



UFG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO SOB MATA DO JARDIM
BOTÂNICO EM GOIÂNIA**

GLAUCIA MACHADO MESQUITA

Orientadora:
Prof^a. Vladia Correchel

Dezembro - 2014

GLAUCIA MACHADO MESQUITA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO SOB MATA DO JARDIM
BOTÂNICO EM GOIÂNIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel

Goiânia, GO – Brasil
2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG

Mesquita, Glaucia Machado.

Atributos químicos e físicos de solo sob mata do Jardim Botânico em Goiânia [manuscrito] / Glaucia Machado Mesquita. – 2014.

74 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2014.

Bibliografia.

Inclui mapas, gráfico, tabelas, figuras e tabelas.

1. Indicadores físicos e químicos do solo 2. Conservação do solo 3. Queimada. I. Correchel, Vladia, orient. II. Título.



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

| | | | |
|---|--------------------------|------------------|-----------------------------|
| Autor(a): | GLAUCIA MACHADO MESQUITA | | |
| CPF: | 815.493.181-87 | E-mail: | agroglauca@gmail.com |
| Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | | |
| Vínculo Empregatício do(a) Autor(a): | | | |
| Agência de fomento: | | Capes | Sigla: |
| País: | Brasil | UF: | CNPJ: |
| Título: Atributos químicos e físicos de solo sob mata do Jardim Botânico em Goiânia | | | |
| Palavras-chave: Indicadores físicos e químicos do solo, conservação do solo, queimada | | | |
| Título em outra língua: Chemical and physical properties of soil under forest of the Botanical Garden in Goiânia | | | |
| Palavras-chave em outra língua: Physical indicators and chemical soil, soil conservation, burned | | | |
| Área de concentração: | | Solo e Água | |
| Data defesa: | | 12/12/2014 | |
| Programa de Pós-Graduação: | | Agronomia | |
| Orientador(a): | | Vladiá Correchel | |
| CPF: | 144.338.978-17 | E-mail: | vladiacorrechel@hotmail.com |
| Co-orientador(a): | | | |
| CPF: | | E-mail: | |

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF não-criptográfico da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data, ____/____/_____.

Nome - assinatura

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

GLAUCIA MACHADO MESQUITA

Atributos químicos e físicos de solo sob mata do Jardim Botânico em Goiânia

Tese DEFENDIDA em 12 de dezembro de 2014, e APROVADA pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:



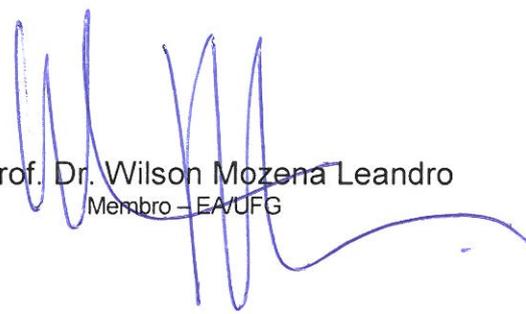
Prof.ª. Dr.ª. Vladia Correchel
Presidente da Banca – EA/UFG



Prof. Dr. Idelfonso Colares de Freitas
Membro – IFTO/Araguatins



Prof. Dr. Carlos Eduardo Ramos Sant'Ana
Membro – IESA/UFG



Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Membro – EA/UFG



Prof.ª. Dr.ª. Georgia Ribeiro S. de Sant'Ana
Membro – Jardim Botânico - GO

DEDICATÓRIA

*Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre,
umas porque nos vão ajudando na construção,
outras porque nos apresentam projetos de sonho
e outras ainda porque nos desafiam a realizá-los.
Quando damos conta, já é tarde para lhes agradecer.*

*Estas páginas são dedicadas:
À minha família, em especial
aos meus queridos pais, **Antônio e Graça**, que sempre
estiveram ao meu lado me incentivando na busca das
conquistas diárias.*

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, o maior engenheiro de todos os tempos. Pois através de suas obras presentes na natureza podemos nos inspirar para a realização de grandes projetos.

À Universidade Federal de Goiás, por meio da Escola de Agronomia e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, aos meus professores, coordenadores e funcionários, pelas oportunidades, ensinamentos e apoio técnico-científico.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel, pela confiança, ensinamentos e contínua disponibilidade em ajudar.

Ao doutorando Felipe Corrêa Veloso dos Santos, pelo apoio na amostragem, análises laboratoriais e tabulação de dados.

Ao Carlinhos (*Memorian*), Kri, Dona Nice e Nara (laboratoristas), pelo apoio nas análises químicas das amostras.

Aos colegas da Pós-Graduação da UFG, especialmente a minha amiga e comadre Sandra Máscimo da Costa e Silva, pelos momentos de discussões, companheirismo e descontração; ao amigo Marco Aurélio Pessoa de Souza pelo apoio nas discussões do trabalho.

A Georgia Ribeiro Sant'Ana, pelo apoio, parceria e permissão das coletas de solos na Unidade de Conservação, no Parque Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira.

A todos os estagiários que contribuíram em diversas atividades e em especial ao Afonso Henrique X. Franco, Caio dos Santos e Sr. Osmar Vicente da Silva por serem presentes e tão participativos nas árduas atividades de campo.

Aos meus irmãos Marcos Antônio e Thiago, às minhas cunhadas Tatiely e Kênia e, em especial, às minhas princesas Ana Paula, Ana Luiza e a pequenina Amanda, que tantas alegrias me dão.

Às minhas amigas, principalmente Antônia de Paula Rocha que sempre acreditou na minha capacidade e força de vontade. Ao Anselmo pela confiança em mim, e por todo o seu carinho demonstrado.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização e divulgação deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | 9 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 10 |
| RESUMO GERAL | 11 |
| GENERAL ABSTRACT..... | 12 |
| | |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 13 |
| | |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO | 15 |
| 2.2 AÇÃO ANTRÓPICA E AMBIENTE..... | 17 |
| 2.3 USO DO FOGO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL | 18 |
| 2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS | 20 |
| 2.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 24 |
| 2.6 REFERÊNCIAS | 27 |
| | |
| 3 EFEITO DO FOGO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB MATA, NO JARDIM BOTÂNICO, GOIÂNIA-GO | 34 |
| RESUMO | 34 |
| ABSTRACT | 34 |
| 3.1 INTRODUÇÃO..... | 35 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 36 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 38 |
| 3.4 CONCLUSÕES..... | 44 |
| 3.5 REFERÊNCIAS | 44 |
| | |
| 4 ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB MATA APÓS AÇÃO DO FOGO..... | 48 |
| RESUMO | 48 |

| | |
|---|-----------|
| ABSTRACT | 48 |
| 4.1 INTRODUÇÃO..... | 49 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 50 |
| 4.2.1 Caracterização da área..... | 50 |
| 4.2.2 Esquema de amostragem..... | 50 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 4.4 CONCLUSÕES..... | 58 |
| 4.5 REFERÊNCIAS | 58 |
| | |
| 5 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO MECÂNICA NO JARDIM BOTÂNICO, GOIÂNIA-GO, BRASIL | 62 |
| RESUMO | 62 |
| ABSTRACT | 62 |
| 5.1 INTRODUÇÃO..... | 63 |
| 5.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 64 |
| 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 66 |
| 5.4 CONCLUSÕES..... | 69 |
| 5.5 REFERÊNCIAS | 70 |
| | |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 73 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabela 3.1. | Distribuição dos valores médios das frações granulométricas com e sem dispersante químico (NaOH), e grau de floculação (GF%) em diferentes profundidades (Z, cm) de Latossolo Vermelho sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP)..... | 39 |
| Tabela 3.2. | Valores médios de matéria orgânica do solo (MOS), acidez ativa (pH), fósforo disponível (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al ⁺³), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), saturação por Al (m) e saturação por bases (V%), nas profundidades (cm) de Latossolo Vermelho em Unidade de Conservação, sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP)..... | 40 |
| Tabela 4.1. | Atributos físicos do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em mata queimada (MQ) e mata preservada (MP) em diferentes profundidades na Unidade de conservação (UCs)..... | 53 |
| Tabela 4.2. | Qualidade estrutural do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) do solo sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP) | 56 |
| Tabela 5.1. | Valores médios de resistência do solo à penetração (RP), densidade do solo (Ds), matéria orgânica do solo (MOS) e umidade do solo (θ) em diferentes profundidades, em Latossolo Vermelho distrófico em área de mata queimada (MQ) e área de mata preservada (MP)..... | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 2.1. | Localção das nascentes, lagos e pontos de erosões (Sant' Ana, 2007)..... | 26 |
| Figura 3.1. | Volume mensal precipitado em Goiânia-GO nos anos de 2012 e 2013 . | 37 |
| Figura 3.2. | Croqui das áreas experimental com a ordem dos pontos amostrais indicada pela numeração de alguns pontos..... | 37 |
| Figura 4.1. | Gríde da área de coleta das amostras de solos no | 51 |
| Figura 4.2. | Vegetação carbonizada na área de mata queimada (MQ) quatro anos após a queima da mata. | 54 |
| Figura 5.1. | Jardim Botânico (JBTH-GO), e áreas selecionadas para estudo (Fonte: Google maps, 2014)..... | 65 |
| Figura 5.2. | Distribuição dos valores médios de resistência à penetração (RP) nas áreas de estudo do solo | 68 |

RESUMO GERAL

MESQUITA, G. M. **Atributos químicos e físicos de solo sob mata do Jardim Botânico em Goiânia**. 2014. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.^{1 2}

No estado de Goiás, dos seus 34 milhões de hectares, apenas 0,93% representam as Unidades de Conservação (UCs) integral e 2,59% UCs de uso sustentável, dentre estas UCs estão os parques. A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) constitui-se do conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Esta Lei estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. A unidade de conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituída pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do fogo sobre os atributos químicos e físicos do solo de uma Unidade de Conservação em área urbana, a qual possui área de mata preservada e mata que sofreu processo de queima. O estudo foi realizado no Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira (JATH) situado na região sul de Goiânia-Goiás, que possui uma área de aproximadamente 1.000.000 m². O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico. No JATH, foram selecionadas duas áreas distintas para a realização do estudo: Mata queimada (MQ), área a qual sofreu processo de queimada clandestina em 2010; Mata preservada (MP). Sua cobertura vegetal caracteriza-se por ser mata primária já alterada, do tipo Floresta Estacional Semidecidual. A amostragem do solo foi feita em duas épocas distintas: MQ em Setembro de 2012 e MP em Maio de 2013. Áreas de mata nativa são utilizadas como áreas de referência para estudos do solo. Desta forma foram estimados os indicadores físicos e químicos do solo, com penetrometria até 40 cm e amostras de solo deformadas e indeformadas, para fins de análises físicas e químicas. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e cinco colunas com distância de 10 m entre os pontos amostrais, formando um gride de 300 m². Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas dentro de cada profundidade e em cada área pelo teste Tukey a 5%. Os resultados apontaram que após quatro anos da queima da mata, verificando-se uma concentração de nutrientes no perfil do solo da MQ em relação à MP na profundidade de 0-5 cm. Os teores de potássio, cálcio e magnésio, apresentam valores médios maiores na MQ, em relação à MP, o que pode ser atribuído, em parte, ao efeito residual das cinzas. O tempo decorrido após a queima não influenciou de forma significativa a física do solo.

Palavras-chave: Indicadores físicos e químicos do solo, conservação do solo, queimada.

¹Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vladia Correchel. EA-UFG

GENERAL ABSTRACT

MESQUITA, G. M. **Chemical and physical properties of soil under forest of the Botanical Garden in Goiânia**. 2014. 74 f. Thesis (Doctor in Agronomy: Soil and Water)– Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.¹

In the state of Goiás, its 34 million hectares, only 0.93% represent the Conservation Unit (UCs) full and 2.59% UCs of sustainable use, among these protected areas are the parks. Law N°. 9985 of July 18, 2000, establishing the National System of Nature Conservation Units (SNUC) is made up of all federal conservation units, state and municipal. This Act establishes criteria and standards for the creation, implementation and management of protected areas. The protected area is the territorial space and its environmental resources, including jurisdictional waters, with relevant natural characteristics, legally instituted by the Government, with conservation objectives and defined limits, under special administration regime, to which adequate safeguards apply to protection. This study aims to evaluate the effect of fire on the chemical and physical properties of soil in a protected area in an urban area, which has preserved area and kills suffered burning process. The study was conducted in the Botanical Garden Amalia Hermano Teixeira (JATH) located in the southern region of Goiânia, Goiás, has a total area of 1,000,000 m². The soil was classified as Oxisol. In JATH were selected two areas for the study: Burnt Forest (MQ), the area which suffered from illegal burning process in 2010; Preserved forest (MP). Its vegetation is characterized as primary forests have changed, the type Forest Semideciduous. Soil sampling was done at two different times: MQ in September 2012 and MP in May 2013. native forest areas are used as reference areas for soil studies. Thus were estimated physical and chemical indicators of soil penetrometer with up to 40 cm and samples of disturbed and undisturbed soil for the purpose of physical and chemical analysis. Soil samples were collected at depths of 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm. In each area were soil samples collected form a sample grid consists of six rows and five columns with a distance of 10 m between sample points, forming a gride 300 m². Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the means were compared within each depth and in each area by 5% Tukey test. The results showed that after four years of the forest burning, observed a concentration of nutrients in the soil profile of MQ in relation to MP at a depth of 0-5 cm. The levels of potassium, calcium and magnesium, present in higher mean values MQ relative to MP, which can be attributed in part to the effect of residual ash. The time after firing do not influence so means the physical soil.

Key words: Physical indicators and chemical soil, soil conservation, burned.

¹Advisor: Prof. Dr^a. Vladia Correchel. EA-UFG

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estima-se que no Brasil exista hoje cerca de 70 milhões de hectares destinados a Unidades de Conservação (UCs) estaduais com proteção integral, onde não é permitido o uso direto dos recursos naturais, ou de uso sustentável, que procura integrar a conservação com o uso sustentável dos recursos naturais. Tais unidades são essenciais para conservação da biodiversidade, como no caso do *hotspots* Cerrado, ainda mais se considerada à dificuldade de se ampliar as áreas de conservação em espaços públicos, e mesmo de encontrar áreas de fato ainda preservadas. No estado de Goiás, dos seus 34 milhões de hectares, apenas 0,93% representam UCs integral e 2,59% UCs de uso sustentável (Oliveira, 2002), dentre estas UCs estão os parques (Streglio & Oliveira, 2011).

Os Jardins Botânicos tem sido ao longo dos séculos, significativos instrumentos do desenvolvimento científico, e elos importantíssimos nos processos de conservação. Os pesquisadores que neles trabalham ou se associam desempenhado um papel fundamental no estudo taxonomico e na investigação dos vegetais, proporcionando a divulgação de relevantes informações sobre a aclimação e cultivo das espécies economicamente importantes e fomentando a educação de estudantes de botânica e disciplinas afins, como a agricultura e silvicultura (Coradin & Giacometti, 1992).

O Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira, representa uma das maiores UCs de Goiânia, com aproximadamente 1 km² de área, que abriga espécies nativas da flora e fauna do Cerrado. Tal área, além das funções descritas acima, é uma área de proteção das nascentes do córrego Botafogo, afluente do Rio Meia Ponte, um dos mananciais que abastecem Goiânia-GO (Sant'Ana, 2007).

Nascente ou afloramento do lençol freático, irão dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios). A nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua, localizada próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia.

Além da quantidade de água produzida por uma nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo, ou seja, que a variação da vazão situe-se dentro de um

mínimo adequado ao longo do ano. Esse fato implica que a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve reter boa parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo, liberando-a aos poucos aos cursos d'água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca. Isso é fundamental tanto para o uso econômico e social da água - bebedouros, irrigação e abastecimento público, como para a manutenção do regime hídrico do corpo d'água principal, garantindo a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela (Sant'Ana, 2007).

As formas da vegetação indicam ambientes peculiares, como o regime hídrico, fertilidade natural e aeração do solo. Segundo Resende & Rezende (1983), solo, clima e organismos interagindo, conferem fisionomia diferente a cada ambiente. Os solos sob mata, geralmente, são mais profundos, apresentam maior quantidade de frações grosseiras (com diâmetro maior que dois milímetros) e maior condutividade hidráulica saturada, sendo, portanto, mais permeáveis e capazes de armazenar maior volume de água no perfil, devido à presença de microporos.

Em geral, essa vegetação mais exuberante, induz maiores modificações no solo que a campestre, alterando a distribuição e dinâmica de resíduos orgânicos (Ryan & McGarity, 1983), proporcionando menores perdas de nutrientes devido à maior heterogeneidade da composição florística e melhor cobertura do solo (Fonseca, 1978). Em tais ecossistemas naturais, a qualidade do solo tem sido considerada com o objetivo de se obter um valor padrão ou referência para comparação quando estes solos são incorporados ao processo produtivo (Araújo et al., 2007).

