

## ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO, ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E FRAÇÕES HÚMICAS EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS

### CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL, AND CARBON AND NITROGEN STOCK AND HUMIC FRACTIONS IN DIFFERENT PLANT FORMATIONS

Romulo Guimarães Giacom<sup>1</sup> Marcos Gervasio Pereira<sup>2</sup> Roni Fernandes Guareschi<sup>3</sup>  
Deivid Lopes Machado<sup>4</sup>

#### RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, no qual são observadas diferentes feições fitofisionômicas, que podem ser influenciadas por fatores edáficos. Desta forma, este estudo objetivou avaliar a fertilidade e os atributos físicos do solo (análise granulométrica, densidade do solo - Ds e volume total de poros – VTP), os estoques de carbono e nitrogênio e as frações químicas da matéria orgânica do solo (MOS) em áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na estação ecológica de Pirapitinga - MG. O solo das áreas de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho. Em cada uma das áreas avaliadas foram coletadas amostras nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 m. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. As áreas de mata mesofítica e cerradão desenvolvem-se em solo com maiores teores de argila em comparação à área de cerrado *sensu stricto*, indicando que possivelmente solos mais argilosos têm maior capacidade de retenção de água e fornecimento de nutrientes para atender mais adequadamente à demanda dessas vegetações com maior porte. A área de mata mesofítica por apresentar maior deposição de resíduos vegetais e estar em solo de textura argilosa está proporcionando em algumas camadas do solo maiores teores de C orgânico e substâncias húmicas, desencadeando menores valores de densidade do solo, maior volume total de poros e maior disponibilidade de P em relação às demais fitofisionomias estudadas. No entanto, as áreas de cerradão e cerrado *sensu stricto* apresentam maiores valores de Mg, K, pH e menores valores de H+Al e Al em comparação à área de mata mesofítica, o que pode sugerir que estas fitofisionomias se estabelecem preferencialmente nos solos mais férteis do bioma Cerrado. A relação entre a fração ácido húmico e fração ácido fúlvico indica que a vegetação de mata mesofítica apresenta em relação à vegetação de cerradão e cerrado *sensu stricto* matéria orgânica do solo de melhor qualidade, que permite o estabelecimento de atributos físicos e químicos favoráveis ao desenvolvimento de plantas. Os maiores estoques de carbono são verificados nas vegetações de maior porte, cerradão e mata mesofítica. Entretanto, o maior teor e estoque de nitrogênio do solo ocorrem na área de cerrado *sensu stricto*.

**Palavras-chave:** Fitofisionomias do bioma Cerrado; fertilidade do solo; matéria orgânica.

#### ABSTRACT

Cerrado biome is the second largest Brazilian biome, where different phyto-physiognomical features are observed, which may be influenced by soil factors. Thus, this study aimed to evaluate soil physical and

1 Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. romuloflorestal@gmail.com

2 Tecnólogo em Produção de Grãos, Dr., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR-465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. Bolsista de Pós-Doutorado da CAPES. gervasio@ufrj.br

3 Engenheiro Agrônomo, Dr., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR-465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ), Brasil. Bolsista de Pós-Doutorado do CNPq. guareschiecotarelli@hotmail.com

4 Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Florestais, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus Botucatu, Departamento de Ciências Florestais, Fazenda Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Rod. Alcides Soares, km 3, CEP: 18610-307 Botucatu (SP), Brasil. deivid.machado@ig.com.br

fertility properties (particle size analysis, bulk density - BD and total pore volume - TPV), carbon and nitrogen stocks and chemical fractions of soil organic matter (SOM) in areas of mesophytic forest, Cerrado and Cerrado *sensu stricto* in the ecological station of Pirapitinga, Minas Gerais state. The soil was classified as Oxisol and soil samples were collected from the layers 0-0.05, 0.05-0.1, 0.1-0.2, and 0.2-0.4 m. The experimental design was completely randomized. Areas of mesophytic forest and cerrado grow in soil with higher clay compared to the Cerrado *sensu stricto*, indicating that possibly more clayey soils have higher water holding capacity and nutrient supply to attend the demand more appropriately with larger vegetations. The mesophytic forest area by presenting high waste disposal of plant and be in the clayey soil is in some layers providing higher levels of soil organic C and humic substances, triggering lower values of bulk density, greater total porosity and availability of P in relation to other vegetation types studied. However, the closed areas and Cerrado *sensu stricto* have higher amounts of Mg, K, and lower pH, H + Al and Al compared to mesophytic forest area, which may suggest that these phytophysiognomies settle preferentially in the most fertile soils of Cerrado biome. The relationship between the humic acid and fulvic acid fraction indicates that the forest vegetation Mesophytic presents for vegetation of Cerrado and Cerrado *sensu stricto* soil organic matter of great quality, which allows the establishment of physical and chemical attributes favorable to the development of the plant. The largest stocks of carbon are verified in larger vegetation, cerrado and mesophytic forest. However, the higher grade and stock soil nitrogen occur in Cerrado *sensu stricto*.

