenoptera, Formicidae) in Brazilian Savannas. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.25, n.4, p.271-274, 1981.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JR. J.; SOUSA, Z. M.; PAZETO, R. J.; CARMARO, L. A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1266-1272, 2008.

MOREAU, C. S.; BELL, C. D.; VILA, R.; ARCHIBALD, S. B.; Pierce, N. E. Phylogeny of the ants: diversification in the age of angiosperms. **Science**, 312, 2006.

MOREIRA, H. L.; OLIVEIRA, V. A. Evolução e gênese de um PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário eutrítico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p.1683-1690, 2008.

MOTA, A. F.; CARDOSO, E. A.; NAOE, L. K.; COIMBRA, R. R. Eficiência de atributos físicos como indicadores de degradação dos plintossolos no vale do Javaés no Estado do Tocantins. **Anais da XIII Jornada de Iniciação Científica da UNITINS**; Organizadores Fred Newton da Silva Souza, Juliana Mariano Alves. — Palmas: Etnias, 208p, 2006.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p. 869-878, 2002.

MOURA, P. M.; STAMFORD, N. P.; DUENHAS, L. H.; SANTOS, C. E. R. S.; NUNES, G. H. S. Eficiência de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em melão, no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.1–7, 2007.

NAKANO, M. A.; MIRANDA, V. F. O.; SOUZA, D. R.; FEITOSA, R. M.; MORINI, M. S. C. Occurrence and natural history of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Chilena de Historia Natural**, 86, p.169-179, 2013.

OLIVEIRA, J. A. V.; SILVA, D. M.; SANTANA, F. A. Ant species diversity in ciliary forest and gallery forest areas in central Brazil. **Advances in Entomology**, v.2, n.1, p.24-32, 2014.

OLIVEIRA, M. E. A.; MARTINS, F. R.; CASTRO, A. A. J. F.; SHEPHERD, G. J. Vegetação-solo numa transição campo floresta no Nordeste do Brasil. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, 2007.

OYEYIOLA, G. P.; AGBAJE, A. B. Physicochemical Analysis of a Soil near Microbiology Laboratory at The University of Ilorin, Main Campus. **Journal of Natural Sciences Research**, v.3, n.6, 2013.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **BiodiversConserv**, 21, p.797–809. 2012.

PEREG. L. The impact of cotton growing practices on soil microbiology and its relation to plant and soil health. **Geophysical Research Abstracts**, v.15, 2013.

PIETRO-SOUZA, W.; CÂNDIDO, A. K. A. A.; FARIAS, L. N.; SILVA, N. M.; BARBOSA, D. S. Produção de necromassa e de serapilheira em área de preservação permanente pertencente ao rio São Lourenço, Campo Verde – MT. **Engenharia Ambiental**, v.9, n.1, p.047-066, 2012.

POOR, A.; HERSHOCK, C.; ROSELLA, K.; GOLDBERG, D. E. Do physiological integration and soil heterogeneity influence the clonal growth and foraging of *Schoenoplectus pungens*? **Plant Ecology**, 181, p.45–56, 2005.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J.C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.46, n.10, p.1310-1320, 2011.

POSSLEY, J.; WOODMANSEE, S. W.; MASCHINSKI, J. Patterns of plant composition in fragments of globally imperiled pine Rockland Forest: effects of soil type, recent fire frequency, and fragment size. **Natural Areas Journal**, v.28(4), 2008.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de latossolos amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36 p.591-1600, 2012.

QUESADA C. A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; CZIMCZIK, C.; FYLLAS, N. M.; MARTINELLI, L.; NARDOTO, G.B.; SCHMERLER, J.; SANTOS, A. J. B.; HODNETT, M. G.; HERRERA, R.; LUIZÃO, F. J.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; DEZZEO, N.; HILKE, I.; KUHLMANN, I.; RAESSLER, M.; BRAND, W. A.; GEILMANN, H.; MORAES FILHO, J. O.; CARVALHO, F. P.; ARAUJO FILHO, R. N.; CHAVES, J. E.; CRUZ JUNIOR, O. F.; PIMENTEL, T. P.; PAIVA, R. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, 7(5), p.1515-1541, 2010.