Para avaliar as propriedades indicadoras de qualidade do solo deve-se considerar, dentre outros, os seguintes aspectos: facilidade de medição, respostas às mudanças, limite claro entre condições de sustentabilidade e não-sustentabilidade e relação direta com requerimentos de qualidade do solo (Goedert & Oliveira, 2007).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar atributos físicos e químicos de um solo sob mata preservada e mata queimada, no Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira, em Goiânia-GO.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Uma das formas mais reconhecidas e utilizadas para garantir a proteção de espécies e de ecossistemas são as chamadas unidades de conservação – parques nacionais, reservas biológicas e extrativistas, entre outras. Tratam de espaços territoriais com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivo de conservar a biodiversidade e outros atributos naturais neles contidos, com o mínimo de impacto humano.

A implantação da política de conservação do meio ambiente é o reflexo da atual maneira da sociedade se relacionar com a natureza. Coimbra (2002) destaca alguns elementos que compõe este relacionamento, e esboça uma conceituação complexa do meio ambiente:

Meio ambiente é o conjunto dos elementos abióticos e bióticos, organizados em diferentes ecossistemas naturais e sociais em que insere o Homem, individual ou socialmente, num processo de interação que atenda ao desenvolvimento das atividades humanas, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais do entorno, dentro das leis da Natureza e dos padrões de qualidade definidos (Coimbra, 2002, p.32)

Este autor alerta sobre o conceito distorcido contido na Constituição Federal (1988), na qual materializa o Meio Ambiente colocando somente para uso e a favor da espécie humana. Também demonstra que a própria Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) é reducionista em se tratando desta questão quando estabelece: “[...], considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” (Brasil, 1981, PNMA, art 2º, inciso I) não considera a interação e a mútua relação entre o ser humano e a natureza.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) constitui-se do conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Esta Lei estabelece critérios e normas para a

criação, implantação e gestão das unidades de conservação. A unidade de conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituída pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

De acordo com o artigo 4º: o SNUC tem os seguintes objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

Constituem o grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de unidade de conservação: Área de Proteção Ambiental; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural. A área de Proteção ambiental é caracterizada sendo uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos

abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Jakelaitis et al. (2008) descrevem que a principal causa da degradação do ambiente resulta do uso inadequado do solo. Tendo como consequência a redução da matéria orgânica e, por conseguinte, alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo.

2.2 AÇÃO ANTRÓPICA E AMBIENTE

A proteção ambiental do entorno das unidades de conservação é de vital importância para a preservação do patrimônio natural que se objetiva assegurar. Especialmente nas grandes cidades, é necessário o estabelecimento de zonas de transição entre os espaços urbanizados e os ecossistemas naturais onde o uso e ocupação do solo sejam compatíveis com a sua função tampão (“buffer zone”).

Segundo Cole & Schreiner (1981), Marion & Cole (1996) e Hammitt & Cole (1998), o principal impacto nos solos em áreas naturais de recreação é o pisoteio, o uso de veículos (bicicletas, motocicletas, automóveis, etc.), pois causam compactação do solo, aumentando a densidade e sua resistência à penetração no solo. Mudanças na estrutura do solo e na sua estabilidade, perdas na serapilheira e no conteúdo de húmus, redução nas taxas de infiltração, aumento do escoamento hídrico superficial, e aumento da erosão. Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio pode levar a mudanças na biologia e na química do solo. Os macro e microhabitats do solo e da serapilheira alterados resultam em importantes mudanças na composição das espécies da microflora e da fauna do solo (Figueiredo et al., 2012).

A deterioração física (alargamento, aprofundamento) das trilhas é mais observada do que mudanças na vegetação. As mudanças na vegetação são menos notadas pelos visitantes, pois são confinadas para as áreas de borda da trilha e o mais importante é que não prejudica a função da trilha, como facilitador de transporte (Cole, 1983),

Segundo Lechner (2006), as trilhas costumam ser o primeiro dos elementos de infraestrutura desenvolvidos sempre que uma nova área protegida é declarada e, com

frequência, isso ocorre antes do planejamento formal ou mesmo que um plano de manejo seja implantado. Hoje, essas trilhas deixadas por nossos antepassados ou por moradores de zonas rurais, são utilizadas para vários fins, um deles é o ecoturismo, onde as trilhas levam para cachoeiras, *canyons*, cavernas, mirantes, dentre outros atrativos naturais.

Atualmente a atividade ecoturística vem sendo muito difundida. Assim, faz-se necessário um conhecimento mais específico das condições físicas das trilhas, sendo o monitoramento da atividade erosiva, no leito destas, uma importante variável para que se conheça seu estado de conservação e de segurança para as pessoas que as utilizam para diversos fins (caminhadas, ciclismo, cavalgadas, etc.). Andrade (2003) descreve que podem ser estabelecidos diversos tipos de trilhas, que podem ser classificadas quanto à função (vigilância, recreativa, educativa, interpretativa e de travessia), quanto à forma (circular, oito, linear e atalho), quanto ao grau de dificuldade (caminhada leve, moderada e pesada) e quanto à declividade do relevo (ascendentes, descendentes ou irregulares).

A erosão transparece devido à exposição do solo no seu leito principal e pode estar relacionada a vários fatores, entre eles, a intensidade de tráfego (andarilhos, ciclistas e cavalos de montaria), a declividade do terreno, além das características físicas e químicas do solo (Gualtieri-Pinto et al., 2008).

Medidas de preservação e controle de erosão sempre são necessárias para evitar, minimizar e conter os processos já instalados, além de evitar o surgimento de novos pontos de erosão em unidades de preservação (Sant'Ana, 2007).

2.3 USO DO FOGO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

As principais ameaças do fogo à biodiversidade do Cerrado são a erosão dos solos, a degradação dos diversos tipos de vegetação presentes no bioma e a invasão biológica causada por gramíneas de origem africana. O amplo uso de gramíneas africanas para a formação de pastagens é prejudicial à biodiversidade, aos ciclos de queimadas e à capacidade produtiva dos ecossistemas (Klink & Moreira, 2002). O uso do fogo para a abertura de áreas virgens e para estimular o rebrotamento das pastagens também é prejudicial, embora o Cerrado seja um ecossistema adaptado ao fogo, mas estudos experimentais na escala ecossistêmica e modelos de simulação ecológica demonstraram

que mudanças na cobertura vegetal alteram a hidrologia e afetam a dinâmica e os estoques de carbono no ecossistema (Klink & Machado 2005).

Em unidades de conservação a eliminação total pelo fogo pode também causar degradação da biota nativa. Pois, devido ao acúmulo de material combustível (biomassa vegetal seca) e à baixa umidade da época seca, uma eventual queimada nessas condições tende a gerar temperaturas extremamente altas que são prejudiciais à flora e à fauna do solo (Klink & Moreira, 2002).

O fogo é geralmente usado para limpar terrenos. Tansey et al. (2004) estimaram que 67% da área queimada no Brasil em 2000 estavam no Cerrado. Queimadas frequentes afetam negativamente o estabelecimento de árvores e arbustos (Hoffmann & Moreira, 2002), além de liberar para a atmosfera dióxido de carbono (CO₂) e outros gases causadores do efeito estufa (Krug et al., 2002).

O fogo como modificador de ecossistemas tem estado em evidência nos últimos anos, principalmente por ser considerada uma das causas do aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera (Spera et al., 2000). No Cerrado, esse elemento apresenta alta frequência, com uma série de efeitos observados principalmente em relação à temperatura do solo e do ar, à umidade, nutrientes, a estratégias da flora, à produtividade primária e ao desenvolvimento das plantas (Meirelles, 1990). Essas alterações biológicas e químicas como da população microbiana, da disponibilidade de nutrientes, do pH, aumentando a fonte de carbono e promovendo a oxidação da matéria orgânica (Santos et al., 1992).

Após a queima, geralmente há uma redução na capacidade de retenção de umidade do solo, porém, com a remoção da cobertura vegetativa, a disponibilidade real de umidade pode aumentar, por causa da demanda reduzida. O tamanho do agregado de solo é reduzido, a densidade aparente aumenta, e as taxas de permeabilidade e infiltração de água são reduzidas (Gliessman, 2013).

O Cerrado, como um tipo de savana, tem como determinantes a umidade do solo, o conteúdo nutricional, a herbivoria e o solo (Spera et al., 2005). No caso do fogo, sua ação no estrato herbáceo-subarbusivo do cerrado resulta na rápida mineralização e na acelerada ciclagem dos nutrientes. Já no tocante ao estrato arbóreo, o fogo influencia principalmente a redução do porte das árvores e o aumento da sua tortuosidade (Ramos & Rosa, 1996).

2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS

O solo é um ambiente dinâmico, heterogêneo e complexo, onde interagem vários processos de natureza química, física e biológica. Uma maneira sugerida para superar essa dificuldade é a identificação e seleção de indicadores de qualidade física, química e biológica, que representam as principais funções do solo, como promover o crescimento de raízes e a atividade biológica; favorecer a infiltração e movimento de água; permitir as trocas gasosas, entre outras (Doran & Parkin 1994; Karlen & Stott, 1994; Chaer, 2001).

A qualidade estrutural do solo tem sido associada às condições físicas favoráveis à emergência de plântulas, desenvolvimento radicular, aeração, infiltração e movimento de água no perfil do solo. Doran & Parkin (1994) definem qualidade de solo como sendo a capacidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, com vistas em sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Segundo Eash et al. (1994), a formação da estrutura do solo resulta na formação dos agregados do solo.

Aspectos relacionados com a estrutura podem ser quantitativamente caracterizados pela distribuição de tamanho de agregados estáveis em água (Arshad et al., 1996). A formação e a estabilização de agregados ocorrem simultaneamente mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos no solo. Bayer & Mielniczuk (1999) destacam que a formação de agregados é influenciada não só pelas forças físicas envolvidas no umedecimento e secamento, congelamento e descongelamento, mas também pela compressão das raízes e que, após a aproximação das partículas minerais, o C-orgânico é de importância fundamental na estabilização dos agregados.

Os atributos físicos, por estarem envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenamento de água, trocas gasosas e atividade biológica, constituem-se em importantes indicadores da qualidade do solo. Araújo et al. (2007) destacam os atributos físicos do solo, em especial, a textura e estrutura do solo, como essenciais a qualidade do solo pela estreita relação entre estes e os atributos químicos e biológicos.

A textura é uma das propriedades mais estáveis, sendo usada nos estudos de impactos de manejo do solo para caracterizar as condições em que foi feita a pesquisa. No entanto, ela está intimamente ligada a resiliência do solo por se correlacionar com outras

propriedades físicas e as químicas do solo. A capacidade de troca de cátions (CTC), a retenção e infiltração de água, a drenagem, a erodibilidade, dentre outras, tem relação direta com a textura, definindo as práticas de manejo e capacidade de suporte do solo a produção vegetal (Meurer, 2007).

A estrutura refere-se ao arranjo espacial das partículas do solo. Constitui-se num atributo do solo de natureza dinâmica, mesmo que a forma e o tamanho das unidades estruturais não se alterem, uma simples mudança na sua disposição, como alteração do espaço poroso, determinará novo comportamento dos processos que ocorrem dentro do solo (Ferreira, 2010). Assim, fatores como agregação do solo, o complexo do espaço poroso, a resistência do solo a penetração, são alguns aspectos da estrutura do solo visto em diferentes escalas (Dexter, 1988).

A densidade do solo é a propriedade física mais dinâmica e, em condições naturais, é dependente da textura, variando de 0,2 a 0,5 g cm³ nos solos turfosos até 1,6 g cm³ nos solos arenosos (Meurer, 2007). É alterada pelo cultivo, pela compressão de máquinas agrícolas, pelo pisoteio animal e condições de clima (Arshad & Martins, 2002). Incrementos na densidade do solo diminuem a porosidade, reduzem a permeabilidade e alteram o padrão de crescimento radicular dos vegetais (Araújo et al., 2012). Já a densidade de partículas não é alterada pelo manejo. Como a fração orgânica é a passível de mudanças com o manejo do solo e constitui reduzida quantidade do volume total de sólidos, poucas mudanças são observadas nessa variável.

A dinâmica do espaço poroso do solo tem se apresentado como importante indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas por se relacionar com a condutividade hidráulica do solo, capacidade de drenagem, de retenção de água para as plantas, erodibilidade, suprimento de O₂ para as raízes, dentre outras (Doran & Parkin, 1994). Operacionalmente, costuma-se classificar os poros do solo de acordo com a classe de tamanho, ou seja, macroporos e microporos, cujo limite está nos poros com diâmetro maiores e menores que 0,6 mm, respectivamente, Kiehl (1979). Já Klein & Libardi (2002) classificam como macroporos os poros com diâmetro maior que 0,05 mm (que perdem a água em tensões menores que 6 kPa), microporos, aqueles com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm (que são esvaziados a tensões entre 6 e 1500 kPa).

A altura da coluna de água de aparelho com mesa de tensão de 60 cm é o parâmetro usado para separar macroporos de microporos, admitindo-se que os macroporos sejam responsáveis pelo livre movimento do ar, água e do crescimento radicular, e os

microporos um reservatório de água (Reichardt, 1990). O limite mínimo de 10% de macroporos e o máximo possível de microporos têm sido defendidos como condição ideal do solo para uso agrícola (Carneiro et al., 2009).

A agregação do solo é um processo dependente de fatores bióticos e abióticos do solo (Baldock, 2002). No entanto, Silva & Mendonça (2007) argumentam que, nas condições de solos tropicais e subtropicais dominados por argilas 1:1 e oxihidróxidos, esse processo é mais dependente de interações físico-químicas. Assim, os fatores bióticos como matéria orgânica do solo e sistema radicular, assumem papel secundário na formação de agregados nos solos tropicais.

Sá et al. (2000) relatam que a estabilidade de agregados é o parâmetro que melhor se correlaciona com a erodibilidade do solo, influencia a infiltração e retenção de água, a aeração, o encrostamento superficial e a resistência à penetração. Diversos trabalhos têm usado esse atributo do solo como indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas (Junqueira et al., 2010; Bonini & Alves, 2011; Dantas et al., 2012).

Outro atributo que tem sido usado em estudos de avaliação dos impactos do manejo é a resistência mecânica do solo à penetração de raízes (Borges et al., 2004; Oliveira et al., 2007; Freitas et al., 2012), pela facilidade de sua determinação e sensibilidade as variações de manejo do solo (Klein, 2008). Sabe-se que sua determinação está associada aos valores de densidade global e umidade do solo, pela sua relação de dependência com essas variáveis. No entanto, não há consenso na literatura quanto aos valores restritivos ao crescimento radicular, o qual pode variar de acordo com a textura do solo, cultura explorada e sistema de manejo do solo adotado.

A penetrometria ou avaliação da resistência do solo à penetração é uma metodologia interessante para se avaliar, comparativamente, a variabilidade estrutural do perfil do solo (Ralisch & Tavares Filho, 2002); apesar de não ser conclusivo quanto à intensidade e ocorrência de compactação do solo, permite avaliar diferentes sistemas empregados em mesmo tipo de solo.

A resistência à penetração é um dos atributos físicos do solo que influenciam o crescimento de raízes e permite avaliar os efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Tormena & Roloff, 1996). Daí a importância da avaliação da resistência do solo à penetração, a qual pode ser realizada por um índice de cone, definido como a resistência do solo à penetração de uma carga aplicada por unidade de área até uma determinada profundidade.

De modo geral, todas as áreas de unidade de conservação contribuem para a minimização dos processos erosivos e dos seus efeitos negativos, dentre os quais a perda de solo fértil. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (2005), em áreas com mata nativa tem-se, em média, uma perda de apenas 4 kg de solo por hectare/ano, enquanto que em áreas de plantio de soja e algodão a perda ultrapassa mais de 20 toneladas por hectare/ano, ou seja, os problemas do assoreamento dos cursos d'água se agravam quando as vegetações nativas das unidades de conservação são suprimidas.

Fatores de ordem química influenciam o crescimento das plantas e, associado às suas interações, são difíceis de classificá-los ou separá-los. Em geral, os indicadores químicos são agrupados em variáveis relacionadas com o conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação por base e alumínio (Araújo et al., 2012).

O potencial de hidrogênio (pH) é uma variável química que expressa a reatividade do solo e, assim, tem relação direta com o crescimento das plantas. Sua principal interferência reside na: i) disponibilidade dos elementos essenciais à nutrição das plantas; ii) solubilidade de elementos que podem ter efeito tóxico sobre as plantas; iii) atividade da biota do solo; iv) controle de pragas e doenças; v) competição entre espécies de plantas; vi) reações de sorção, dessorção e precipitação do solo (Meurer, 2007).

A despeito da disponibilidade dos nutrientes para as plantas, sabe-se que macronutrientes como N, K, Ca, Mg e S, por efeitos diretos ou indiretos, apresentam maior disponibilidade para os vegetais em faixa de pH de 6,0 a 6,5. O fósforo (P), na maioria dos solos brasileiros é pouco disponível em ambiente muito ácido. Isso decorre da afinidade que esse nutriente tem com a fração mineral do solo, no caso os óxidos de ferro, muito comum nos solos brasileiros, formando complexos de esfera interna de baixa labilidade (Meurer, 2007). Nessas condições, associada à baixa mobilidade do P, a nutrição das plantas com esse elemento dar-se-ia, principalmente, pela decomposição da MOS nas camadas superficiais do solo (Vale Júnior et al., 2011).