**Keywords:** Physiognomies of Cerrado biome; soil fertility; organic matter.

## INTRODUÇÃO

O Cerrado, que ocupa 24,4% do território brasileiro, é um bioma notável por sua grande variação fitofisionômica, apresentando formações florestais, savânicas e campestres (EITEN, 1972). O cerrado pode adotar quatorze tipos de paisagens, e esses ambientes encontram-se distribuídos por todo esse bioma com as seguintes denominações: campo limpo de cerrado, campo rupestre, campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu*, cerradão, campo de murundus, buritizal e veredas, campo úmido, brejos permanentes, pantanal, mata de baixa galeria e mata mesofítica (EITEN, 1972).

A formação savânica mais comum no domínio do bioma Cerrado é o cerrado *stricto sensu*, ocupando cerca de 70% de sua extensão (RIBEIRO e WALTER, 1998). Este tipo de fitofisionomia caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas (EITEN, 1972; RIBEIRO e WALTER, 1998). Já as matas mesofíticas ocupam mais de 15% da área do bioma Cerrado (FELFILI et al., 2003), sendo compostas predominantemente por árvores na faixa de 5 a 30 m de altura (VELOSO et al. 1991). Outra tipologia fisionômica muito pesquisada do bioma Cerrado é o Cerradão, que ocupa cerca de 1% de sua extensão (MARIMON JÚNIOR e HARIDASAN, 2005). Esta fitofisionomia apresenta

dossel predominantemente contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar em torno dos 70%, com altura média do estrato arbóreo variando entre oito e quinze metros, propiciando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados, com espécies de epífitas reduzidas (RIBEIRO e WALTER, 1998).

A distribuição dessas fitofisionomias podem estar associadas aos atributos edáficos, com destaque para a profundidade efetiva do solo, profundidade do lençol freático e a fertilidade do solo (EITEN, 1972; HARIDASAN, 1992; RUGGIERO et al., 2002). Adicionalmente, fatores como topografia, ações antrópicas e queimadas (EITEN, 1972; OLIVEIRA FILHO et al., 1990; MARION JÚNIOR e HARIDASAN, 2005) também podem contribuir para a diversidade das formações vegetais observadas nesse bioma. Segundo Haridasan (1992), o cerrado *sensu stricto* ocorre em solos que possuem baixa fertilidade natural, que apresentam baixa saturação por bases (solos distróficos) ou associados a solos álicos (saturação por alumínio  $\geq 50\%$ ), diferindo desse padrão, o cerradão e as matas mesofíticas tende a ocorrer sobre solos com maior fertilidade natural (ARAÚJO e HARIDASAN, 1988; EITEN, 1994; RATTER et al., 2003; SKORUPA et al., 2012).

Apesar dos relatos apresentados anteriormente, destacam-se na literatura vários

trabalhos que não encontraram relação entre a fertilidade do solo e a fitofisionomia do bioma Cerrado (COSTA e ARAÚJO, 2001; MARION JÚNIOR e HARIDASAN, 2005). Em um trabalho conduzido por Marion Júnior e Haridasan (2005), os autores analisaram a composição da vegetação arbórea e as características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico em Mato Grosso e não observaram diferenças na fertilidade do solo para corroborar a hipótese de que a ocorrência do cerradão ao lado do cerrado *sensu stricto* poderia ser atribuída à maior fertilidade do solo. De maneira similar, Costa e Araújo (2001) também constataram a ocorrência de cerradão e cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes de solos com mesmo nível de fertilidade natural. Diante do exposto, percebe-se a ausência de uma associação clara entre os níveis de fertilidade natural e as fitofisionomias do bioma Cerrado, necessitando-se assim de um maior número de pesquisas para elucidar essa área de conhecimento.