QUESADA C. A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; CZIMCZIK, C.; FYLLAS, N. M.; MARTINELLI, L.; NARDOTO, G. B.; SCHMERLER, J.; SANTOS, A. J. B.; HODNETT, M. G.; HERRERA, R.; LUIZÃO, F. J.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; DEZZEO, N.; HILKE, I.; KUHLMANN, I.; RAESSLER, M.; BRAND, W. A.; GEILMANN, H.; MORAES FILHO, J. O.; CARVALHO, F. P.; ARAUJO FILHO, R. N.; CHAVES, J. E.; CRUZ JUNIOR, O. F.; PIMENTEL, T. P.; PAIVA, R. Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences Discussions**. 6(2), p.3923-3992, 2009.

RAMALHO, R. S. **Diagnóstico do Meio Físico como Contribuição ao Planejamento do Uso da Terra no Município de Campos dos Goytacazes**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes, UENF, 2005.

RATTER, J.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v.60, n.1, p.57-109, 2003.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais, Campinas**: Instituto Agronomico, 285p., 2001.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed). **Cerrado**: ambiente e flora. Brasília, Embrapa Cerrados. 1998.

RIBEIRO, F. V; GONÇALVES, L. D. P.; FURTADO, M. S.; FEITOSA, A. C. Degradação do solo no médio curso do rio Munim, município de Chapadinha-MA. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology**. Goiânia, p.57-63, 2006.

RODRIGUEZ, P. A.; BARRIOS, H.; MERCADO, A. Listado de los géneros y especies de hormigas asociadas al borde de um bosque em Achioté, Panamá. **Scientia** (Panamá), v. 21, n. 2, p.113-134, 2011.

RODRIGUES, C. W. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, ano 0, n.4, p.1-4, 2004.

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; VALENTE, M. A.; BARRETO, W. O. Caracterização e classificação dos solos do Campo Experimental do Cerrado da Embrapa Amapá, Estado do Amapá. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 37. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 43), 2000.

RYDER, W. K. T; MERTL, A. L; TRANIELLO J. F. A. Species Diversity and Distribution Patterns of the Ants of Amazonian Ecuador. **PLoS ONE**, São Francisco, CA, v5, n.10, 2010.

RYDER, W. K, T; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Naturwissenschaften** 94, p.725–731, 2007.

SAN JOSE, J. J.; MEDINA, E. **Effects of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna**. In: GOLLEY, F. B. & MEDINA, E., eds. Tropical ecological systems. New York, Springer-Verlag, p.251-264, 1975.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados – Brasília, DF, v.1, 2008.

SANTANA, H. M. P. Unidades Pedoambientais da Região de Santa Tereza Estado do Tocantins. 2008, 132p:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTANA, O. A.; CARVALHO Jr.O. A.; GOMES, R. A. T.; COUTO Jr. A. F.; SOUZA, V. V.; OLIVEIRA, S. N.; FREITAS, L. F.; GUIMARÃES, L. F.; MARTINS, E. S. Inventário das espécies vegetais na Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Espaço & Geografia**, v.14, n.1, p.53-77, 2011.

SANT'ANA, M. V.; TRINDADE, R. B. R.; LOPES, C. C. S.; FACCENDA, O.; FERNANDES D. Atividade de forragemamento de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de Mata e Campo de gramíneas no Pantanal sul-mato-grossense. **EntomoBrasilis**,1(2), p.29-32, 2008.

SANTOS, H. G; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Embrapa, 3 ed.353p., 2013.

SANTOS, B. R. E. **Caminhos da agricultura brasileira**. São Paulo: Evoluir, 337p., 2001.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5. ed.Vicosa: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo,100p., 2005

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10 n.4, p.5-18, 2005.

SELVARANI, S.; AMUTHA, C. Litter ants: diversity and composition in Megamalai, Western Ghats. **International Journal of Biosciences**, v.3, n.12, p.180-186. 2013.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 2.0** – versão preliminar. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SILVA, M. V. V.; SALES, J. F.; SILVA, F. G.; RUBIO NETO, A.; ALBERTO, P. S.; PEREIRA, F. D. The influence of moisture on the *in vitro* embryo germination and morphogenesis of babassu (*Orbignya phalerata* Mart.) **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, n.4, p.453-458, 2012.

SILVA, H. G.; FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. Estrutura da vegetação de um cerrado e a heterogeneidade regional do Cerrado no Maranhão, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.921-930, 2008.

SILVA, M. R. **Distribuição do babaçu e sua relação com fatores geoambientais na bacia do rio Cocal, Estado do Tocantins**. 2008. 91. Dissertação (Mestrado em Geografia). UNB, Brasília, 2008.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**. v. 37(4), p.543 – 548. 2007.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.4, p.697-704, abr. 2006.