Com relação a interpretação do grau de perturbação causado pela ação antrópica, dois diferentes enfoques têm sido propostos para se estabelecerem critérios de referência: solo de área sob vegetação natural, por representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente; e parâmetros agronômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente (Santana & Bahia Filho, 2002). Islam & Weil (2000) propuseram a utilização de dados das características físicas, químicas e biológicas,

coletados em solo de uma área de floresta natural não perturbada, como referência para montagem de um índice geral da qualidade do solo.

2.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira (JAHT), constitui uma área de proteção ambiental. Tem por missão a preservação da biodiversidade da vegetação de Goiás, especialmente o Cerrado, bem como, promover sua conservação, por meio da coleções científicas *in-situ* e *ex-situ*, divulgando outras vegetações do Brasil e do mundo, divulgando o ensino e a pesquisa técnico-científica. Através da manutenção de coleções científicas e a realização da educação ambiental, fornecendo assim informações para o desenvolvimento de atividades sustentáveis (Sant'Ana, 2007).

A área do Jardim Botânico foi contemplada no projeto original de urbanização de Goiânia, elaborado pelo arquiteto Atílio Correia Lima. A partir da Lei Municipal 7.800, de 5 de março de 1998, a área passou a ter como finalidade “desenvolver pesquisa, divulgação, conservação, preservação e recuperação, além de programas de atividades de recreação e educação ambiental”. O Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira, encontra-se envolto por área urbana altamente ocupada, o que certamente imprime alterações ao ecossistema, e aos elementos que o compõem.

Sua cobertura vegetal caracteriza-se por ser mata primária já alterada, do tipo Floresta Estacional Semidecidual, cuja alteração é resultante da ocupação indevida das áreas limítrofes, com inserção de espécies invasoras, assim como da retirada de material arbóreo clandestinamente para construções, lenha, etc. Tal mata era originalmente muito mais extensa, prolongava-se até se encontrar com as matas que cobriam o chamado mato grosso Goiano, abrangendo cursos d'água desta região (Sant'Ana, 2007).

Geologicamente, a área é recoberta por sedimentos quaternários (Q) pleistocênicos (P) e holocênicos (H), com afloramentos pontuais de granitos neoproterozóicos (N(G)), todos inseridos geomorfologicamente no Planalto dissecado de Goiás. Planalto Rebaixado de Goiânia situado na porção centro-sul do Estado abriga sua capital, Goiânia, e outras cidades de menores dimensões territoriais.

Com cotas altimétricas entre 650 e 850 m, a unidade compreende um vasto planalto rebaixado e dissecado, esculpido em litologias pré-cambrianas diversas. Na seção

centro-meridional e em segmentos da parte norte predominam os micaxistos e quartzitos do Grupo Araxá. Na seção setentrional, dominam os gnaisses e granodioríticas. Sobre essas litologias atuaram os processos de dissecação, resultando em relevos predominantemente tabulares, sobre os quais se desenvolvem Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelos.

Quanto ao aspecto pedológico, domina na área o Latossolo Vermelho, alternando-se algumas manchas de Latossolo Vermelho-Amarelo. Nota-se em alguns trechos o processo de laterização. Nas planícies de inundação situadas em diferentes níveis altimétricos conforme se trate de nascentes propriamente ditas ou de etapas subsequentes às mesmas, os solos apresentam textura areno-argilosa e características hidromórficas. São solos negros e ricos em húmus, resultantes da permanente deposição de material orgânico que, por reações físico/químicas, dão origem a esse tipo de solo, de boa fertilidade (Nascimento, 1991).

Em relação aos solos, segundo mapeamento regional, predomina os Latossolos Vermelhos distróficos, constituídos de material mineral, apresentando horizonte B latossólico abaixo de qualquer tipo de horizonte A. Em geral, solos argilosos ou muito argilosos, são muito profundos e bem drenados, apresentam baixa densidade aparente de 0,84 a 1,03 g cm⁻³, porosidade alta e saturação de bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (Embrapa, 2006). Apresentam, em geral, boa capacidade de retenção de água, com baixos valores de densidade e elevados de porosidade total, além de serem solos bem estruturados e com CTC elevada (Kiehl, 1979).

Na área do Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira tais solos se encontram associados a relevo plano a suave ondulado, neste caso o Planalto Embutido de Goiânia, marcado por terrenos com altitudes de 750 a 850 m, situado entre os níveis mais elevados do Planalto Granulítico e do Pediplano Intermontano (Nascimento, 1991).

No Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira há basicamente três nascentes (Figura 2.1), cada uma delas é constituída de um ou vários olhos d'água. A primeira nascente está acima da altitude de 840 m. Sua planície de inundação situa-se entre as cotas de 840 e 830 m. O escoamento se dá de forma muito difusa, ocasionando áreas alagadiças relativamente grandes. Esse tipo de escoamento é resultante do intenso assoreamento que vem se processando ao longo de anos, como consequência do desmatamento e da utilização das terras de forma indevida pelas ocupações irregulares (Goiânia, 2010).

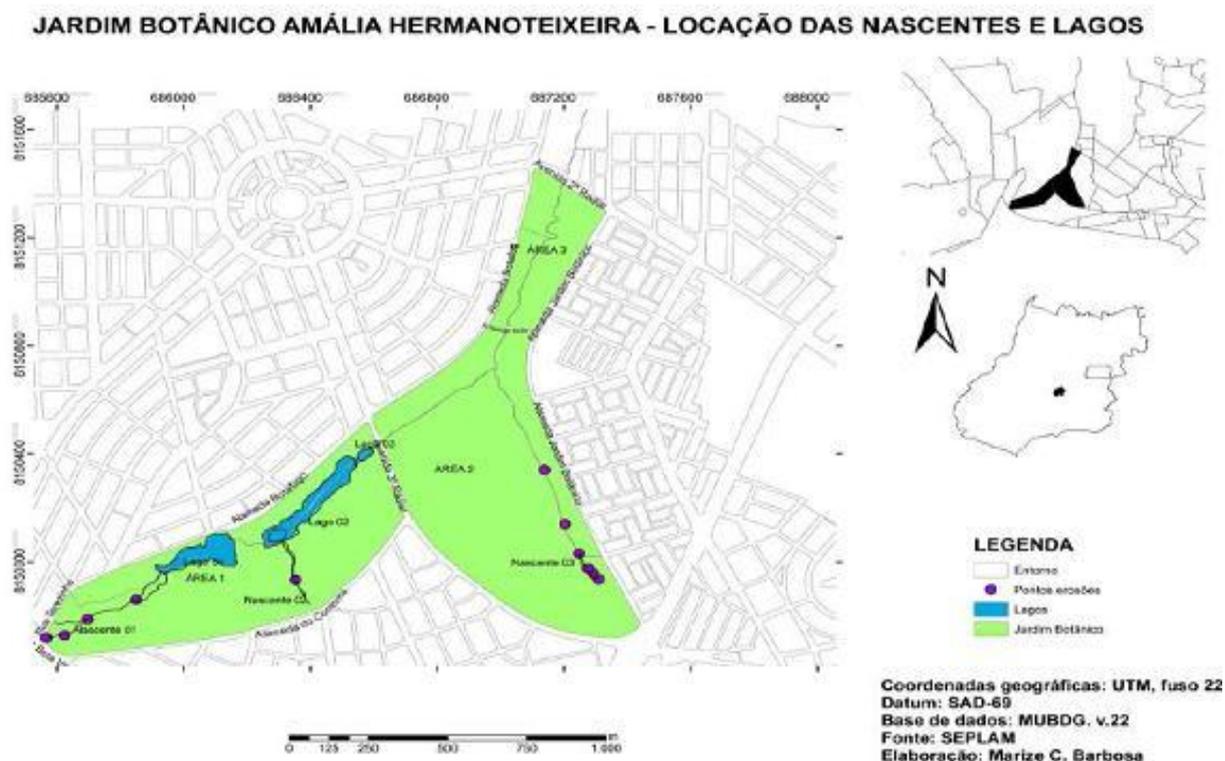


Figura 2.1. Localização das nascentes, lagos e pontos de erosões (Sant’Ana, 2007)

As nascentes encontram-se bastante desprotegidas, a vegetação original foi destruída e foram introduzidas plantas exóticas, como mangueiras e bananeiras. Após a nascente e a área assoreada, encontram-se dois canais em forma de vales encaixados, profundamente entalhados, com sinais de erosão lateral, que vão provocando desmoronamento. Na confluência desses dois cais o rio sofre os efeitos de um aterro, que represa as águas desta nascente, formando um lago. A segunda nascente, com boa vazão, é que assegura a sobrevivência do Botafogo. Essa nascente encontra-se prejudicada devido às trilhas (caminhos abertos na mata), que favorecem o escoamento superficial direcionando as águas da chuva para as nascentes (Goiânia, 2010).

Essas águas superficiais carregam para o seu ponto de escoamento maior ou menor quantidade de sedimentos, conforme o volume de água corrente e a declividade do terreno. Por esse motivo, as chuvas intensas, já ocorridas desde a abertura dos caminhos até hoje provocam fortes enxurradas. Estas depositam na depressão, onde se encontra a segunda nascente, grande volume de sedimentos que dificultam a saída da água. Forma-se primeiro uma pequena represa, e em seguida, ao ultrapassar o nível desses sedimentos acumulados, a água flui normalmente, indo abastecer um segundo lago artificial formado

por represamento das nascentes. A passagem da água se dá por infiltração e não por fluxo normal (Sant'Ana, 2007).

Após o segundo lago, apesar da impossibilidade de fluxo normal de água, forma-se um terceiro lago pequeno que tende a desaparecer no período da seca. Seu abastecimento se dá pelas águas do lençol freático e também pela água resultante de infiltração do segundo lago. Esse pequeno lago flui sob a Avenida do Contorno, ou Avenida 1ª Radial, através de manilhas. As águas prosseguem seu curso, atravessando grande várzea, até a confluência com as águas provenientes da terceira nascente. Esta última tem a cabeceira principal tubulada. Cerca de 50 m adiante ressurge a nascente, a tubulação é colocada numa cisterna. O tubo superior foi quebrado, permitindo o escoamento da água. Daí em diante o escoamento é normal, e o canal relativamente encaixado, as vertentes são abruptas, sem planície de inundação (Goiânia, 2010).

Os três lagos que se formam com as duas primeiras nascentes são lênticos e sem turbilhamento. O primeiro lago se encontra nas proximidades de um bambuzal e possui área de 12.942,84 m², o lago dois, que se encontra próximo ao deck, possui área de 18.051,96 m², enquanto que o lago três, localizado perto a 1ª radial, possui área de 2.110,95 m² (Goiânia, 2010).

Foram selecionadas duas áreas distintas para a realização do estudo, Mata queimada (MQ), área a qual sofreu processo de queima clandestina em 2010, localizada nas coordenadas 16°43'28,8" S e 49°15'7,2" W, com altitude de 826 m; Mata preservada (MP), localizada nas coordenadas 16°43'34,4" S e 49°15'16,7" W, com altitude de 820 m.

2.6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. J. Implantação e manejo de trilhas. In: Mitraud, S. (Org). **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. WWFBrasil, Brasília, p. 247-259, 2003.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison : Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publication, 49).

ARSHAD, M. A.; MARTINS, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002.

BALDOCK, J. A. Interactions of organic materials and microorganisms with minerals in the stabilization of soil structure. In: HUANG, P. M.; BOLLAG, J. M. SENESI, N. (Ed.). **Interactions between soil particles and microorganisms: impacts on the terrestrial ecosystem**. IUPAC, Series on analytical and physical chemistry of environmental systems. v. 8, p. 58-132, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 360 p.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1263-1270, 2011.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; PINTO, L. F. S.; LEITZKE, V. W. Resistência à penetração de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 83-86, 2004.

BRASIL. **Constituição Federal, 1988**. Senado Federal. Disponível em: <<http://www.alep.pr.gov.br/system/files/corpo/Con1988br.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2012.

BRASIL. **PNMA - Lei 6.938/1981** – Política Nacional do Meio Ambiente. Presidência da República. Disponível em:<<http://www.zonaeletrica.com.br/cndpch/leg/ambiental/LEI6938.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2012.

BRASIL. **SNUC - Lei 9.985 /2000** - Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Presidência da República Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985>. Acesso em: 12 jun. 2012.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solos de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CHAER, G. M. **Modelos para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e biológicos**. 2001. 89 f. dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

COIMBRA, J. A. A. **O outro lado do meio ambiente**: uma incursão humanista na questão ambiental. Campinas: Millennium, 2002. 560 p.

COLE, D. N. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. Research Paper INT-303. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service. **Intermountain Forest and Range Experiment Station**, Ogden, 1983. 10 p

COLE, D. N.; SCHREINER, G. S. Impacts os backcountry recreation: site management and rehabilitation – an annotated bibliography. **General Technical Report INT-121**. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, 1981. 58 p.

CORADIN L.; GIACOMETTI D. C. **Os Jardins Botânicos e a Conservação dos Recursos Vegetais no Brasil**. Centro Nacional de Pesquisa em Recursos Genéticos e Biotecnologia CENARGEN, da Empresa brasileira de pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, Caixa Postal 0.2372,70.849.970- Brasília - DF Brasil. 1992. 82 p.

DANTAS, J. D. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. E.; ASSIS, C. P. Qualidade do solo sob diferentes usos e manejo no perímetro irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 18-26, 2012.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 199-238, 1988.

DORAN, J. W; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication, 35).

EASH, N. S.; KARLEN, D. L.; PARKIN, T. B. Fungal contributions to soil aggregation and soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 1994. p. 221-228.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2ª edição. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FEREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG van LIER, Q. (Ed.) **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

FIGUEIREDO, M. A.; FILHO, R. E. F.; VARAJÃO, A. F. D. C. Qualidade do Solo como Geoindicador para o Manejo de uma trilha no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 199-208, 2012.

FONSECA, S. **Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagem**. 1978. 78 f. Dissertação

(Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V.; CUSTODIO FILHO, R. O., SILVA, N. R.; CORRECHEL, V. Resistência à penetração em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1275-1281, 2012.

GLIESSMAN, R. S. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. (Reimpressão), Porto Alegre, UFRGS, 2013. 656 p.

GOEDERT, W.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 991-1017.

GOIÂNIA. Secretaria Municipal de Planejamento. **Revisão e Detalhamento da Carta de Risco do Município de Goiânia**. V. 1. Equipe executora: Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste, Goiânia: Prefeitura Municipal de Goiânia, 2010.

GUALTIERI-PINTO, L.; OLIVEIRA, F. F.; ALMEIDA-ANDRADE, M.; PEDROSA, H. F.; SANTANA, W. A.; FIGUEIREDO, M. do A. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. **E-scientia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2008.

HAMMITT, W. E.; COLE, D. N. **Wildland recreation: ecology and management**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 361 p.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A. G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna**, Columbia University Press, New York, p. 159-177, 2002.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Amsterdam, v.79, n.1, p. 9-16, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; SANTOS, J. B. dos; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, jun. 2008.

JUNQUEIRA, K. R.; CORRECHEL, V., CUSTÓDIO FILHO, R. O.; SANTOS, F. C. V.; JUNQUEIRA, M. F. R. Estabilidade de agregados de um Neossolo Quartzarênico sob pastagem e mata em Baliza-GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-7, 2010.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A. Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 35, p. 53-72. 1994.

- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 945-953, 2002.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: UFP, 2008. 212 p.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **MEGADIVERSIDADE**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation and land-use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna**, Columbia University Press, New York, p. 69-88, 2002.
- KRUG, T., H.; FIGUEIREDO, E.; SANO, C.; ALMEIDA, J.; SANTOS, H. S.; MIRANDA, N. SATO S. ANDRADE. **Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado nãoantrópico utilizando dados orbitais. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – relatórios de referência**. Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília. 2002.
- LECHNER, L. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. **Cadernos de Conservação**, Paraná, v. 3, 2006. 123 p
- MARION, J. L.; COLE, D. N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites. **Ecological Applications**, New York, v. 6, n. 2, p. 520-530, 1996.
- MEIRELLES, M. L. Efeito do fogo sobre a umidade dosolo em área de campo sujo de cerrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 42, n. 7, p. 359-360, jul. 1990. Suplemento.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 2, p. 67-90.
- NASCIMENTO, M. A. L. S. **Carta de Risco do Município Goiânia**. Plano de Desenvolvimento Integrado do Município de Goiânia – PDIG. vol. 1. Goiânia: IPLAN, 1991.
- OLIVEIRA, G. C.; SEVERINO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho na microregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 265-270, 2007.
- OLIVEIRA, S. F. Unidades de conservação (UCs): contexto histórico e a realidade do Estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. de. **Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, p. 223-244, 2002.
- RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J. Compactação uma preocupação pertinente. **A Granja**, v. 646, n. 2, p. 55-57, 2002

RAMOS, A. E.; ROSA, C. M. M. Impacto das queimadas. In: DIAS, B. F. de S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: Fundação Pró-Natureza, 1996. p. 34-38.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.