Outro atributo do solo muito influenciado pela variação de formações vegetais do bioma Cerrado, é a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) (CREMON et al., 2009). O estudo da variação do conteúdo e das formas da MOS nas diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado é extremamente importante, visto que esta é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca catiônica dos solos dessa região (SILVA e RESCK, 1997; CREMON et al., 2009; SKORUPA et al., 2012). Trabalhos na literatura têm demonstrado que tais variações na quantidade e qualidade da MOS ocorrem devido aos diferentes aportes de resíduos vegetais e/ou diferenças na textura do solo (NETO et al., 2009; CREMON et al., 2009; SKORUPA et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade e os atributos físicos do solo, os estoques de carbono e nitrogênio e as frações químicas da matéria orgânica do solo em áreas de mata mesofítica, cerrado *sensu stricto* e cerradão na estação ecológica de Pirapitinga-MG, buscando compreender a influência e a relação do solo com a vegetação e vice-versa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Pirapitinga, Ilha das Marias, que possui uma área aproximada de 1090 ha e perímetro de 20 km, estando localizada ao entorno do Reservatório

da Usina Hidroelétrica de Três Marias, no Estado de Minas Gerais, no município de Morada Nova de Minas. Está compreendida na confluência do córrego Riachão com o rio São Francisco, entre as coordenadas geográficas de 18°20'S - 18°23'S e 45°17'W - 45°20'W (AZEVEDO et al., 1987). Segundo os autores, o nível da barragem oscila entre a cota máxima de 568 m até a mínima de 559 m, acima do nível do mar, em sua cota máxima a Estação assume feição de ilha. A Estação Ecológica está compreendida entre as altitudes 570 e 630 metros acima do nível do mar e o relevo predominantemente é suave ondulado.

O tipo climático, segundo Köppen (1948), é Aw (clima tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno). O período chuvoso se estende de outubro a março; os meses de dezembro, janeiro e fevereiro constituem-se o trimestre mais chuvoso e os meses de junho, julho e agosto, o trimestre mais seco.

A vegetação na Estação é constituída por elementos arbóreos com até aproximadamente 25 metros de altura e densidade variável. Apresenta-se sob quatro feições: mata mesofítica, cerradão, cerrado *sensu stricto* e campo sujo (AZEVEDO et al., 1987).

Para o estudo foram selecionadas três áreas para amostragem: cerrado *sensu stricto*, mata mesofítica e cerradão localizadas em Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2006).

A coleta das amostras de solo foi realizada em julho de 2008. Para a coleta das amostras em cada uma das formações vegetais foi determinada uma área de 0,1 ha e nesta foram abertas aleatoriamente cinco trincheiras (0,5 x 0,5 m de superfície e 0,50 m de profundidade), sendo coletadas amostras indeformadas e deformadas nas camadas de 0,0 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20; 0,20 – 0,40 m. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de anel de Kopecky (diâmetro de 4,10 cm, altura de 3,40 cm), para a determinação da densidade do solo (Ds). Nas mesmas camadas também foram coletadas amostras deformadas para a determinação da densidade das partículas (Dp) (EMBRAPA, 1997), com os resultados obtidos quantificou-se o volume total de poros (VTP%).

A quantificação dos teores de areia, silte e argila foram realizadas para as camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, segundo Embrapa (1997). Para isto, amostras de solo foram dispersas com NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e agitadas, em baixa rotação, por 16 horas. Em seguida, o teor de argila total foi determinado

na suspensão, pelo método da pipeta e as frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação, em peneiras de malhas 0,2 e 0,053 mm, respectivamente. Já o silte foi obtido por diferença. A avaliação da fertilidade do solo, em cada uma das áreas de estudo, foi realizada por meio da coleta de amostras de solo deformadas, sendo coletadas cinco amostras compostas em cada camada de solo e área de estudo e cada amostra foi formada a partir de dez amostras simples.