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.842-847, 2006.

SILVESTRE, R. Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado. 2000. 216p Tese (Doutorado em Ciências - Entomologia). **Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto**. 2000.

SKIBA, S.; DREWINK, M.; SZMUC, R. The soil cover in Gaik-Brezezowa (Wieliczka Foothills). **Prace Geograficzne**. Zeszyt. 2002.

SOARES, A. F.; SILVA, J. S. V. **Uniformização da legenda de solos do Brasil ao milionésimo**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2005. 32 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 49).

SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; JARAMILLO, R. A.; MACIEL NETTO, A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, E. B. Variabilidade espacial dos parâmetros hidrodinâmicos de duas parcelas agrícolas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p.1795-1804, 2008.

SUGUITURU, S. S.; SOUZA, D. R.; MUNHAE, C. B.; PACHECO, R.; MORINI, M. S. C. Ant species richness and diversity (Hymenoptera: Formicidae) in Atlantic Forest remnants in the Upper Tietê River Basin. **Biota Neotrop.**, 13 (2), 2013.

TEIXEIRA, M. C.; SCHOEREDER, J. H.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; Geographic Distribution of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, 32(4), p.719-721, 2003.

THEUNIS, I. GILBERT, M.; ROISIN, Y.; LEPONCE, M. Spatial structure of litter-dwelling ant distribution in a subtropical dry forest. **Insect. Soc.**, 52, p.366–377, 2005.

TROYA, A. **Speciation of ants in the tropics of South America**. Master's Thesis. Munique, Germany, September, 99p., 2012.

TUNHOLI, V. P. **Etnobotânica e fitossociologia da comunidade arbórea e efeito do fogo em *Eugenia dysenterica*, DC. na Reserva Legal de um assentamento de reforma agrária no Cerrado**. 2011. 118p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). UNB. Brasília, 2011.

UEMA (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO). Atlas do Maranhão. São Luís-MA: **GEPLAN**. 2002.

VALE Jr., J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, J. A. V. Etnopedologia e transferência de conhecimento: diálogos entre os saberes indígena e técnico na terra indígena Malacacheta, Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, p.403-412, 2007.

VALLADARES, G. S. Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense. **Acta Amazônica**, v.39(4), p.923 - 934, 2009.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; CAPANU, M.; LITTELL, DAVIDSON, R.; E. A.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, E. B.; ARAÚJO, M. M.; ARAGÃO, D. V.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA, F. A.; MCDOWELL, W. H.; CARVALHO, C. J. R. Moisture and substrate availability constrain soil trace gas fluxes in an eastern Amazonian regrowth Forest. **Global Biogeochem**, 18, 2004.

VASCONCELLOS, A.; SANTANA G. G.; SOUZA, A. K.; Nest spacing and architecture and swarming of males of *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae) in a remnant of the Atlantic Forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 64, p.357–362, 2004.

VERGARA-NAVARRO, E.V.; SERNA, F. A checklist of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of the department of Antioquia, Colombia and new records for the country. **Agronomía Colombiana**, v31(3), p.324-342, 2013.

WARD, P. S. Taxonomy, Phylogenetics, and Evolution. In: LACH, L.; PARR, C. L. & ABBOTT, K.L. Ed(s). **Ant ecology**. Oxford University Press, p.3-18, 2009.

WARD, P.; DOWNIE, D. A. The ant subfamily Pseudomyrmecinae (Hymenoptera:Formicidae): phylogeny and evolution of big-eyed arboreal ants. **Systematic Entomology**, 30, p.310–335, 2005.

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

ZANETTI, R; VILELA, E. F.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, H. G.; FREITAS, G. D. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúvas em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1911-1918, 2000.

## **APÊNDICES**

## **Apêndice A. Descrição geral do perfil do ambiente A1**

**Data** - 22/07/2013

**Classificação** – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico

**Localização, município, estado e coordenadas** - 50 metros do lado esquerdo da estrada do Aeroporto, na Mata do Itamacaoca. Município de Chapdinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 44' 39"S e long. 43° 18' 52" W

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequeno platô com cerca de 5% de declive e sob cobertura de Cerrado arbustivo e gramíneas.

**Altitude** - 104 metros.

**Pedregosidade** - não pedregosa.

**Rochosidade** - não rochosa.

**Relevo local** – levemente ondulado.

**Relevo regional** - ondulado e forte ondulado.

**Erosão** - moderada.

**Drenagem** - bem drenado.

**Vegetação primária** – Campo de Cerrado arbustivo.

**Uso atual** – Mata nativa

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,19 m, bruno claro acinzentado (10YR 6/3, úmido) e bruno claro (10YR 7/2, seco); médio argilosa; muito dura, friável, não plástico e não pegajoso; blocos subangulares; transição difusa a gradual.