RYAN, P. J.; MCGARITY, J. W. **The nature and spatial variability of soil properties adjacent to large forest *Eucalyptus***. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 44, n. 2, p. 286-292, 1983. SAS INSTITUTE. SAS system for elementary statist.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JUNIOR, M. S. Comparison of methods for aggregate stability studies in soils. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 22-32, 2000.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. C. Qualidade do solo: Uma visão holística. **Boletim Informativo**, SBCS, n. 27, p.15-18, 2002.

SANT'ANA, G. R. S. (Org.). **Plano de Manejo do Jardim Botânico de Goiânia**. Goiânia: SEMMA, 2007.

SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 6, p. 275-374.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1817-1824, 2000.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R. Atributos físicos de solos e distribuição das fitofisionomias de cerrado na bacia hidrográfica do Rio Jardim, DF. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, EMBRAPA, Planaltina, DF. 2005. 17 p.

STREGLIO, C. F. C; OLIVEIRA, I. J. Parques urbanos de Goiânia-GO: papel social e potencial turístico. **RA'E GA**, Curitiba, v. 23, p. 317-339, 2011.

TANSEY, K.; GRÉGOIRE, J. M.; STROPPIANA, D.; SOUSA, A.; SILVA, J.; PEREIRA, J. M. C.; BOSCHETTI, L.; MAGGI, M.; BRIVIO, P. A.; FRASER, R.; FLASSE, S.; ERSHOV, D.; BINAGHI, E.; GRAETZ, D.; PEDUZZI, P. Vegetation burning in the year 2000: global burned area estimates from spot vegetation data. **Journal of Geophysical Research** **109**, 2004.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente Online**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.

3 EFEITO DO FOGO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB MATA, NO JARDIM BOTÂNICO, GOIÂNIA-GO

RESUMO

A ação do fogo promove modificações químicas, físicas e biológicas nos solos, que aceleram a mineralização da matéria orgânica, liberam nutrientes, para a solução do solo, facilitando perdas por percolação, volatilização e erosão hídrica e eólica. O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico sob mata preservada (MP) e mata queimada (MQ) no Jardim Botânico em área urbana, Goiânia-Goiás. A amostragem do solo foi feita em duas épocas distintas: MQ em Setembro de 2012 e MP em Maio de 2013. Foram coletados amostras de solos nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. As análises químicas foram realizadas segundo metodologias descritas em Embrapa (1997). Os valores médios de pH em todas profundidades (0-40 cm) diminuíram independente da ação do fogo, elevando a acidez com o aumento da profundidade, o que é atribuído a mineralização da matéria orgânica. A ação do fogo propiciou aumento na disponibilidade dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio no solo da MQ em relação à MP.

Palavras-chave: Matéria orgânica, queimada, nutrientes.

ABSTRACT

EFFECT OF FIRE IN CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER FOREST, THE BOTANICAL GARDEN, GOIANIA-GO

The action of fire promotes chemical, physical and biological changes in the soil, which accelerates the mineralization of organic matter, releasing nutrients into the soil solution, facilitating loss by percolation, evaporation and wind and water erosion. The objective of this study was to evaluate the chemical properties of an Oxisol under preserved forest (MP) and burning bush (MQ) in the Botanical Garden in urban areas, Goiânia, Goiás. Soil sampling was done at two different times: MQ in September 2012 and MP in May 2013 soil samples at depths of 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm were collected. The chemical analyzes were performed according to the methodology described in Embrapa (1997). The mean pH values at all depths (0-40 cm) decreased regardless of the action of the fire, increasing the acidity with increasing depth, which is assigned to the mineralization of organic matter. The action of the fire resulted in an increase in the availability of macronutrients calcium, magnesium and potassium in the soil of MQ compared to MP.

Key words: Organic matter, burned, nutrients.

3.1 INTRODUÇÃO

A ação do fogo provoca uma série de modificações de natureza química, física e biológica dos solos (Redim et al., 2011). As queimadas aceleram a mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), liberam nutrientes, como N e P para a solução do solo, deixando o N susceptível a perdas por percolação e volatilização (Mroz et al., 1980), e por eliminar a cobertura vegetal (Bertol et al., 1997; Heringer et al., 2002), facilitam as perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica e eólica. Esse último aspecto, segundo Freitas & Sant'Anna (2004), pode representar uma grande perda de elementos minerais pelo transporte das cinzas através de uma coluna de convecção de calor durante as queimadas.

Segundo Soares (1995) o empobrecimento do solo por meio do fogo pode ocorrer por incêndios de diferentes intensidades, que degradam quase toda a MOS e a maior parte dos nutrientes por meio de queimas sucessivas que reduzem gradualmente o estoque de nutrientes do solo sem permitir a sua recomposição. De maneira geral, o efeito do fogo sobre a vegetação pode variar de acordo com as condições ambientais no momento da queima, como o tipo de solo da área, frequência da queima e quantidade de combustível disponível, que determinam a intensidade e a duração da queima (Batmanian, 1983; Rodrigues, 1999; Cardoso et al., 2003).

A queima também reduz o aporte de matéria orgânica bruta (biomassa vegetal) e, conseqüentemente, altera o ciclo do carbono, contribuindo para a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera conforme revisão realizada por Redim et al. (2011). Em relação ao efeito do fogo na quantidade e qualidade da MOS, esse impacto depende, especialmente, da intensidade do fogo, tipo de vegetação e textura do solo (Knicker, 2007). Considera-se biomassa a matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal (Martinelli et al., 1994). Biomassa vegetal ou fitomassa é a massa disponível nos vários compartimentos de uma comunidade vegetal. A biomassa vegetal total compreende a biomassa viva acima do solo, composta de árvores e arbustos; a biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos e; a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes e biomassa microbiana (Martinelli et al., 1994; Silveira, 2008).

Pomianoski et al. (2006) relatam que em geral, o fogo não afeta os nutrientes nas camadas abaixo de 2 cm de profundidade no solo. No entanto, o maior estoque de nutrientes está na MOS contida nos primeiros centímetros de solo e em menor quantidade na serapilheira. Com a queimada, a biomassa vegetal e a MOS sofrem uma abrupta

mineralização, especialmente em camadas com até 0,5 cm de profundidade de solo, devido às cinzas com alta concentração de P, K e Ca (Coutinho, 1990). Durante as chuvas fortes os elementos são arrastados pelas águas ou lixiviados em profundidades, prejudicando o processo de ciclagem biogeoquímica que, na prática, garante a continuidade da produtividade florestal (Jordan, 1987).

Fatores de ordem química influenciam o crescimento das plantas e, associado às suas interações, são difíceis de classificá-los ou separá-los. Em geral, os indicadores químicos são agrupados em variáveis relacionadas com o conteúdo de MOS, acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação por base e alumínio (Araújo et al., 2012).

O propósito desse trabalho foi verificar os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob mata preservada e mata queimada do Jardim Botânico, em área urbana de Goiânia-Goiás.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira (JATH) situado na região sul de Goiânia-Goiás e localizado entre as coordenadas geográficas, 16°43'12" e 16°43'50" S e 49°15'40" e 49°14'40" W. Possui área de aproximadamente 1.000.000 m², sob clima tropical com estação seca, Aw (Köppen), com temperatura amena sendo a média anual de 23,15 °C, e média anual de precipitação de 1.520 mm. O período chuvoso compreende outubro a abril e período seco de maio a setembro. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006). No JATH, foram selecionadas duas áreas distintas para a realização do estudo: mata queimada (MQ), área a qual sofreu processo de queimada clandestina em 2010, localizada nas coordenadas 16°43'28,8" S e 49°15'7,2" W, com altitude média de 826 m; mata preservada (MP), localizada nas coordenadas 16°43'34,4" S e 49°15'16,7" W, à altitude média de 820 m. Sua cobertura vegetal caracteriza-se por ser mata primária já alterada, do tipo Floresta Estacional Semidecidual (Sant'Ana, 2007). A amostragem do solo foi feita em duas épocas distintas: MQ em Setembro de 2012 e MP em Maio de 2013. A precipitação acumulada no ano de 2012 foi de 1.683,5 mm e em 2013 de 1.713,9 mm (Figura 3.1).

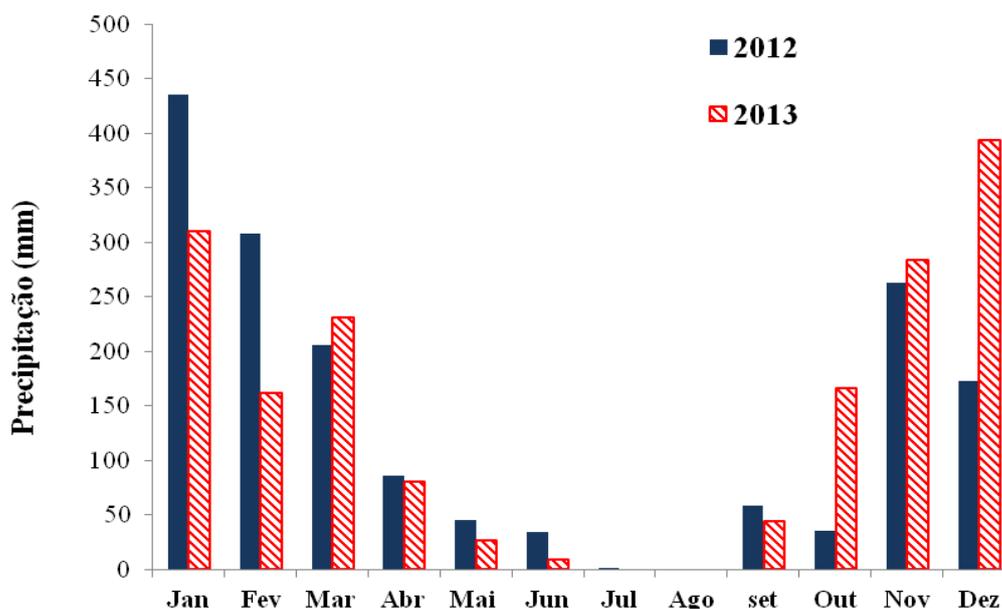


Figura 3.1. Volume mensal precipitado em Goiânia-GO nos anos de 2012 e 2013

Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e cinco colunas com distancia de 10 m entre os pontos amostrais, formando um gride de 300 m² (Figura 3.2). No entorno de cada ponto de amostragem foi aberta uma mini-trincheira, onde, em suas paredes, foram coletados monólitos de terra de 5x20x20 cm nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm e acondicionados em filme plástico. Em laboratório, as amostras foram destorroadas, secas e passadas em peneiras com malha de 2 mm para determinações químicas do solo e para caracterização textural do solo das áreas estudadas.

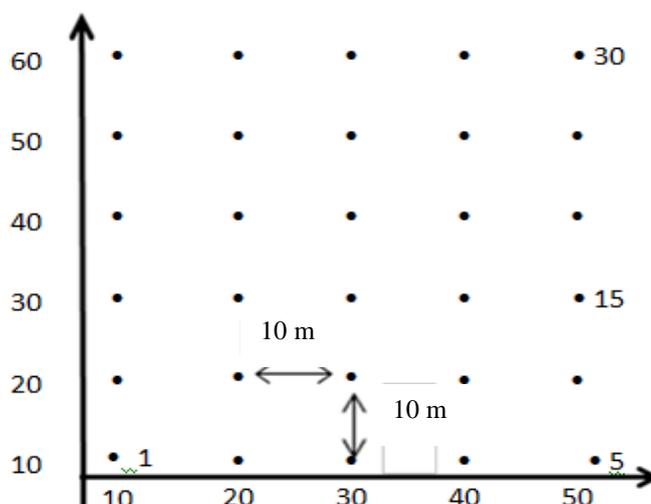


Figura 3.2. Croqui das áreas experimental com a ordem dos pontos amostrais indicada pela numeração de alguns pontos

As análises químicas e físicas foram realizadas seguindo metodologias descritas em Embrapa (1997): matéria orgânica do solo (MOS) - oxidação via úmida com solução de dicromato de potássio em meio ácido, utilizando como fonte externa de calor o ácido sulfúrico e titulado com sal de Mohr; pH - extraído em CaCl_2 ; Al^{3+} e H+Al - extraído com KCl; P e K - Mehlich I e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente e; Ca e Mg - espectrofotometria de absorção atômica extraídos com KCl. A saturação por bases (V%) foi determinada pela relação entre a soma dos valores de cátions básicos trocáveis e a soma dos cátions totais.

A textura foi determinada pelo método do densímetro, com o auxílio de hidróxido de sódio (NaOH 1N) na dispersão química e, sem dispersante, para calcular o grau de floculação (GF) conforme descrito Embrapa (1997). As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Análise de solo e Folhas (LASF) da escola de agronomia na Universidade Federal de Goiás-UFG.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas dentro de cada profundidade e em cada área pelo teste Tukey a 5%.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o sistema de classificação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-SiBCS (Embrapa, 2006), os solos das áreas de estudo apresentam a mesma classe textural, franca-argilo-arenosa, em todas as profundidades (Tabela 3.1).

Os Latossolos apresentam baixos conteúdos de argila dispersa em água, reflexo da baixa atividade de sua fração argila (Ferreira, 2010). Os teores de argila dispersa em água não diferem entre áreas e em profundidade de 0-5 cm. O uso de dispersante mostra que os teores de argila diferiram entre MQ e MP, com a profundidade. Ressalta-se que o teor médio de argila dispersa em água foi menor na camada 0-10 cm, fato passível de ser explicado pelo conteúdo de MOS ser superior nesta profundidade, conforme apresentado na Tabela 3.2. Resultados semelhantes foram obtidos por Matias et al. (2012), em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, 398 g kg^{-1} e Rangel et al. (2007) em Latossolo Vermelho distroférico típico, textura média, 270 g kg^{-1} .

Tabela 3.1. Distribuição dos valores médios das frações granulométricas com e sem dispersante químico (NaOH), e grau de floculação (GF%) em diferentes profundidades (Z, cm) de Latossolo Vermelho distrófico sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP)

| | | | | | | | | | | | | | (MQ) | | | | | |
|-------|-----------------|----|------------|----|-------------|-----|-----------------|----|-----------|----|-----------|--------|-------------|----|--|--|--|--|
| Z | Com dispersante | | | | | | Sem dispersante | | | | | | | | | | | |
| (cm) | Areia | | Silte | | Argila | | Areia | | Silte | | Argila | GF (%) | | | | | | |
| 0-5 | 59,6 ± 7,8 | Aa | 11,4 ± 6,0 | Aa | 29,04 ± 8,9 | Aa | 88,6 ± 9,2 | Aa | 7,2 ± 6,5 | Aa | 4,2 ± 3,7 | Aa | 85,5 ± 13,0 | Aa | | | | |
| 5-10 | 58,7 ± 11,0 | Aa | 12,3 ± 8,2 | Aa | 28,9 ± 9,0 | Aa | 87,7 ± 11,6 | Aa | 7,1 ± 7,3 | Aa | 5,2 ± 5,0 | Aa | 82,2 ± 15,8 | Ab | | | | |
| 10-20 | 57,8 ± 7,7 | Aa | 12,3 ± 5,1 | Aa | 29,8 ± 8,6 | Aa | 85,9 ± 13,5 | Aa | 8,2 ± 8,8 | Aa | 5,8 ± 5,8 | Aa | 80,2 ± 20,6 | Ab | | | | |
| 20-40 | 57,8 ± 8,3 | Aa | 12,3 ± 5,9 | Aa | 29,9 ± 10,0 | Aa | 83,9 ± 15,3 | Aa | 9,7 ± 9,5 | Aa | 6,4 ± 6,7 | Aa | 77,4 ± 24,7 | Ab | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | (MP) | | | | | |
| 0-5 | 49,0 ± 9,5 | Aa | 25,0 ± 6,3 | Aa | 25,9 ± 10,2 | Aab | 94,7 ± 4,0 | Aa | 3,4 ± 3,4 | Aa | 1,9 ± 2,0 | Aa | 91,2 ± 10,3 | Aa | | | | |
| 5-10 | 50,2 ± 7,8 | Aa | 24,5 ± 5,6 | Aa | 25,3 ± 8,3 | Ab | 95,2 ± 4,1 | Aa | 2,7 ± 3,5 | Aa | 2,0 ± 2,0 | Aa | 92,0 ± 7,3 | Aa | | | | |
| 10-20 | 47,9 ± 8,8 | Aa | 23,5 ± 6,1 | Aa | 28,5 ± 10,2 | Aab | 95,6 ± 3,5 | Aa | 2,5 ± 3,1 | Aa | 2,0 ± 1,8 | Aa | 93,0 ± 7,1 | Aa | | | | |
| 20-40 | 43,9 ± 10,9 | Aa | 23,5 ± 6,3 | Aa | 32,6 ± 13,1 | Aab | 94,7 ± 4,1 | Aa | 3,3 ± 3,5 | Aa | 2,0 ± 1,8 | Aa | 93,3 ± 6,3 | Aa | | | | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem na mesma área para as diferentes profundidades, e médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre áreas na mesma profundidade, de acordo com os resultados do teste Tukey ($p < 0,05$).