As amostras para avaliação da fertilidade do solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de malha de 2,0 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA). Para a caracterização da fertilidade do solo foram realizadas as determinações dos seguintes elementos: Ca, Mg, K, Na, P, H+Al, Al, N, carbono orgânico (Corg) e pH (EMBRAPA, 1997). Para a determinação dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+, \text{Al}_3^+$ ), foi realizada a extração com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> na proporção TFSA-solução de 1:10, sendo obtido o  $\text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+$  e o  $\text{Ca}_2^+$  por complexometria. O  $\text{Mg}_2^+$  foi obtido pela diferença do  $\text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+$  e o  $\text{Ca}_2^+$ . Já o  $\text{Al}_3^+$  foi determinado por titulação com solução de NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup> como titulante e azul de bromotimol como indicador do ponto de viragem. Já o sódio e potássio trocáveis ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) foram extraídos com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 mol L<sup>-1</sup> na proporção TFSA-solução de 1:10 e determinados por fotometria de chama. A acidez extraível ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) e o hidrogênio extraível ( $\text{H}^+$ ) foram obtidos pela extração com solução de acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> (pH 7,0) na proporção TFSA-solução de 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. O  $\text{H}^+$  foi obtido por diferença entre o valor de acidez extraível e o  $\text{Al}^{3+}$ . Já o fósforo assimilável foi extraído com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 mol L<sup>-1</sup> e determinado por colorimetria após a redução do complexo fosfomolibdídico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto. A soma de bases trocáveis (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 foram obtidas respectivamente pelas seguintes expressões:  $\text{SB} = \text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+ + \text{Na}^+ + \text{K}^+$ ;  $\text{CTC} = \text{SB} + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ . Já o pH em água, foi determinado potenciometricamente na suspensão solo-líquido de 1:2,5, com tempo de contato não inferior a 1 hora e agitação da suspensão antes da leitura.

A determinação do carbono orgânico (Corg) foi realizada através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio 0,2 mol L<sup>-1</sup> em meio ácido (ácido sulfúrico) e titulação com o

sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997).

O fracionamento das substâncias húmicas (fração ácidos fúlvicos – FAF, fração ácidos húmicos – FAH e Humina – Hum) foi realizado segundo a técnica de solubilidade diferencial, utilizando-se os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas, adaptado por Benites et al. (2003). A partir dos resultados obtidos foi determinada a relação FAH/FAF. Para isto, pesou-se uma massa de solo igual a 1,0 g, submetendo-se ao contato com 20 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> por 24 horas. A separação entre o extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e o resíduo foi feita por centrifugação a 5000 g por 30 minutos. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 mL. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionado em placa de petri e seco a 65°C (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 ( $\pm 0,1$ ) com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20%, seguido de decantação por 18 horas em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 mL, com água destilada.

A quantificação do carbono orgânico nas frações FAF e FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 mL de extrato, 1,0 mL de dicromato de potássio 0,042 mol L<sup>-1</sup> e 5,0 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. No resíduo seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico na humina (Hum), e adicionando 5,0 mL de dicromato de potássio 0,1667 mol L<sup>-1</sup> e 10,0 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L<sup>-1</sup> e indicador ferroin.

Para o cálculo do C e o N acumulados foram utilizados os solos coletados nas trincheiras, sendo o estoque estimado a partir da expressão  $\text{Cac}$  ou  $\text{Nac} = (\text{C} \times \text{Ds} \times e)/10$ , na qual o  $\text{Cac}$  ou o  $\text{Nac}$  representam o C e o N acumulados ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ); C indica o teor de C ou de N na camada ( $\text{g kg}^{-1}$ ); Ds, a densidade do solo ( $\text{Mg m}^3$ ) e e a espessura da camada em análise em cm (FREIXO et al., 2002).

Para todos os dados, e em cada camada, foram feitas a avaliação da normalidade dos dados (Lilliefors) e a homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran & Bartlett. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os

valores médios comparados entre si pelo teste T de Bonferroni, por meio de programa Sisvar 4.6. Realizou-se também a análise de componentes principais (ACP), por meio do programa ASSISTAT. A ACP é utilizada para reduzir as dimensões dos dados e, conseqüentemente, facilitar a análise por meio do gráfico do círculo de correlações (HERLIHY e MCCARTHY, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos físicos do solo

Independentemente da camada avaliada, a área de Cerrado *sensu stricto* apresentou menores teores de argila e maiores de areia em relação às fitofisionomias mata mesofítica e Cerradão (Tabela 1). Pela distribuição das frações granulométricas, as áreas analisadas apresentaram diferentes classes texturais, tendo a área de cerrado *sensu stricto* apresentado classe textural franco argilosa e as demais áreas classe textural argilosa (Tabela 1).