AB 0,19 – 0,34 m, Bruno-amarelado-claro (10 YR 6/4, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/3, seco); argilosa; dura, friável, não plástico e não pegajoso; blocos subangulares.

BA 0,34 – 0,49 m, Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/4, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 8/3, seco); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares.

BW1 0,49 – 1,14 m, Amarelo-brunado (10 YR 6/6, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10Y R 8/4, seco); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares.

BW2 1,14 – 1,55 m, Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/4, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado amarelo-avermelhado (10 YR 8/3, seco); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; maciça porosa e blocos subangulares pequenos.

BW3 1,55 m +, Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/4, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10Y R 8/2, úmido); argilosa; mosqueados raros; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; maciça porosa, poucos blocos subangulares pequenos.

**Raízes:** Ausentes em todos os horizontes.

**Observações:**

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0 m de profundidade.
- Os mosqueados encontrados são provenientes da precipitação e concrecionamento do ferro.
- Perfil coletado em dia ensolarado.
- Ausência de calhaus, cascalhos.
- Baixa atividade biológica em todos os horizontes.

## **Apêndice B. Descrição geral do perfil do ambiente A2**

**Data** - 22/07/2013

**Classificação** – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico

**Localização, município, estado e coordenadas** - 50 metros do lado esquerdo da estrada do Aeroporto, na Mata do Itamacaoca. Município de Chapadinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 44' 23,9''S e long. 43° 19' 04,2'' W

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequeno platô com cerca de 5% de declive e sob cobertura de Cerrado arbóreo.

**Altitude** – 109 metros.

**Pedregosidade** - não pedregosa.

**Rochosidade** - não rochosa.

**Relevo local** – plano.

**Relevo regional** – levemente ondulado.

**Erosão** - ausente.

**Drenagem** – Moderadamente drenado.

**Vegetação primária** – Campo de Cerrado arbóreo.

**Uso atual** – Mata nativa

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,45 m, Cinzento (10YR 5/1, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); média-argilosa; dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares que se desfazem em médios.

AB 0,45 – 0,58 m, Bruno-amarelado (10 YR 6/8, úmido) e Amarelo (10Y R 7/6, seco); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares que se desfazem em pequenos.

BA 0,58 – 0,79 m, Bruno-amarelado (10 YR 6/6, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 8/4) argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares que se desfazem em pequenos.

BW1 0,79 – 1,18 m, Bruno-amarelado (10 YR 6/6, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10Y R 8/3, seco); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares que se desfazem em pequenos.

BW2 1,18 – 1,48 m , Amarelo (10 YR 7/6, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/4); argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico, e ligeiramente pegajoso; maciça porosa.

BW3 1,48 m +, Bruno-amarelado (10 YR 6/8, úmido) e Bruno muito claro-acinzentado (10Y R 8/4, seco); mosqueado; argilosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; maciça porosa.

**Raízes:** Ausentes somente no Bw3.

### **Observações**

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0 m de profundidade.
- Os mosqueados encontrados são provenientes da precipitação e concrecionamento do ferro.
- Perfi A2 coletado em dia ensolarado.
- Ausência de calhaus, cascalhos.
- Intensa atividade biológica do horizonte A1 ao BW1. Notadamente Isopteras.

### **Apêndice C. Descrição geral do perfil do ambiente A3**

**Data** - 23/07/2013

**Classificação** - **NEOSSOLO FLÚVICO** Distrófico típico

**Localização, município, estado e coordenadas** – 400 metros da BR 222 na Mata do Gavião. Município de Chapadinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 43' 10,5"S e long. 43° 18' 54,5" W.

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequena depressão com relevo plano, sob cobertura de mata mesófila semidecíduas.

**Altitude** - 91 metros.

**Pedregosidade** - não pedregosa.

**Rochosidade** - não rochosa.

**Relevo local** – levemente ondulado.

**Relevo regional** - ondulado e medianamente ondulado.

**Erosão** - fraca.

**Drenagem** - Mal drenado.

**Vegetação primária** – Mata Mesófila

**Uso atual** – Mata secundária, sob colonização de palmeiras babaçu.

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

#### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,1 m, Preto (7,5 YR 2,5/1, úmido) e Cinzento escuro (7,5 YR 4/1, seco); arenosa; solta e solta, não plástica e não pegajosa.