A argila dispersa em água, também denominada argila natural (Ferreira, 2010), tem sido utilizada como um índice de erodibilidade do solo, e no cálculo do grau de floculação (GF), onde, um menor valor de argila dispersa em água implica em maior GF (Silva et al., 2011). A atividade microbiana e do próprio desenvolvimento de raízes, em função das melhorias das condições químicas do solo, bem como alterações na qualidade da matéria orgânica, pode resultar em redução da dispersão de argilas e, assim melhorar as condições físicas nas camadas superficiais dos solos.

Ferreira (2010) relata que os horizontes superficiais apresentam teores mais elevados de argila dispersa em água, quando comparados com horizontes subsuperficiais, essa constatação está associada à contribuição da matéria orgânica. Em relação ao teor de areia do solo na MQ e MP, não foram identificadas diferenças significativas, independente do uso ou não do dispersante químico. Comparando-se a distribuição da porcentagem de areia em uma mesma profundidade, tanto em relação aos dados obtidos pela análise textural feita com e sem dispersante, nota-se que os valores não diferem entre MQ e MP. No presente trabalho não se avaliou a influência do dispersante na análise textural, pois o objetivo das determinações era calcular o grau de floculação do solo.

Na Tabela 3.2 observam-se valores médios de atributos químicos do solo sob MQ e MP nas profundidades amostradas. O teor de matéria orgânica do solo (MOS) não diferiu em relação às áreas, apresentando valores decrescentes com o aumento da

profundidade em ambas as áreas. O maior aporte de MOS foi encontrado na profundidade 0-5 cm, tanto na MQ (3,49%), quanto em MP (3,69%), o que não representa diferença estatística.

Tabela 3.2. Valores médios de matéria orgânica do solo (MOS), acidez ativa (pH), fósforo disponível (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al³⁺), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), saturação por Al (m%) e saturação por bases (V%), nas profundidades (cm) de Latossolo Vermelho distrófico em Unidade de Conservação, sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP)

| Área | Profundidade (cm) | MOS | | pH | | P(Mehl) | | K ⁺ | | Ca ²⁺ | | Mg ²⁺ | |
|------|-------------------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|---------------------|------|------------------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| | | % | | (CaCl ₂) | | mg dm ⁻³ | | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | |
| MQ | 0-5 | 3,49 | A a | 4,77 | A a | 2,40 | A a | 68,13 | A a | 3,48 | A a | 1,76 | A a |
| MP | 0-5 | 3,69 | A a | 4,38 | B a | 0,93 | B a | 44,93 | B a | 1,03 | B a | 0,59 | B a |
| MQ | 5-10 | 2,66 | A b | 4,63 | A ab | 1,37 | A ab | 62,23 | A ab | 2,18 | A b | 1,08 | A b |
| MP | 5-10 | 2,81 | A b | 4,25 | B b | 0,80 | A ab | 37,83 | B b | 0,59 | B b | 0,34 | B b |
| MQ | 10-20 | 2,14 | A c | 4,50 | A b | 1,20 | A b | 58,97 | A b | 1,34 | A b | 0,76 | A b |
| MP | 10-20 | 2,19 | A c | 4,21 | B b | 0,68 | B ab | 32,03 | B bc | 0,38 | B b | 0,22 | B b |
| MQ | 20-40 | 1,66 | A c | 4,44 | A b | 0,96 | A b | 53,60 | A b | 1,30 | A b | 0,71 | A b |
| MP | 20-40 | 1,77 | A d | 4,21 | B b | 0,54 | B b | 28,67 | B c | 0,26 | B b | 0,19 | B b |
| | | H+Al | | Al ³⁺ | | CTC | | m | | V | | | |
| | | cmol _c dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | % | | % | | | |
| MQ | 0-5 | 4,93 | A a | 0,32 | A b | 10,34 | A a | 7,40 | B b | 50,19 | A a | | |
| MP | 0-5 | 4,07 | B ab | 0,84 | B b | 5,80 | B a | 39,40 | A b | 26,47 | B a | | |
| MQ | 5-10 | 5,42 | A a | 0,61 | B ab | 8,84 | A b | 22,01 | B a | 36,12 | A b | | |
| MP | 5-10 | 4,17 | B a | 1,10 | A ab | 5,19 | B ab | 55,71 | A a | 18,34 | B b | | |
| MQ | 10-20 | 5,50 | A a | 0,88 | A a | 7,75 | A bc | 30,93 | B a | 27,70 | A b | | |
| MP | 10-20 | 4,00 | B ab | 1,41 | A a | 4,68 | B bc | 65,82 | A a | 14,22 | B b | | |
| MQ | 20-40 | 5,35 | A a | 0,64 | B ab | 7,50 | A c | 31,65 | B a | 25,60 | a b | | |
| MP | 20-40 | 3,59 | B b | 1,01 | A ab | 4,12 | B c | 65,10 | A a | 12,64 | b b | | |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre área de estudo para a mesma profundidade e médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre as profundidades nas áreas, de acordo com os resultados do teste de Tukey (p < 0,05).

Os teores médios de MOS encontrados entre as áreas não apresentaram diferença estatística, mas apresentaram diferença estatística em relação às profundidades analisadas, onde observa-se uma diminuição dos valores encontrados com o aumento da profundidade. Os menores valores estão na profundidade 20-40 cm de 1,66 e 1,77%, na MQ e MP, respectivamente, onde encontraram-se também os menor valores de pH.

A MOS possui a função de complexar os cátions H⁺ e Al³⁺ livres com compostos orgânicos aniônicos dos resíduos e adicionar bases (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) que reduzem a acidez do solo e aumentam o pH (Pavinato & Rosolem, 2008).

O solo das áreas estudadas apresenta valores de pH abaixo de 4,8, que é típico de Latossolos subtropicais sob vegetação nativa (Dalmolin et al., 2006). Na MP, em todas as profundidades, o pH do solo é mais baixo em relação à MQ devido, provavelmente, ao maior teor de ácidos orgânicos na MP. Em mata nativa, na profundidade de 0-5 cm, Dick et al. (2008) encontraram um valor de pH de 4,2, associado ao maior aporte de MOS encontrado nas amostras analisadas, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Os valores de pH encontrados nas áreas analisadas foram muito baixos, sobremaneira, nas profundidades de 10-20 cm (4,50) e 20-40 cm (4,44) na MQ. Esses resultados corroboram com valores encontrados por Iwata et al. (2012) em 10-20 cm (4,22) e 20-40 cm (4,15), em uma região caracterizada por apresentar uma formação vegetal predominante de transição entre os biomas Cerrado e floresta secundária mista.

Os valores médios mais elevados de pH encontram-se na MQ. Este fato também foi observado por Menezes et al. (2008) que atribuíram este resultado ao provável aporte de nutrientes pela queima da vegetação ocorrida na área. No presente trabalho, na profundidade 0-5 cm observaram-se valores médios de pH de 4,77 e 4,38 em MQ e MP, respectivamente, caracterizando a condição de acidez do solo. Nesse caso, com a presença de MOS seria esperada a liberação de bases pela decomposição e, conseqüentemente, incrementos no pH. A adição de MOS resultaria em aumento ou redução do pH, dependendo da predominância dos processos de decomposição que consomem ou liberam H^+ (Silva & Mendonça, 2007). Mendonça et al. (2006) relatam que a decomposição da MOS libera prótons H^+ e complexa bases como o Ca^{2+} .

Observa-se na tabela 3.2 que os valores médios de pH em todas profundidades (0-40 cm) diminuíram independente da ação do fogo, elevando a acidez com o aumento da profundidade, o que é atribuído à mineralização da MOS, que pode permitir a lixiviação das bases trocáveis para o subsolo, além da quantidade de MOS ser naturalmente menor com o aumento da profundidade.

Os valores médios de pH, cálcio e magnésio na MQ podem ser explicados pelo fato de a queima gerar óxidos, e com isso, neutralizar a acidez e adicionar esses nutrientes ao solo. A acidez trocável (Al^{3+}) foi diminuída pelo aumento do pH, enquanto a acidez potencial do solo ($H+Al^{3+}$) diminuiu em função também da redução do teor de MOS. Mesmo comportamento foi observado por Faria et al. (2011).

Em relação ao fósforo (P) a MQ apresentou o maior teor médio observado na profundidade 0-5 cm de $2,4 \text{ mg dm}^{-3}$, observando-se uma redução dos teores encontrados (Tabela 3.2), com o aumento da profundidade, o que pode ser explicado pela menor mobilidade relativa do P. Estudos de Faria et al. (2011), em solo após queimada, mostram quase três vezes mais P ($22,06 \text{ mg dm}^{-3}$) que o solo da área testemunha ($8,32 \text{ mg dm}^{-3}$) na profundidade 0-5 cm. Os teores de P diferem entre profundidades dentro de cada área e entre áreas considerando-se a mesma profundidade. Na profundidade 20-40 cm foram encontrados os menores valores de P em MQ e MP ($0,96 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,54 \text{ mg dm}^{-3}$), respectivamente.

Pomianoski et al. (2006) observaram em Cambissolo Háplico, que após um ano no tratamento com uso do fogo, houve um aumento no teor de P de $2,8 \text{ mg dm}^{-3}$ para $6,4 \text{ mg dm}^{-3}$ na profundidade de 0-5 cm. É provável que o fogo tenha liberado este nutriente da vegetação queimada e da MOS mineralizada, tendo sido então depositado e incorporado ao solo. Para Soares & Batista (2007), a mineralização dos nutrientes após uma queimada os libera para absorção imediata pelas plantas subsequentes, embora muitos dos elementos solúveis possam ser lixiviados através do perfil do solo ou mesmo levados pelas enxurradas. No caso do P, a disponibilidade imediata por meio da queima pode favorecer complexos de esfera interna com óxidos, muito presentes nos Latossolos.

No presente trabalho, os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), apresentam valores médios maiores na MQ, na profundidade 0-5 cm de $68,13 \text{ mg dm}^{-3}$, $3,48 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e $1,76 \text{ cmolc dm}^{-3}$, respectivamente, em relação à MP. Variações não significativas podem ser observadas nos teores de Ca e Mg em profundidade o que pode ser atribuído, em parte, ao efeito residual das cinzas (Menezes et al., 2008). A distribuição das bases K, Ca e Mg, no perfil, reflete sua associação aos teores de MOS (Tabela 3.2).

Menezes et al. (2008) observaram maiores valores de Ca e Mg, quando comparados aos solos das florestas remanescentes adjacentes, atribuídos ao aporte de nutrientes que restaram da queima anterior da floresta. Faria et al. (2011) verificaram aumento de K ($0,372 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e Ca ($3,70 \text{ cmolc dm}^{-3}$) na camada de 0-5 cm do solo exposto ao fogo existindo um indicativo de que estes serão aproveitados pelas plantas remanescentes.

Silva et al. (2011), encontraram valores de Ca e Mg no subsolo, ou seja, na profundidade de 20-40 cm, os quais apresentaram valores menores do que na profundidade de 0-20 cm, condição essa que ocorre naturalmente nos solos, e de mesma magnitude aos

encontrados no presente trabalho, para a profundidade de 20-40 cm, em MQ e MP de Ca ($1,30 \text{ cmol dm}^{-3}$; $0,26 \text{ cmol dm}^{-3}$), e Mg ($0,71 \text{ cmol dm}^{-3}$; $0,19 \text{ cmol dm}^{-3}$), respectivamente.

A acidez trocável (Al^{+3}) na MQ apresenta o seu menor valor médio na profundidade (0-5 cm), $0,32 \text{ cmolc dm}^{-3}$. Coutinho (1990) encontrou uma diminuição da acidez trocável (Al^{+3}) nos solos do Cerrado após a queima, e isso pode ser atribuída à elevação do pH resultante do aumento da concentração de bases, conforme constatado por Ulery et al. (1993), em solos de floresta. A diminuição dos teores de Al^{+3} tem relação com efeito da MOS, complexando o alumínio livre em solução. Iwata et al. (2012) observaram que a diminuição na camada superficial do teor de cátions livres H^+ e Al^{+3} pode estar relacionada à influência das cinzas sobre as características químicas do solo que atuam neutralizando a acidez do solo pela ação de componentes básicos (Ca, Mg e K) que são liberados após a queima da vegetação. Ressalta-se, porém, que embora a queima dos resíduos vegetais possa elevar os teores das bases trocáveis e diminuir os teores de H^+ e Al^{+3} , ela poderá, também, a longo prazo, diminuir a fertilidade do solo, uma vez que as cinzas são facilmente carregadas por lixiviação e/ou erosão (Mendonza et al., 2000).

Observa-se que a fertilidade natural dos Latossolos apresentam baixos teores de nutrientes, variando de 0,2 a $3,8 \text{ cmolc dm}^{-3}$, assim como a encontrada no solo analisado, de acordo com a recomendação de corretivos e fertilizantes para Goiás dos Latossolos são bastante baixos (COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS, 1988).

A saturação por bases (V%) apresentou seu maior valor médio na profundidade de 0-5 cm (50,19%) na MQ indicando o efeito residual das cinzas. Esse valor difere do encontrado na MP na mesma profundidade. Esse fato é decorrente da mineralização da MOS na MQ, que reduz a CTC e, conseqüentemente, eleva a saturação por bases, tal como observado por Iwata et al. (2012). É importante destacar neste trabalho que o solo estudado apresenta baixa quantidade de nutrientes, ou seja, baixa fertilidade natural, mas suficiente para garantir a manutenção da cobertura vegetal nativa presente na área.

3.4 CONCLUSÕES

1. Após quatro anos da queima da mata, verificou-se uma concentração de nutrientes no perfil do solo da MQ em relação à MP na profundidade de 0-5 cm.
2. Os teores de potássio, cálcio e magnésio, apresentam valores médios maiores na MQ, em relação à MP, o que pode ser atribuído, em parte, ao efeito residual das cinzas.
3. A MQ apresentou diminuição da acidez trocável (Al^{+3}) em seus solos, isso pode ser atribuída à elevação do pH resultante do aumento da concentração de bases trocáveis.
4. O valor médio de saturação por bases na MQ foi maior que o encontrado na MP na mesma profundidade, esse fato é decorrente da mineralização da MOS na MQ, que reduz a CTC.

3.5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

BATMANIAN, G. J. **Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes do estrato rasteiro de um cerrado**. 1983. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade de Brasília, Brasília-DF, 1983.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997.

CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A.; RODRIGUES, C. A. G.; BARIONI JÚNIOR, W. Efeitos da queima na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 747-752, 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia, GO. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação. Goiânia, UFG/EMGOPA, 1988. 101 p.

COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Brasília, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; DICK, D. P.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I. Organic matter characteristics and distribution in Ferralsol profiles of a climosequence in Southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p. 644-654, 2006.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R.; DALMOLIN, R. S. D.; JACQUES, A. V. Á.; MIELNICZUK, J.; ROSA A. S. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 633-640, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FARIA, A. B. C.; BLUM, C. T.; CHITSONDZO, C.; LOMBARDI, K. C.; BATISTA, A. C. Efeitos da intensidade da queima controlada sobre o solo e diversidade da vegetação de campo em Irati - PR, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p. 489-494, 2011.

FEREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG van LIER, Q. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

FREITAS, C. L.; SANT'ANNA, G. L. Efeitos do fogo nos ecossistemas florestais. **Revista da madeira**, Curitiba, v. 13, n. 79, p. 106-112, 2004.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 309-314, 2002.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

JORDAN, C. F. **Amazonian rainforests: ecosystem disturbance and recovery**. New York: Springer-Verlag, 1987. 133 p.

KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 85, n. 11, p. 91-118, 2007.

MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: Seminário Emissão X Sequestro de CO₂ – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, Rio De Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994, p. 197-221.

MATIAS, S. S. R.; CORREIA, M. A. R.; CAMARGO, L. A.; FARIAS, M. T.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. A. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 414-420, 2012.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L.; MARTINS, A. G.; SILVA, A. P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and Sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 132, n. 1-2, p. 131-142, 2006.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 12, p. 201-207, 2000.

MENEZES, J. M. T.; VAN LEEUWEN, J.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; LEANDRO, R. C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 893-898, 2008.

MROZ, G. D.; JURGENSEN, M. F.; HARVEY, A. E.; LARSEN, M. J. Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 2, p. 235-242, 1980.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

POMIANOSKI, D. J. W.; DEDECEK, R. A.; VILCAHUAMAN, L. J. M. Efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo no Sistema agroflorestal da Bracatinga. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 93-118, 2006.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARAES, P. T. G. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1341-1353, 2007.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011.

RODRIGUES, C. A. G. **Efeitos do fogo e da presença animal sobre a biomassa aérea e radicular, nutrientes do solo, composição florística, fenologia e dinâmica de um campo de capim-carona (*Elyonurus muticus* (Spreng.) O. Ktze.) no Pantanal (sub-região da Nhecolândia)**. 1999. 285 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 97-106, 2011.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais (Online)**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Org.). **Fertilidade do solo**. 1017 p. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 6, p. 275-374.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa**. 2008. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SOARES, R. V. Queimas controladas: prós e contras. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1.; REUNIÃO CONJUNTA IPEF/FUPEF/SIF, 3., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p. 6-10.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007. 250 p.