Desta forma, pode ser que as formações vegetais foram influenciadas pela textura do solo, pois esta diferenciação interfere no funcionamento do solo como reservatório e fluxo de água, e na dinâmica de carbono e nutrientes. Resultados semelhantes foram relatados por Marimon Junior e Haridasan (2005), que observaram solos mais argilosos em áreas de cerradão em comparação com áreas de cerrado *sensu stricto*, concluindo que os maiores teores de argila contribuiriam para maior capacidade de retenção de água dos solos, tornando-

os capazes de atender mais adequadamente à demanda hídrica de uma vegetação de maior porte como o cerradão. De maneira similar, Skorupa et al. (2012) avaliando a textura de solos sob fragmentos de cerrado e florestas nativas amostrados durante o inventário florestal de Minas Gerais, constataram que o Cerrado *stricto sensu* tendeu a ocorrer em solos com textura menos argilosa.

Independentemente da camada avaliada, não houve diferença na densidade das partículas (Dp) entre as fitofisionomias do bioma Cerrado (Figura 1B). Os valores de Dp se mantiveram entre 2,55 a 2,73 Mg m<sup>-3</sup>, refletindo a composição mineralógica das frações areia e argila constituídas, provavelmente, por quartzo e caulinita, respectivamente, já que esses minerais possuem valor de massa específica por volta de 2,65 Mg m<sup>-3</sup>. Ainda através da Figura 2, constatou-se que a área de mata mesofítica apresentou os menores valores de densidade do solo (Ds) e maior volume total de poros (VTP) em relação às áreas de Cerradão e Cerrado *sensu stricto*. Esse padrão pode estar relacionado aos maiores teores de carbono da mata mesofítica em relação as outras fitofisionomias avaliadas. De acordo com Guareschi et al. (2012), áreas de Cerrado apresentam menores valores de Ds e maior VTP devido à maior deposição de resíduos vegetais na superfície do solo, bem como, pelo maior conteúdo de matéria orgânica.

A partir das observações dos atributos físicos (granulometria, Ds e VTP), supõe-se que a associação da textura argilosa aos maiores valores de porosidade está contribuindo para uma maior retenção de água e nutrientes, favorecendo o maior

TABELA 1: Textura dos solos das áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Pirapitinga.

TABLE 1: Texture of soils of mesophytic forest, Ccerrado and Cerrado *sensu stricto* areas in the Ecological Station of Pirapitinga.

Fitofisionomia	Camada	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	m				
Mata mesofítica		346 b	201 a	453 a	Argila
Cerradão	0,0 – 0,05	251 c	248 a	501 a	Argila
Cerrado <i>sensu stricto</i>		439 a	273 a	288 b	Franco-argilosa
Mata mesofítica		327 b	227 a	446 a	Argila
Cerradão	0,5 – 0,1	246 c	217 a	537 a	Argila
Cerrado <i>sensu stricto</i>		417 a	284 a	299 b	Franco-argilosa

Em que: Valores seguidos de mesma letra na coluna em cada camada não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5 % de significância.