A2 0,1 – 0,45 m, Cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido) e Cinzento (7,5 YR 5/1, seco); média arenosa; maciça, muito friável, não plástico e não pegajoso.

A3 0,45 – 0,74 m, Cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido) e Cinzento (7,5 YR 5/1, seco); média arenosa; mosqueado; ligeiramente dura e muito friável, não plástica e não pegajoso.

A4 0,74 – 1,08 m, Cinzento-escuro (7,5YR 4/1, úmido) e Cinzento (7,5 YR 6/1, seco); média arenosa; mosqueado; ligeiramente dura e muito friável, não plástica e não pegajoso.

A5 1,08 – 1,57 m, Cinzento (7,5YR 5/1, úmido) e Cinzento (7,5 YR 6/1, seco); média arenosa; mosqueado; ligeiramente dura e muito friável, não plástica e não pegajoso.

A6 1,57 cm + Bruno (7,5 YR 5/2, úmido) e Cinzento rosado (7,5 YR 7/2, seco); média arenosa; mosqueado; ligeiramente dura e muito friável, não plástica e não pegajoso.

**Raízes:** Abundantes nos horizontes A1, A2; muitas raízes em A3 e poucas no A4 e A5.

### **Observações**

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0 m de profundidade.
- Perfil coletado em dia ensolarado.
- Ausência de calhaus, cascalhos.

## **Apêndice D. Descrição geral do perfil do ambiente A4**

**Data** - 23/07/2013

**Classificação** – LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico

**Localização, município, estado e coordenadas** – 400 metros d BR 222 na Mata do Gavião. Município de Chapdinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 43' 13"S e long. 43° 18' 51,5" W

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequena elevação com relevo plano e sob cobertura de mata secundária.

**Altitude** - 98 metros.

**Pedregosidade** - pedregosa.

**Rochosidade** - rochosa.

**Relevo local** – levemente ondulado.

**Erosão** - fraca.

**Drenagem** - bem drenado.

**Vegetação primária** – Mata Mesófila

**Uso atual** – Mata secundária, sob colonização de palmeiras babaçu.

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,1 m Cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido) e Bruno escuro (7,5 YR 3/2, seco); média arenosa; ligeiramente durra, friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; solta.

A2 0,1 – 0,31 m, Cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido) e Cinzento-escuro (7,5 YR 4/1, seco); média argilosa; ligeiramente dura, friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; solta.

AB 0,31 – 0,6 m, Bruno muito claro-acinzentado (7,5 YR 2,5/2, úmido) e bruno (7,5 YR 4/2, seco); média argilosa; dura, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso.

BA 0,6 – 0,91 m, Bruno-escuro (7,5 YR 3/2, úmido) e bruno (7,5 YR 5/2, seco); média argilosa; ligeiramente dura, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso.

BW 0,91 – 1,13 m, Bruno (7,5 YR 4/2, úmido) e bruno (7,5 YR 5/3, seco) ; média argilosa; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

BWF 1,13 - 1,37 m Bruno (7,5 YR 5/4, úmido) e bruno-claro (7,5 YR 6/4, seco); média argilosa; ligeiramente dura, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso.

F 1,37 m, + Bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/6, seco); média argilosa; ligeiramente dura, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso.

**Raízes:** Abundantes em todos os horizontes

#### Observações

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0m de profundidade.
- Perfi coletado em dia ensolarado.
- Presença de petroplintita no horizonte F ou C.
- As camadas superficiais da área de entorno do perfil apresentam pedregosidade mediana.

## **Apêndice E. Descrição geral do perfil do ambiente A5**

**Data** - 31/07/2013

**Classificação** – ARGISSOLO ACINZENTADOS Distróficos arênico

**Localização, município, estado e coordenadas** – 800 metros da BR 222 na Fazenda Belezinha. Município de Chapadinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 46' 28"S e long. 43° 23' 18" W

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequena depressão com relevo ondulado sob cobertura de babaçu.

**Altitude** - 49 metros.

**Pedregosidade** – não pedregosa.

**Rochosidade** - não rochosa.

**Relevo local** – plano.

**Relevo regional** – ondulado.

**Erosão** – fraca .

**Drenagem** – pobremente drenado.

**Vegetação primária** – Cerrado arbóreo .

**Uso atual** – Pastagem

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,27 m, bruno (7,5 YR 4/2, úmido) e cinzento-rosado (7,5 YR 7/3, seco); arenosa; média arenosa; ligeiramente duro e muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; blocos subangulares.