ULERY, A. L.; GRAHAM, R. C.; AMRHEIN, C. Wood-ash composition and soil pH following intense burning. **Soil Science**, Madison, v. 156, n. 5, p. 358-364, 1993.

4 ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB MATA APÓS AÇÃO DO FOGO

RESUMO

As modificações físicas do solo decorrentes da ação do fogo dependem de sua intensidade. A queimada pode também refletir em muitas consequências negativas para os atributos físicos do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar alguns indicadores da qualidade física do solo em área de mata preservada e área de mata sob ação de queimada no Jardim Botânico, Goiânia-GO. O solo foi classificado como sendo dominante o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), apresentando classe textural, franca-argilo-arenosa. Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e com cinco pontos/linha com distância de 10 m entre os pontos amostrais formando um gride de 300 m². Nos pontos de amostragem foram coletadas amostras de terra, com auxílio de anéis volumétricos, totalizando 120 anéis volumétricos/área. Os atributos avaliados foram: matéria orgânica do solo (MOS), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi); índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG). O índice de estabilidade de agregado e a percentagem de agregados maiores que 2 mm estáveis em água demonstraram ser propriedades de avaliação da estabilidade de agregados. O tempo decorrido após a queima não influenciou de forma significativa a física do solo.

Palavras-chave: Indicadores da física do solo, impacto ambiental, fogo.

ABSTRACT

CHANGES IN PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL IN FOREST AFTER FIRE ACTION

The physical changes of soil resulting from the fire action depends on its intensity. Burning may also reflect in many negative effects on soil physical properties. The objective of this study was to evaluate some indicators of soil physical quality in preserved area and forest area burned in action in the Botanical Garden, Goiânia-GO. The soil was classified as dominant the Oxisol (LVd), with textural class, open-sandy clay. In each area soil samples were collected to form a sample grid composed of six lines and five-point / line with a distance of 10 m between sample points forming a gride 300 m². The sampling points soil samples were collected with the aid of soil core, totaling 120 volumetric / area rings. The attributes evaluated were: soil organic matter (MOS), soil bulk density (Ds), total porosity (PT), macroporosity (Ma) and micro (Mi); soil index stability aggregate (IEA), pondered mean diameter (DMP), geometric mean diameter (DMG). The added stability index and the percent of aggregates larger than 2 mm have proven to be stable in water for evaluating the properties aggregate stability. The time after firing do not influence so means the physical soil.

Key words: Soil physical indicators, environmental impact, fire.

4.1 INTRODUÇÃO

O fogo é o agente com grande potencial para modificar os ecossistemas naturais (Tebaldi et al., 2013). As principais alterações que podem ocorrer nas propriedades físicas de um solo, após a ação do fogo, ficam evidenciadas pela diminuição do volume de macroporos, do tamanho de agregados e da sua taxa de infiltração de água conforme pesquisa de Redin et al. (2011).

As modificações físicas do solo decorrentes da ação do fogo dependem de sua intensidade, que pode, também, refletir em muitas consequências negativas para os atributos físicos do solo (Galang et al., 2010). Segundo Cromack et al. (2000) o fogo expõe as superfícies minerais e pode aumentar a erosão do solo. Uma grande quantidade de material vegetal a ser queimado, combinado com clima seco, resulta em fogo intenso e cria condições para expor as superfícies dos minerais (Redin et al., 2011).

A qualidade física do solo foi definida por Kay et al. (1994) como o crescimento das plantas sendo influenciado pelas propriedades do solo, como porosidade total, densidade, compactação relativa, distribuição dos tamanhos dos agregados e disponibilidade de água. Hussain et al. (1997) consideraram porosidade, densidade do solo e estabilidade de agregados como indicadores dessa qualidade.

Doran & Parkin (1994) argumentam que um bom indicador de qualidade do solo é aquele fácil de medir e interpretar, além de ser sensível ao manejo, assim, a densidade do solo (D_s), além de atender a tais requisitos, se correlaciona com outros indicadores, como umidade e estrutura do solo, o que permite prever o grau de impacto do manejo no solo. A matéria orgânica do solo (MOS), por estar associada ao fornecimento da maioria das cargas nos solos e contribuir em sua agregação, também deve ser monitorada (Silva et al., 2011).

Os deslocamentos de pessoas através de trilhas podem contribuir para a degradação das áreas de influência das mesmas. Entre os impactos, a introdução de espécies vegetais exóticas, mudanças na dinâmica da vegetação, relacionadas ao contínuo pisoteio de andarilhos, e do trânsito de bicicletas, e a ocorrência de erosão no leito e nas áreas de influência das trilhas, ocupam lugar de destaque, merecendo investigações específicas. Todos os impactos citados têm relação direta ou indireta com o solo (Figueiredo et al., 2012).

Bono et al. (2013) relatam que a maioria das avaliações das propriedades físicas do solo, como índice de qualidade, é realizada em determinados momentos, não considerando sua dinâmica ao longo do tempo. Os acompanhamentos temporais dessas propriedades e em diferentes sistemas de manejo podem determinar, de maneira mais conclusiva, a importância dessas propriedades na avaliação da qualidade dos solos (Tormena et al., 2007). Em ecossistemas naturais, a qualidade edáfica tem sido proposta com o objetivo de se obter um valor padrão ou referência (Jakelaitis et al., 2008).

O estudo teve como objetivo avaliar alguns indicadores da qualidade física do solo em área de mata preservada e área de mata sob ação de queimada no Jardim Botânico em Goiânia-GO.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área

A área de estudo está localizada no Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira (JATH) situada na região sul de Goiânia-Goiás. Possui aproximadamente área de 1.000.000 m², predomina o clima tropical com estação seca, Aw (Köppen), com temperatura amena sendo a média anual de 23,15 °C, e média anual de precipitação de 1.520 mm.

O solo foi classificado como sendo dominante o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), apresentando classe textural, franca-argilo-arenosa (Embrapa, 2006). Dentro da área do JATH, foram selecionadas duas áreas distintas para a realização do estudo; mata queimada (MQ), área a qual sofreu processo de queimada clandestina em 2010, localizada nas coordenadas 16°43'28,8" S e 49°15'7,2" W, com altitude de 826 m; mata preservada (MP), localizada nas coordenadas 16°43'34,4" S e 49°15'16,7" W, com altitude de 820 m.

4.2.2 Esquema de amostragem

Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e com cinco pontos/linha com distância de 10 m entre os pontos amostrais formando um gride de 300 m² (Figura 4.1).

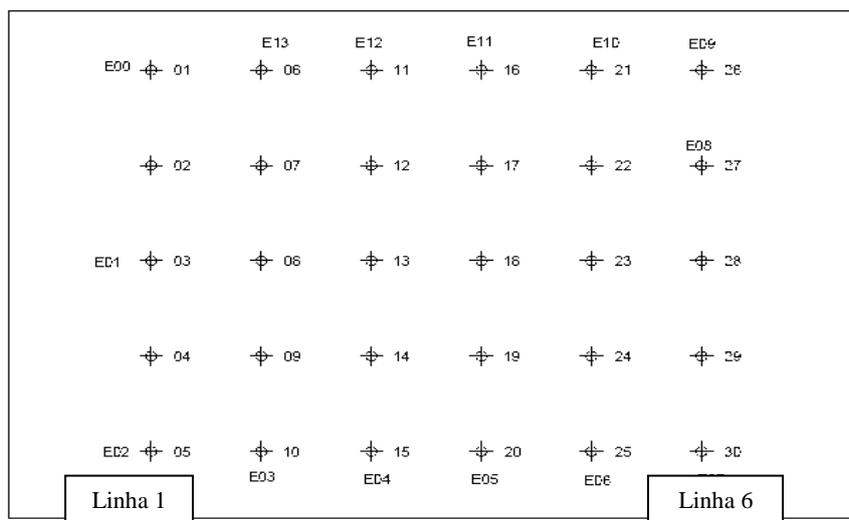


Figura 4.1. Gride da área de coleta das amostras de solos no JBTH

No entorno de cada ponto de amostragem foi aberta uma mini-trincheira, onde, em suas paredes, foram coletados e acondicionados em filme plástico, monólitos de terra de 5x20x20 cm nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, totalizando 120 monólitos por área. No laboratório, os monólitos foram secos ao ar até atingirem peso constante. Depois de secos, os monólitos foram destorroados e passados em uma sequência de peneiras com abertura de 4 e 2 mm, preparando os agregados do solo para análise de estabilidade de agregados via úmida.

Nos mesmos pontos de amostragem foram coletadas amostras de terra, com auxílio de anéis volumétricos com dimensões de 5x5 cm, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, totalizando 120 anéis volumétricos por área amostrada, para obtenção da densidade do solo (Ds). As análises destas variáveis foram feitas seguindo os métodos descritos em Embrapa (1997). Após a toaleta, os anéis foram submetidos à saturação em bandeja com água até 2/3 de sua altura.

A densidade do solo (Ds) foi determinada pela relação massa/volume (massa de solo seco a 105°C pelo volume interno de cada anel); porosidade total (PT), pela relação entre densidade do solo (Ds) e densidade de partícula (Dp) determinada pelo método do balão volumétrico; a microporosidade (Mi), considerada igual à quantidade de água retida pelo solo na tensão de 6 KPa; e macroporosidade (Ma), pela diferença entre porosidade total e microporosidade. Todas as análises físicas foram realizadas seguindo metodologia descrita pela Embrapa (1997). Todos os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Física (LFS), da Escola de Agronomia, na Universidade Federal de Goiás-UFG.

A estabilidade de agregados foi avaliada por peneiramento úmido. Uma vez secos ao ar, os blocos foram peneirados manualmente em um jogo de peneiras de malhas de 4 e 2 mm, sendo usados os agregados retidos na de 2 mm na análise da estabilidade, após pré-umedecidos por 10 minutos. Em seguida, foram submetidos à tamisação vertical em água durante 15 minutos, usando um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm inserido em recipiente com água, conforme Yoder (1936). Quantificou-se o solo retido em cada peneira obtendo-se, assim, cinco classes de tamanho de agregados. O Índice de estabilidade de agregados via úmida do solo (IEA) foi calculado a partir da equação 1, conforme descrito por Castro Filho et al. (1998):

$$IEA = [(Peso da amostra seca - wp25 - areia) / (Peso da amostra seca - areia)] * 100 \quad (1)$$

em que wp25: peso (g) dos agregados < 0,25 mm; areia: peso (g) de partículas de diâmetro entre 2,0 – 0,053 mm. O diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram calculados a partir das equações 2 e 3, respectivamente, de acordo com Kemper & Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (2)$$

em que w_i : proporção de cada classe de agregados em relação ao total; x_i : diâmetro médio de cada classe de agregados e:

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (3)$$

em que w_i : peso (g) de agregados dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio x_i .

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas dentro de cada profundidade e em cada área pelo teste Tukey a 5%. Para a comparação de médias utilizou o programa Assistat (Silva & Azevedo, 2002).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados da Tabela 4.1 o menor valor médio de densidade de solo (Ds) foi de 0,89 g cm⁻³ na profundidade 0-5 cm observado na mata preservada (MP), corroborando com o valor de 0,89 g cm⁻³ encontrado por Jakelaitis et al. (2008) em solo de mata em camada superficial, enquanto o maior valor médio foi encontrado na mata queimada (MQ) de 1,29 g cm⁻³ na profundidade de 20-40 cm.

Tabela 4.1. Atributos físicos do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em mata queimada (MQ) e mata preservada (MP) em diferentes profundidades na Unidade de conservação (UCs)

| | ¹ Ds (g cm ⁻³) | | MOS (%) | | PT(%) | | Ma (m ³ m ⁻³) | | Mi (m ³ m ⁻³) | |
|-----------------|---------------------------------------|------|---------|-----|-------|------|--------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 0-5 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 0,97 | A c | 3,49 | A a | 77 | A a | 0,38 | A a | 0,39 | A a |
| MP | 0,89 | B c | 3,69 | A a | 63 | B a | 0,30 | B a | 0,33 | A a |
| 5-10 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 1,13 | A b | 2,66 | A b | 67 | A ab | 0,36 | A a | 0,30 | A a |
| MP | 0,96 | B bc | 2,81 | A b | 70 | A ab | 0,31 | B a | 0,39 | A a |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 1,23 | A a | 2,14 | A c | 64 | A b | 0,33 | A b | 0,31 | B a |
| MP | 1,03 | B ab | 2,19 | A c | 65 | A a | 0,31 | A a | 0,34 | A a |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 1,29 | A a | 1,66 | A c | 61 | B b | 0,31 | A b | 0,31 | B a |
| MP | 1,06 | B a | 1,77 | A d | 65 | A a | 0,30 | A a | 0,35 | A a |

¹ Ds = densidade de solo, MOS = matéria orgânica do solo, PT= porosidade total, Ma = macroporosidade e Mi = microporosidade. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre áreas de estudo na mesma profundidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre profundidade na mesma área de estudo, de acordo com teste Tukey a 5%.

Bertol et al. (2000), estudando as modificações nas propriedades físicas de solo, verificaram que a médio e longo prazos, as pressões aplicadas sob o solo ocasionam alterações na Ds e na porosidade do solo. Leite (1996), entretanto, não constatou alteração na Ds, após um ano da queima, em área de Cerrado do Distrito Federal.

Mesmo apresentando diferença estatisticamente significativa dos valores médios da Ds entre as áreas (Tabela 4.1), o solo da MQ em relação à MP, apresenta valor menor que o índice crítico para crescimento radicular. Beutler et al. (2005) afirmaram que a densidade ótima para o cultivo em solos franco-argilo-arenosos é de 1,23 Mg m⁻³. Considerando esse valor, nas quatro profundidades avaliadas, ocorreram diferenças

estatísticas significativas entre as áreas e profundidades, sendo as menores médias de Ds observados na profundidade 0-5 cm nas duas áreas, $0,89 \text{ g cm}^{-3}$ MP e $0,97 \text{ g cm}^{-3}$ MQ.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) diminuem em profundidade, independente da área avaliada (Tabela 4.1). Estes resultados eram esperados, pois a matéria orgânica, proveniente da mata, deposita-se na superfície do solo, aumentando o seu teor na camada superficial, onde obteve-se, na profundidade 0-5 cm, os maiores valores médios de MOS, 3,49 e 3,69% na MQ e MP, respectivamente. Era esperada uma redução significativa da MOS em superfície, pelo uso do fogo, no entanto, esse comportamento não foi observado, possivelmente pelo estágio de sucessão ecológica em que se encontrava, corroborando com resultados obtidos por Leite et al. (2013).

Nas observações de campo foi visível a presença de grandes quantidades de vegetação carbonizada depositada na superfície do solo (Figura 4.2) na área de MQ. Após a ocorrência de queimas de intensidade baixa à moderada, frequentemente observa-se um aumento do teor de MOS, em camada superficial, devido a uma considerável inclusão de resíduos vegetais carbonizados (González-Perez et al., 2004) e a presença de cinzas residuais (Pardini et al., 2004).

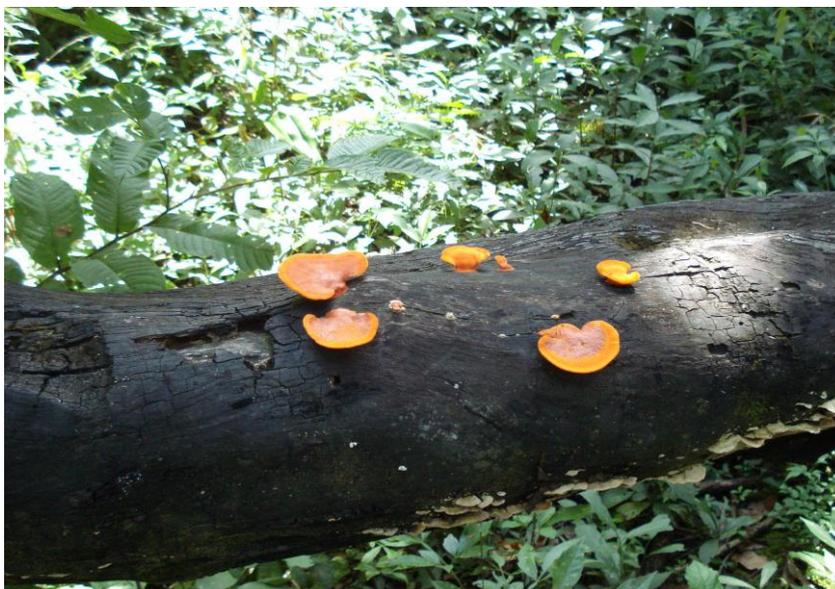


Figura 4.2. Vegetação carbonizada na área de mata queimada (MQ) quatro anos após a queima da mata

A maior Ds e a menor porosidade total (PT) foram verificadas na profundidade de 20-40 cm na MQ de $1,29 \text{ g cm}^{-3}$ e 61% respectivamente. Observa-se um aumento da Ds,

relacionado com o decréscimo da PT, resultados similares foram obtidos por Hubbert et al. (2006).

A PT apresenta diferença estatística entre os valores médios na profundidade 0-5 cm de 77 e 63%, em MQ e MP respectivamente (Tabela 4.1). O aumento da porosidade na camada superficial da MQ, pode ter ocorrido devido ao aumento de espécies espontâneas como gramíneas, as quais possuem sistemas radiculares agressivos, possivelmente aumentando a porosidade do solo. Estudo realizado por Carmo (2013) encontrou aumento de população de Orthoptera, na área da MQ na profundidade 0-5 cm, o que pode contribuir para maior atividade metabólica.

Os trabalhos realizados por Spera et al. (2000) e Leite et al. (2013) mostram uma redução nos valores de PT à 0-5 cm. Spera et al. (2000) observaram, em área de Cerrado submetida à ação bienal do fogo e uma área adjacente, valores de PT de 60,89 e 61,44%, respectivamente, na profundidade de 0-5 cm. Esses resultados reforçam a teoria de que o uso de fogo reduz a PT do solo nas camadas superficiais.

Entre as áreas estudadas, os valores médios de PT encontrados foram diferentes estatisticamente nas profundidades 0-5 e 20-40 cm. No entanto, entre profundidade, observa-se uma redução da PT encontrada, com o aumento da profundidade na MQ.

A macroporosidade (Ma) é responsável pela infiltração, rápida redistribuição e aeração do solo, ao passo que a microporosidade (Mi) é importante para a retenção e armazenamento de água pelo solo (Ferreira, 2010).

Analisando a distribuição de tamanho de poros, o solo estudado apresentou Ma variável entre as profundidades de 0,38 a 0,31 m³ m⁻³, na MQ e 0,30 a 0,31 m³ m⁻³ em MP (Tabela 4.1). As áreas não diferiram entre si com relação a esta propriedade física, exceto na profundidade de 0-10 cm. A macroporosidade na MQ foi significativamente maior na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm (0,38 e 0,36 m³ m⁻³, respectivamente). Isto pode ser atribuído ao efeito residual da vegetação após a queima.

A Mi variou de 0,30 a 0,39 m³ m⁻³, apresentando valores médios diferentes estatisticamente entre áreas na profundidade 10-20 e 20-40 cm (subsuperfície), e apresentando as maiores médias na profundidade de 0-10 cm (camada superficial). A Mi na MQ foi significativamente menor que na MP, nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm.

De acordo com Silva et al. (2004) e Matias et al. (2009) a Mi e a PT são bastante influenciadas pela textura e pelo teor de MOS mas pouco pela Ds, demonstrando que a compactação do solo ou a diminuição da aeração do solo, está diretamente

relacionada à menor quantidade de macroporosidade, corroborando com Sousa Neto et al. (2008).

Na Tabela 4.2, podem ser observados os resultados do diâmetro médio ponderado (DMP) para as quatro profundidades de solo estudadas. A comparação entre as médias, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), mostrou que ocorreram diferenças significativas entre as áreas e profundidades 10-20 e 20-40 cm. Esses resultados estão de acordo com os teores de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, cálcio e magnésio do solo (Tabela 3.2).

Tabela 4.2. Qualidade estrutural do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) do solo sob mata queimada (MQ) e mata preservada (MP)

| | IEA (%) | | DMG (mm) | | DMP (mm) | | % agreg > 2 mm | % agreg < 1 mm | | |
|-----------------|---------|------|----------|------|----------|------|----------------|----------------|-------|------|
| 0-5 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 93,38 | A a | 2,72 | A a | 2,85 | A a | 84,77 | A a | 3,65 | B B |
| MP | 93,41 | A a | 2,33 | A a | 2,53 | A a | 74,06 | B a | 8,84 | A B |
| 5-10 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 92,58 | A ab | 2,51 | A a | 2,71 | A a | 84,58 | A a | 4,60 | B B |
| MP | 92,97 | A a | 2,28 | A a | 2,51 | B a | 73,46 | B a | 10,62 | A B |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 92,31 | A ab | 2,37 | A a | 2,63 | A a | 81,90 | A a | 6,56 | B Ab |
| MP | 91,76 | B ab | 1,97 | B ab | 2,34 | B ab | 67,72 | B ab | 14,43 | A Ab |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | |
| MQ | 91,57 | A b | 2,29 | A a | 2,58 | A a | 78,09 | A a | 9,01 | B A |
| MP | 89,53 | A b | 1,73 | B b | 2,14 | B b | 58,54 | B b | 21,24 | A A |

¹, IEA = índice de estabilidade de agregados, DMG = diâmetro médio geométrico e DMP = diâmetro médio ponderado. Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre as áreas de estudo para a mesma profundidade. Letras iguais minúsculas na mesma coluna não diferem entre as profundidades para a mesma área de estudo, de acordo com teste Tukey a 5%.

A estabilidade dos agregados do solo, expressa por meio do diâmetro médio geométrico (DMG), na profundidade 0-10 cm não difere significativamente, entre áreas e profundidade (Tabela 4.2). Possivelmente este fato pode estar associado a maior concentração de material orgânico, proporcionando a liberação de materiais cimentantes e consequente melhoria da agregação na camada superficial (Lacerda et al., 2005). Resultados semelhantes foram observados por Sousa Neto et al. (2008). Segundo Brade & Weill (1999), a formação e estabilização de agregados tem como principais responsáveis a atividade microbiana e as hifas de fungos. Os macroagregados se formam pela ação física, unindo os microagregados e as partículas de solo, e pelas exsudações de polissacarídeos e

de outros compostos orgânicos que formam uma rede que se liga e agrupa partículas individuais de solo com pequenos microagregados (Rossetti et al., 2012).

Teores mais elevados desses parâmetros na camada de 0-5 cm pode atuar como agentes cimentantes das partículas do solo, favorecendo maior estruturação. Na área MQ, se observa grande presença de gramíneas após o quarto ano da queima, em comparação a MP, o que pode ajudara explicar tais resultados.

Conte et al. (2011) relatam que o aumento no DMP é comumente observado em solos utilizados em sistemas de manejo que promovem grande adição de biomassa. Isso aumenta o teor de carbono do solo, sobretudo, com a presença de espécies que tenham sistema radicular abundante, como as gramíneas, uma vez que a formação e a estabilidade dos macroagregados estão ligadas ao crescimento das raízes e à dinâmica da matéria orgânica do solo (Silva & Mielniczuk, 1997; Salton et al., 2005).

Para o índice de estabilidade de agregado (IEA), também não foi observada diferença significativa das médias entre áreas. Porém, observam-se diferenças entre as medias em relação à profundidade, muito provavelmente devido à ocorrência da queima ser superior a quatro anos e de baixa intensidade. Os valores de IEA encontrados para cada profundidade mostram uma tendência de queda com o aumento da profundidade.

Os valores médios de porcentagem de agregados estáveis em água mostraram diferença significativa entre as médias obtidas para > 2 mm, entre as áreas da MQ e MP. Para a profundidade 0 a 10 cm não apresentaram diferenças entre as médias para as áreas, com valores de 84,77 e 74,06%, (0-5 cm MQ e MP), 84,58 e 73,48 (5-10 cm MQ e MP). As maiores porcentagens de agregados estáveis em água > 2 mm ocorreram na camada de 0-10 cm, indicando a contribuição da MOS na preservação dos agregados.

Os resultados evidenciam que o processo de estabilização dos agregados desse solo está associado ao processo de ciclagem da MOS, à medida que o teor de matéria orgânica diminui, pelo baixo aporte de material orgânico nas profundidades a partir de 20 cm, decresce a estabilidade dos agregados desse solo.

4.4 CONCLUSÕES

1. O índice de estabilidade de agregado e a percentagem de agregados maiores que 2 mm estáveis em água demonstraram ser propriedades que melhor descrevem os impactos gerados na estrutura do solo pós queima em mata.
2. O tempo decorrido após a queima não influenciou de forma significativa a física do solo.

4.5 REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. de; ALMEIDA, E. X. de; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem capim elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843-849, 2005.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 743-753, 2013.
- BRADE, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 12. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 960 p.
- CARMO, M. B. **Abundância da mesofauna de uma área queimada no Jardim Botânica, Goiânia-GO**. 2013. 20 f. Monografia (Ecologia & Análise Ambiental)-Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade de agregados e a sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.
- CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I. CARVALHO, P. C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.
- CROMACK Jr., K. et al. Assessing the impacts of severe fire on forest ecosystem recovery. **Journal of Sustainable Forestry**, Washington, v. 11, n. 1-2, p. 177-228, 2000.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; CELEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994, p. 3-21.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006. 306p.

FEREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG van LIER, Q. (Ed.) **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

FIGUEIREDO, M. A.; FILHO, R. E. F.; VARAJÃO, A. F. D. C. Qualidade do Solo como Geoindicador para o Manejo de uma trilha no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 199-208, 2012.

GALANG, M. A; MARKEWITZ, D.; MORRIS, L. A. Soil phosphorus transformations under forest burning and laboratory heat treatments. **Geoderma**, Amsterdam, v. 155, n. 3-4, p. 401-408, 2010.

GONZÁLEZ-PEREZ, J. A.; GONZÁLEZ-VILA, F. J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The effect of fire on soil organic matter-a review. **Environment International**, Melbourne, v. 30, n. 6 p. 855-870, 2004.

HUBBERT, K. R.; PREISLER, H. K.; WOHLGEMUTH, P. M.; GRAHAM, R. C.; NAROG, M. G. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. **Geoderma**, Amsterdam, v. 130, p. 284-298, 2006.

HUSSAIN, I.; OLSON, K. R.; WANDER, M. A.; KARLEN, D. C. Adaptation of soil quality indices on application to three tillage systems in southern Illinois. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, p. 237-249, 1997.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.

KAY, B. D.; RASIAH, V.; PERFECT, E. Structural aspects of soil resiliency. In: GREENLAND, D.J.; SZABOLCS, I. (Ed.). **Soil resilience and sustainable land use**. London, CAB International, 1994, p. 449-468.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Org.). **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and mineralogical methods. Madison, Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442.

LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.

LEITE, L. L. Densidade global e infiltração de água no solo em área de Cerrado submetida à queima controlada no DF, Brasil. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. C. S. **Impactos de queimadas em áreas de Cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p. 31-36.

LEITE, M.; FONSECA, F.; FIGUEIREDO, T. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas de montanha sob controle de matos: efeito do fogo. In: GONÇALVES, A. B.; VIEIRA, A. (Ed.). **Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos**. NIGP-Núcleo de investigação em geografia e planejamento, Universidade do Minho, 2013. p. 227-236.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 331-338, 2009.

PARDINI, G.; GISPERT, M.; DUNJÓ, G. Relative influence of wild fire on soil properties and erosives processes in different Mediterranean environments in NE Spain. **Science of the Total Environment**, Spain, v. 328, n.1-3, p. 237-246, 2004.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011.

ROSSETTI, K.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.; MATIAS, S.; NÓBREGA, J. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 7, n. 3, p. 427-433, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D.L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29).

SILVA I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.113-117, 1997.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 451-456, 2004.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais,

cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais Online**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SOUSA NETO, E. L. ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, 2008.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1817-1824, 2000.

TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. Ações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação Estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 538-549, 2013.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FILDALSKI, J.; COSTA, J. M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 211-219, 2007.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society Agronomy**, Madison, v. 28, n. 1, p. 37-51, 1936.

5 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO MECÂNICA NO JARDIM BOTÂNICO, GOIÂNIA-GO, BRASIL

RESUMO

A principal causa da degradação do ambiente resulta do uso inadequado do solo, tendo como consequência a redução da matéria orgânica e, por conseguinte, alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob mata preservada e mata sob ação de queimada, no Jardim Botânico em área urbana. Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e cinco colunas com distância de 10 m entre os pontos amostrais formando um gride de 300 m². No entorno de cada ponto de amostragem foram realizadas três penetrometrias utilizando-se um penetrômetro de impacto Modelo IAA-Planalsucar-Stolf, com ponta fina cônica de área 1,29 cm². Os ensaios foram realizados da superfície do solo até a profundidade de 40 cm. As coletas para determinação da densidade do solo (Ds) e a porcentagem de matéria orgânica do solo (MOS) foram realizadas nas paredes da mini trincheira nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo obtidas conforme métodos descritos em Embrapa (1997), totalizando 240 amostras para cada variável. A área de MP apresentou baixa resistência em todas as camadas, principalmente na profundidade 0-10 cm.

Palavras-chave: Indicadores de qualidade, mata preservada, antropização.

ABSTRACT

SOIL RESISTANCE THE PENETRATION IN MECHANICAL BOTANICAL GARDEN, GOIANIA-GO, BRAZIL

The main cause of environmental degradation resulting from inappropriate land use, resulting in the reduction of organic matter and, therefore, changes in physical, chemical and biological soil. The objective of this study was to evaluate the changes in some physical properties of an Oxisol under forest preserved and forest under fire action, the Botanical Garden in urban areas. The objective of this study was to evaluate the changes in some physical properties of an Oxisol under forest preserved and forest under fire action in Conservation Unit (UC) in urban areas. In each area soil samples were collected to form a sample grid consists of six rows and five columns with a distance of 10 m between sample points forming a gride 300 m². Around each sampling point were three penetrometrias using an impact penetrometer Model IAA-Planalsucar-Stolf with fine conical tip area of 1.29 cm². Assays were carried out from the ground surface to a depth of 40 cm. Sampling for determination of soil bulk density (Ds) and the percentage of soil organic matter (MOS) were performed on the walls of minitrincheira the 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm, being obtained according to the methods described in EMBRAPA (1997) totaling 240 samples for each variable. The area MP showed lower resistance in all layers, especially in the 0-10 cm depth.

Key words: Quality indicators, preserved forest, human disturbance.

5.1 INTRODUÇÃO

A proteção ambiental do entorno das unidades de conservação é de vital importância para a preservação do patrimônio natural que se objetiva assegurar. As áreas de entorno deverão sofrer limitações de uso com o intuito de ordenar, orientar e promover as atividades compatíveis, tendo-se, no entanto, o cuidado de não inviabilizar econômica e socialmente as comunidades vizinhas (GEOHECO, 2003).

Jakelaitis et al. (2008) descrevem que a principal causa da degradação do ambiente resulta do uso inadequado do solo, tendo como consequência a redução da matéria orgânica e, por conseguinte, alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo.

Doran & Parkin (1994) argumentam que um bom indicador de qualidade do solo é aquele fácil de medir e interpretar, além de ser sensível ao manejo; assim, a densidade do solo (Ds) e a resistência à penetração (RP), além de atender a tais requisitos, se correlacionam com outros indicadores, como umidade e estrutura do solo o que permite prever o grau de impacto do manejo no solo (Tormena et al., 2007). Para Bottega et al. (2011) uma das maneiras de se alterar a condição física do solo é por meio de seu manejo, buscando criar condições estruturais favoráveis para o melhor desenvolvimento radicular. Grande parte das Unidades de Conservação (UCs) do Brasil vem sendo atingida, todos os anos, por incêndios florestais. O fogo é considerado como a maior ameaça para a conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos em áreas naturais, existentes dentro de UCs e seus limites (Bonfim et al., 2003). Segundo Young (1997), as árvores são responsáveis por diversos benefícios ao solo, protegendo-o do impacto das gotas de chuva, mantendo o teor de matéria orgânica e melhorando suas propriedades físicas. Mudanças nas propriedades físicas, como o pisoteio e o fogo pode levar a mudanças na biologia e na química do solo (Figueiredo et al., 2012).

Os Jardins Botânicos possuem um propósito duplo: a conservação da vegetação e a educação do público. A maneira ideal de se conservar as espécies e suas populações é estabelecendo a conservação *in situ* que se refere a manutenção dos recursos vegetais dentro da comunidade da qual faz parte. Desta forma pode-se manter toda a variabilidade disponível de uma ou mais populações de espécies, permitindo a sua dinâmica e evolução no ecossistema (Coradin & Giacometti, 1992).

A ação do fogo provoca uma série de modificações de natureza física, química e biológica no solo. A queima pode alterar a umidade do solo, em razão de mudanças na taxa de infiltração, na taxa de transpiração, na porosidade e na repelência do solo à água. (Spera et al., 2000). Quanto aos impactos do fogo sobre as propriedades físicas do solo, observa-se que, após a queima, geralmente uma reduzida cobertura vegetal permanece para dissipar a energia da queda da chuva e obstruir o escoamento superficial (Heringer et al., 2002).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob mata preservada e mata sob ação de queimada, no Jardim Botânico em área urbana, Goiânia-GO.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira (JATH) situado na região sul de Goiânia-Goiás, localizado entre as coordenadas geográficas, 16°43'12" e 16°43'50" S e 49°15'40" e 49°14'40" W. Possui área total de 1.000.000 m², predomina o clima tropical com estação seca, Aw (Köppen), com temperatura amena sendo a média anual de 23,15 °C, e média anual de precipitação de 1.520 mm. O solo foi classificado como sendo dominante o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006). A textura não diferem entre as áreas de estudo, e apresentam a mesma classe textural, frana-argilo-arenosa, em todas as profundidades. Foram selecionadas duas áreas distintas para a realização do estudo, mata queimada-(MQ), área a qual sofreu processo de queimada clandestina em 2010, localizada nas coordenadas 16°43'28,8" S e 49°15'7,2" W, com altitude de 826 m; mata preservada-(MP), localizada nas coordenadas 16°43'34,4" S e 49°15'16,7" W, com altitude de 820 m (Figura 5.1).