A2 0,27 – 0,46 m, bruno (7,5 YR 4/3, úmido) e rosado (10YR 6/3, seco); arenosa; maciça e solta, não plástica e não pegajosa; sem estrutura.

A3 0,46 – 0,65 m, bruno (7,5 YR 5/2, úmido) e cinzento-rosado; arenosa; solta e solta, não plástica e não pegajosa; sem estrutura.

Bt<sub>1</sub> 0,65 - 1,00 m, bruno (7,5 YR 5/2, úmido) e cinzento ( 7,5 YR 6/1, seco); média arenosa; muito dura e friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajoso; sem estrutura.

Bt<sub>2</sub> 1,00 – 1,23 m, bruno (7,5 YR 5/2, úmido) e cinzento rosado (7,5 YR 6/2, seco); média arenosa; dura e friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajoso; sem estrutura.

Bt<sub>3</sub> 1,23 cm +, bruno claro (7,5 YR 6/3, úmido) e cinzento rosado (7,5 YR 7/2, seco) argilosa; dura e friável, plástica e ligeiramente pegajoso, sem estrutura.

**Raízes:** Abundantes nos horizontes A1 a A3.

#### **Observações**

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0 m de profundidade.
- Mosqueados ferruginosos presentes a partir do horizonte B2, muito provavelmente são resultantes da lavagem e carreamento de ferro das petroplintitas encontradas nas vertentes mais declivosa das áreas adjacentes.
- Perfil coletado em dia ensolarado.
- Ausência de calhaus, cascalhos.
- Atividade biológica restrita aos horizontes A1 e A2.

## **Apêndice F. Descrição geral do perfil do ambiente A6**

**Data** - 23/07/2013

**Classificação** – PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplínticos êndicos

**Localização, município, estado e coordenadas** – 1200 metros da BR 222, Fazenda Belezinha. Município de Chapadinha, Estado do Maranhão. Lat. 3° 44' 39" S long. 43° 18' 52" W

**Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil** – pequena depressão com relevo ondulado sob cobertura de babaçu e mata mesófila

**Altitude** - 68 metros.

**Pedregosidade** - pedregosa.

**Rochosidade** - rochosa.

**Relevo local** – ondulado.

**Relevo regional** - ondulado e moderadamente ondulado.

**Erosão** – moderada .

**Drenagem** – fracamente drenado.

**Vegetação primária** – Mata de Cerrado arbóreo .

**Uso atual** – Pastagem e Babaçual

**Descrito e coletado por** - E. F. Silva; J.S. Dantas e J.M.R. Amaral

### **Descrição morfológica**

A1 0,0 – 0,42 m, Cinzento muito escuro (5 YR 3/1, úmido) e cinzento (5 YR 5/1, seco); média argilosa; não plástico e ligeiramente pegajoso; solta, não há formação de agregados.

Blf<sub>1</sub> 0,42 – 0,73 m, Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmido) e cinzento-avermelhado (5 YR 5/2, seco); argilosa; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; solta , não há formação de agregados.

Blf<sub>2</sub> 0,73 – 1,10 m, Bruno-avermelhado (5 YR 4/4, úmido) e bruno-avermelhado (5 YR 5/4, seco); argilosa; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; solta, não há formação de agregados

Blf<sub>3</sub> 1,10 - 1,78 m, vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido) e bruno-avermelhado claro (5 YR 6/4, úmido); argilosa; não plástico, ligeiramente pegajoso; solta, não há formação de agregados

Blf<sub>4</sub> 1,78 cm +,vermelho-amarelado (5 YR 5/6, úmido) e rosado (5 YR 7/4, seco); argilosa; não plástico, ligeiramente pegajoso; solta, não há formação de agregados

**Raízes:** raras em A1 e AB e ausentes nos demais horizontes.

### **Observações**

- Perfil descrito e coletado em trincheira de 2,0 m de profundidade.
- Perfil coletado em dia ensolarado.
- Presença de seixo rolado, ocupando cerca de 30% dos horizonte A1, decrescendo em direção aos horizontesBlf<sub>1</sub> e Blf<sub>2</sub>.
- Presença de petroplintita no horizonte Blf<sub>1</sub> e Blf<sub>2</sub>.
- As camadas superficiais da área de entorno do perfil apresentam forte pedregosidade.