Figura 5.1. Jardim Botânico (JBTH-GO), e áreas selecionadas para estudo (Fonte: Google maps, 2014)

Em cada área foram coletadas amostras de solo formando uma malha amostral composta por seis linhas e cinco colunas com distância de 10 m entre os pontos amostrais formando um gride de 300 m². No entorno de cada ponto de amostragem foram realizadas três penetrometrias utilizando-se um penetrômetro de impacto Modelo IAA-Planalsucar-Stolf, com ponta fina cônica de área 1,29 cm². Os ensaios foram realizados da superfície do solo até a profundidade de 40 cm, totalizando 120 repetições por área. Os dados obtidos no campo, na unidade de impactos por decímetro, foram transformados em MPa utilizando-se a equação descrita por Stolf (1991).

Em cada ponto de amostragem foi aberta uma minitrincheira visando à coleta de amostras para fins de determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico (Embrapa, 1997). As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Física do Solo (LFS) da Escola de Agronomia, na Universidade Federal de Goiás-UFG.

Para obtenção dos valores de densidade de solo (Ds) foram coletadas amostras de solo por meio de anéis volumétricos com dimensões de 5 x 5 cm, usando-se espátula de emassar paredes e marreta de borracha como amostrador. As coletas foram realizadas nas paredes da minitrincheira nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo a determinação da Ds e a porcentagem de matéria orgânica do solo (MOS) obtidas conforme métodos descritos em Embrapa (1997), sendo (30 amostras/área x duas profundidades x

duas áreas de estudo) totalizando 240 amostras para cada variável. A amostragem do solo foi feita em duas épocas distintas: MQ – mata queimada (setembro/2012) e MP – mata preservada (maio/2013).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas dentro de cada profundidade e em cada área pelo teste Tukey a 5%.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O menor valor médio de densidade do solo (D_s) foi $0,89 \text{ Mg m}^{-3}$, observado no solo sob MP, enquanto o maior valor médio encontra-se no solo da MQ de $1,29 \text{ Mg m}^{-3}$ (Tabela 5.1). Era previsto esta ocorrência, já que na MQ ocorre maior interferência de transeuntes, aumentando a compactação do solo desta área, e a ocorrência da queima.

Tabela 5.1. Valores médios de resistência do solo à penetração (RP), densidade do solo (D_s), matéria orgânica do solo (MOS) e umidade do solo (θ) em diferentes profundidades, em Latossolo Vermelho distrófico em área de mata queimada (MQ) e área de mata preservada (MP)

| | Profundidade (cm) | RP (MPa) | D_s (Mg m^{-3}) | MOS (%) | θ ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) |
|-----------|-------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|--|
| MQ | 0 – 5 | $0,61 \pm 0,12$ B c | $0,97 \pm 0,13$ A c | $3,49 \pm 0,91$ A a | $0,23 \pm 0,05$ A c |
| | 5 – 10 | $0,84 \pm 0,35$ B c | $1,13 \pm 0,12$ A b | $2,66 \pm 0,83$ A b | $0,27 \pm 0,05$ A b |
| | 10 – 20 | $1,28 \pm 0,48$ B b | $1,23 \pm 0,16$ A a | $2,14 \pm 0,52$ A c | $0,30 \pm 0,05$ A ab |
| | 20 – 40 | $2,03 \pm 0,79$ A a | $1,29 \pm 0,12$ A a | $1,66 \pm 0,57$ A c | $0,26 \pm 0,03$ A a |
| MP | 0 – 5 | $0,68 \pm 0,15$ A d | $0,89 \pm 0,09$ B c | $3,69 \pm 0,78$ A a | $0,04 \pm 0,03$ B b |
| | 5 – 10 | $1,09 \pm 0,33$ A c | $0,96 \pm 0,19$ B bc | $2,81 \pm 0,65$ A b | $0,04 \pm 0,03$ B ab |
| | 10 – 20 | $1,78 \pm 0,52$ A b | $1,03 \pm 0,07$ B ab | $2,19 \pm 0,50$ A c | $0,05 \pm 0,03$ B ab |
| | 20 - 40 | $2,12 \pm 0,54$ A a | $1,06 \pm 0,13$ B a | $1,77 \pm 0,42$ A d | $0,06 \pm 0,05$ B a |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem na mesma área para as diferentes profundidades, e médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre área na mesma profundidade, de acordo com os resultados do teste Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Gualtieri-Pinto et al. (2008) o principal impacto nos solos em áreas naturais de recreação resulta do pisoteio. Pisoteio e uso de veículos (bicicletas, motocicletas, etc.) causam compactação do solo, aumentando a densidade e resistência à penetração no solo, mudanças na estrutura do solo e na sua estabilidade, perdas na serapilheira e no conteúdo de húmus, redução nas taxas de infiltração, aumento do

escoamento hídrico superficial, e aumento da erosão. Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio pode levar a mudanças na biologia e na química do solo.

Mesmo apresentando diferença significativa da Ds da MQ em relação a MP, os valores encontrados foram menores que o índice crítico para crescimento radicular. Camargo & Alleoni (1997) propuseram que o valor crítico relativo à densidade do solo, de um Latossolo Vermelho, deve ser de $1,1 \text{ g cm}^{-3}$.

Analisando os valores médios de Ds nas diferentes profundidades avaliadas nas áreas de MQ e MP, observa-se que a MP apresentou os menores valores médios de Ds em todas as profundidades, diferindo estatisticamente apenas nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm quando comparada a MQ. Diversos estudos apontam que a antropização de áreas antes preservadas condiciona mudanças negativas na densidade do solo, afetando o crescimento das raízes, a parte aérea das plantas e a percolação de água, favorecendo a ocorrência de escoamento superficial, que acarreta erosões e voçorocas, além de alterar a drenagem natural característica do solo. Rosa et al. (2003), em seus estudos encontraram valores de Ds semelhantes em área de mata nativa (Cerrado), em Latossolo Vermelho, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm Ds de 0,78; 0,93; $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ respectivamente, corroborando com aos valores obtidos na MP (Tabela 5.1).

Em estudo realizado por Spera (2000) as parcelas onde se aplicou o fogo, constatou-se, no período do estudo, tendência estatisticamente não-significativa de aumento da Ds. Esse aumento na parcela com fogo pode ser atribuído à compactação promovida pelo impacto das gotas de chuva no solo desnudado pelo fogo que conduziu à maior compactação do solo. Neste estudo, observa-se aumento da Ds na MQ em todas as profundidades quando comparada à MP, ainda que esse incremento não seja estatisticamente significativo para todas as profundidades.

As áreas de matas nativas apresentam menor Ds decorrente do elevado teor de MOS, de acordo com Silva et al. (2011) onde encontrou Ds de $1,34 \text{ Mg m}^{-3}$ na profundidade 0-20 cm, em área de mata nativa. Na MQ, possivelmente, a maior Ds pode estar associada ao avanço das partículas carbonizadas nos espaços porrosos superficial, assim, aumentando a Ds nesta área.

Os teores médios de MOS encontrados nas áreas não apresentaram diferença estatística significativa, mas apresentaram diferença estatística em relação às profundidades analisadas, onde observa-se uma diminuição dos valores encontrados, com o

aumento da profundidade. Os maiores valores estão na profundidade 0-10 cm de 3,49 e 3,69%, na MQ e MP respectivamente.

Na avaliação dos atributos físicos houve diferença significativa para a resistência à penetração (RP) do solo entre a MQ e MP, apresentando uma amplitude de 0,68 a 2,12 MPa na MP e 0,61 a 2,03 MPa em MQ. A análise dos resultados indica que a umidade do solo diferiu dentro de área e nas profundidades avaliadas, estas variações podem estar associadas a fatores climáticos e não necessariamente à vegetação.

A Tabela 5.1 observa-se que o maior valor médio de RP ocorre na MP na profundidade de 20-40 cm, este valor encontrado não difere estatisticamente da área de MQ nesta profundidade. O solo da área de MP apresentou baixa resistência em todas as camadas, principalmente na profundidade 0–10 cm, refletindo os efeitos da incorporação de MOS (aporte de serapilheira), corroborando com pesquisa de Carvalho et al. (2004).

Na Figura 5.2, observa-se que a umidade do solo influencia na determinação da RP; comportamento este corroborado por outros trabalhos aportados na literatura (Oliveira et al., 2007; Tormena et al., 2007; Silva et al., 2011). A avaliação da RP é fortemente dependente do teor de água do solo no momento da determinação no campo e aumenta exponencialmente com a redução do teor de água no solo (Klein et al., 1998). Portanto, elevados teores de água no solo podem reduzir acentuadamente os valores absolutos da medida de RP (Conte et al., 2011).

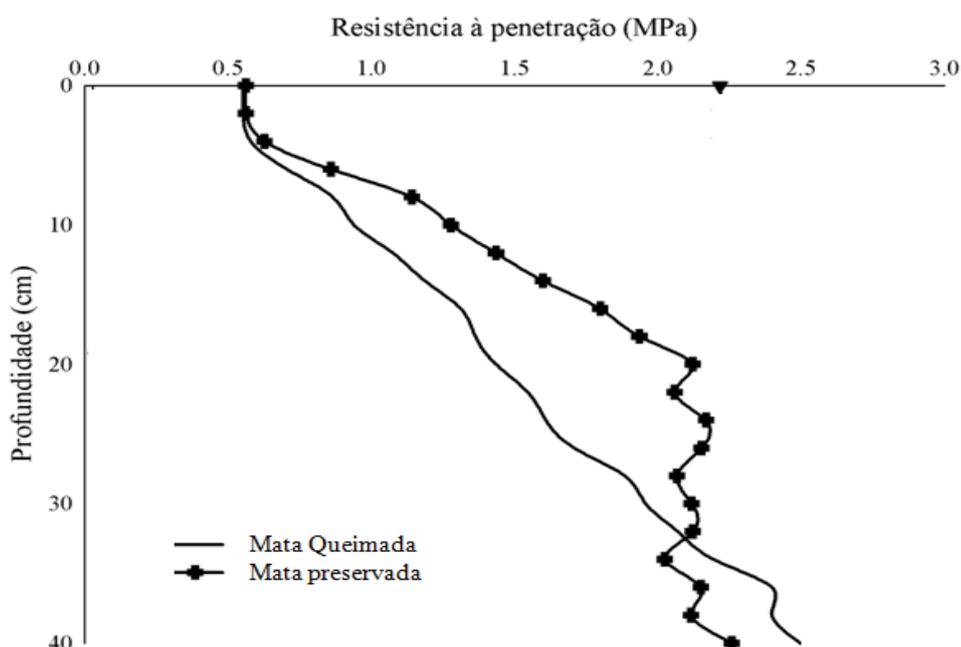


Figura 5.2. Distribuição dos valores médios de resistência à penetração (RP) nas áreas de estudo

Na Figura 5.2, percebe-se que a maior RP ocorre na MQ na profundidade de 40 cm, com valor de 2,4 MPa. Na literatura não há um consenso quanto ao limite de restrição da RP para o crescimento das raízes (Souza et al., 2005). No entanto, Souza & Alves (2003) sugerem valores entre 3 e 5 MPa, dependendo do tipo de solo, manejo, cultura explorada, umidade do solo, entre outros fatores, conforme citado por Carneiro et al. (2009).

A resistência à penetração do solo foi menor na MQ, apresentando valores médios crescente em profundidade devido ao adensamento natural do solo nestes ambientes. Até 30 cm de profundidade a RP foi maior na MP, os valores de resistência mostram-se significativamente maiores na área sob mata nativa, sendo isso justificado pelo crescimento das raízes que aproximam as partículas do solo. Em todos os tratamentos a RP aumenta à medida que a profundidade cresce. Provavelmente isso pode ser explicado pelo adensamento do solo em profundidade, além da diminuição na concentração de matéria orgânica. No caso deste estudo, possivelmente, os valores não representaram impedimentos ao crescimento das raízes.

5.4 CONCLUSÕES

1. A área de MQ (quatro anos após a queima) apresentou baixa resistência a penetração até a profundidade 0–30 cm, refletindo os efeitos da incorporação de matéria orgânica ao solo.
2. Embora tenha sido identificada diferença de resistência à penetração entre as áreas estudadas, os valores encontrados estão abaixo do valor crítico para o crescimento radicular.
3. Nas áreas analisadas a resistência a penetração aumenta em profundidade. Este fato, pode ser explicado pelo adensamento do solo em profundidade, além da diminuição na concentração de matéria orgânica.
4. A intensidade da queima e o tempo decorrido (quatro anos) apresentaram influência no surgimento de espécies exóticas a área de MQ, fato este observado a campo.

5.5 REFERÊNCIAS

- BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E.; BRAGA, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 87-94, 2003.
- BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 331-336, 2011.
- CAMARGO, O. A. de.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solos de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- CARVALHO R.; GOEDERT W. J.; SILVEIRA A. M. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.
- CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I. CARVALHO, P. C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.
- CORADIN L.; GIACOMETTI D. C. **Os Jardins Botânicos e a Conservação dos Recursos Vegetais no Brasil**. Centro Nacional de Pesquisa em Recursos Genéticos e Biotecnologia CENARGEN, da Empresa brasileira de pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, Caixa Postal 0.2372,70.849.970- Brasília - DF Brasil. 1992. 82 p.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In. DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BELDICEK, D. F.; STEWARDT, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America, Madison, 1994. p. 1-20. Special Publication, 35
- EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FIGUEIREDO, M. A.; FILHO, R. E. F.; VARAJÃO, A. F. D. C. Qualidade do Solo como Geoindicador para o Manejo de uma trilha no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 199-208, 2012.

GEOHECO - Laboratório de Geohidroecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Estudos de qualidade ambiental do geocossistema do maciço da tijuca – subsídios para regulamentação da APARU do Alto da Boa Vista.** Rio de Janeiro, 2003.

GUALTIERI-PINTO, L.; OLIVEIRA, F. F.; ALMEIDA-ANDRADE, M.; PEDROSA, H. F.; SANTANA, W. A.; FIGUEIREDO, M. do A. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. **E-scientia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2008.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 309-314, 2002.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e conteúdo de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 1, p. 45-54, 1998.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERINO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho na microregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 265-270, 2007.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 911-923, 2003.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H. SOUZA, F. S. DE.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1817-1824, 2000.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FILDALSKI, J.; COSTA, J. M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 211-219, 2007.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2nd ed. Nairobi: CAB Internacional, 1997. 320 p.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como principal objetivo contribuir para um melhor conhecimento do impacto do fogo em solos de áreas preservadas, as quais, em diversos trabalhos são denominadas de áreas de referência. Esta denominação está ligada aos atributos químicos e físicos do solo. Estudos que apresentem a disponibilidade de informações ainda são muito escassos.

Não foi o foco deste estudo a caracterização da vegetação do Jardim Botânico, nem a indicação do uso do fogo, como forma de manejo, para Áreas de Preservação Permanentes ou Unidades de Conservação (UCs).

No estudo realizado, os teores de matéria orgânica do solo (MOS) não diferiram em relação às áreas, apresentando valores decrescentes com o aumento da profundidade em ambas as áreas, o que pode estar relacionado ao tempo decorrido da queima (quatro anos).

Foi observado diminuição dos teores de Al^{+3} , fato este relacionado ao efeito da MOS, complexando o alumínio livre em solução observaram que a diminuição na camada superficial do teor de cátions livres H^+ e Al^{+3} podendo estar relacionado à influência das cinzas sobre as características químicas do solo que atuam neutralizando a acidez do solo pela ação de componentes básicos (Ca, Mg e K) que são liberados após a queima da vegetação

Na MQ o fósforo (P) apresentou o maior teor médio observado na profundidade 0-5 cm de $2,4 \text{ mg dm}^{-3}$, observando-se uma redução dos teores encontrados com o aumento da profundidade, fato relacionado a sua baixa mobilidade.

O solo sob MQ apresenta aumento da porosidade na camada superficial, isto pode ter ocorrido devido ao aumento de espécies espontâneas como gramíneas e outros microorganismos decompositores.

A área de MQ (quatro anos após a queima) apresentou baixa resistência a penetração até a profundidade 0–30 cm, refletindo os efeitos da incorporação de matéria orgânica ao solo em sua camada superficial.

Os resultados obtidos apresentam que a queima ocorrida na mata, no ano de 2010, não interferiram nos atributos físicos e químicos do solo das áreas analisadas do Jardim Botânico.

Para futuros trabalhos científicos, sugere-se incluir análises mineralógicas, fauna do solo, em suas diferentes escalas, e que a execução de coletas e análises sejam executados no mesmo período do ano.