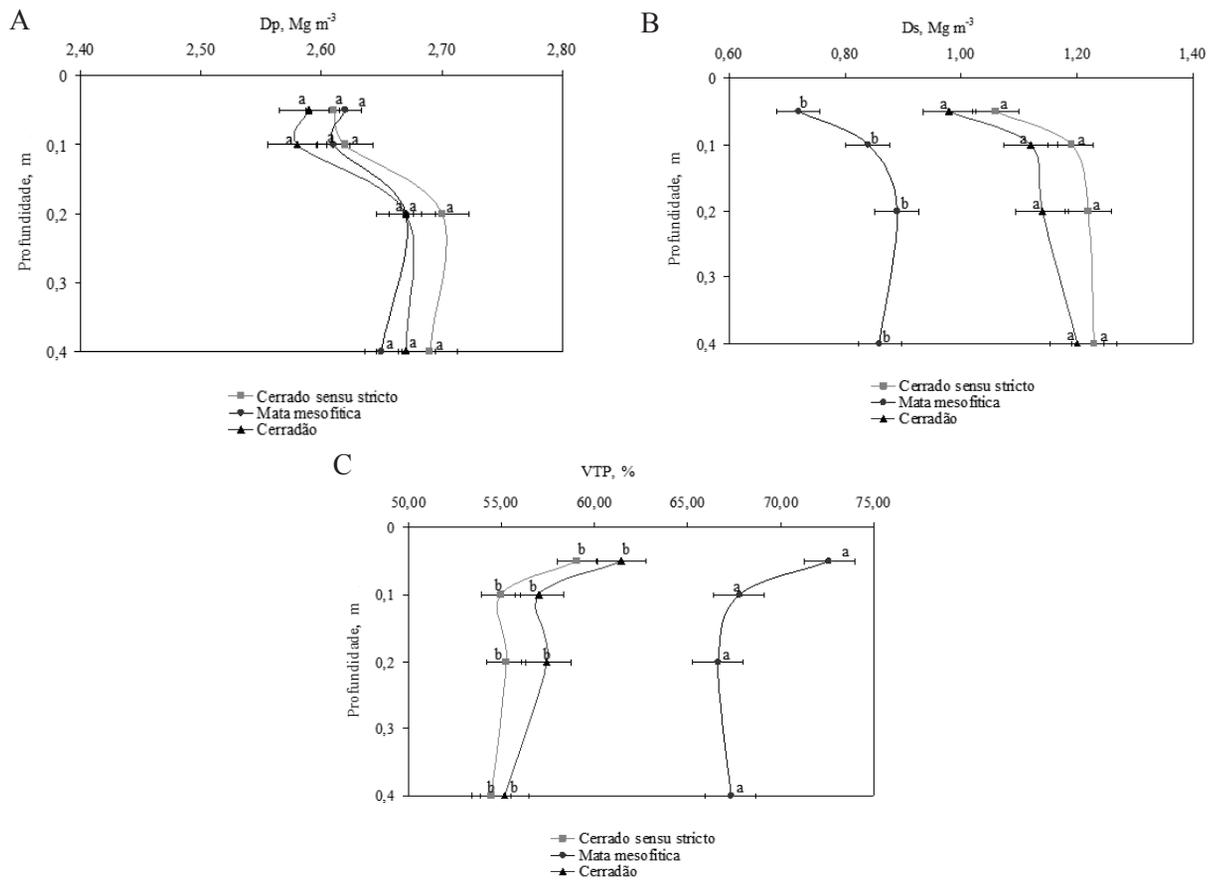


FIGURA 1: Densidade das partículas (Dp) – A, Densidade do solo (Ds) – B, e volume total de poros (VTP) – C, das áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Pirapitinga -MG. Valores seguidos de mesma letra na linha em cada camada não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5 % de significância. As barras horizontais indicam o erro padrão.

FIGURE 1: Bulk density (Ds) - A, particle density (Dp) – B, and total volume of pores (VTP) – C, of mesophytic forest, cerradão and cerrado *sensu stricto* areas in the Ecological Pirapitinga Station. Values followed by the same letter in each line depth do not differ by Bonferroni t test at 5% significance. The horizontal bars indicate the standard error.

desenvolvimento das espécies que ocorrem na área de mata mesofítica.

### Fertilidade do Solo

Não houve diferença estatística entre as fitofisionomias analisadas para os teores de P (0,05-0,1 e 0,2-0,4 m), Ca (0-0,40 m) e Mg (0,2-0,4 m) (Figura 2). No entanto, constatou-se que a área de mata mesofítica em relação às demais fitofisionomias de Cerrado apresentou maiores valores de P (0-0,05 e 0,1-0,2 m), H+Al e Al (0-0,4 m), bem como menores valores de Mg (0-0,2 m), K (0-0,2 m) e pH (0-0,4 m). A área de cerrado *sensu stricto* apresentou maiores valores de pH (0-0,4 m),

seguidos de menores teores de H+Al (0,05-0,4 m) em relação ao Cerradão e à mata mesofítica.

Os menores valores de pH da mata mesofítica são explicados pelos maiores teores de H+Al e Al dessa área. Ainda, a vegetação de grande porte da mata mesofítica extrai grandes quantidades de nutrientes, e isso, pode explicar os baixos valores de Mg e K em relação às demais formações vegetais, bem como a maior concentração de H+Al, pois ao exportar cátions do solo, as plantas liberam  $H^+$ , predominantemente (TAIZ e ZEIGER, 2004). Já os maiores teores de P da mata mesofítica em relação às outras formações vegetais, pode ser explicado em função dos maiores teores de C orgânico, ou seja, esse maior conteúdo de MOS reduz a adsorção de P pela

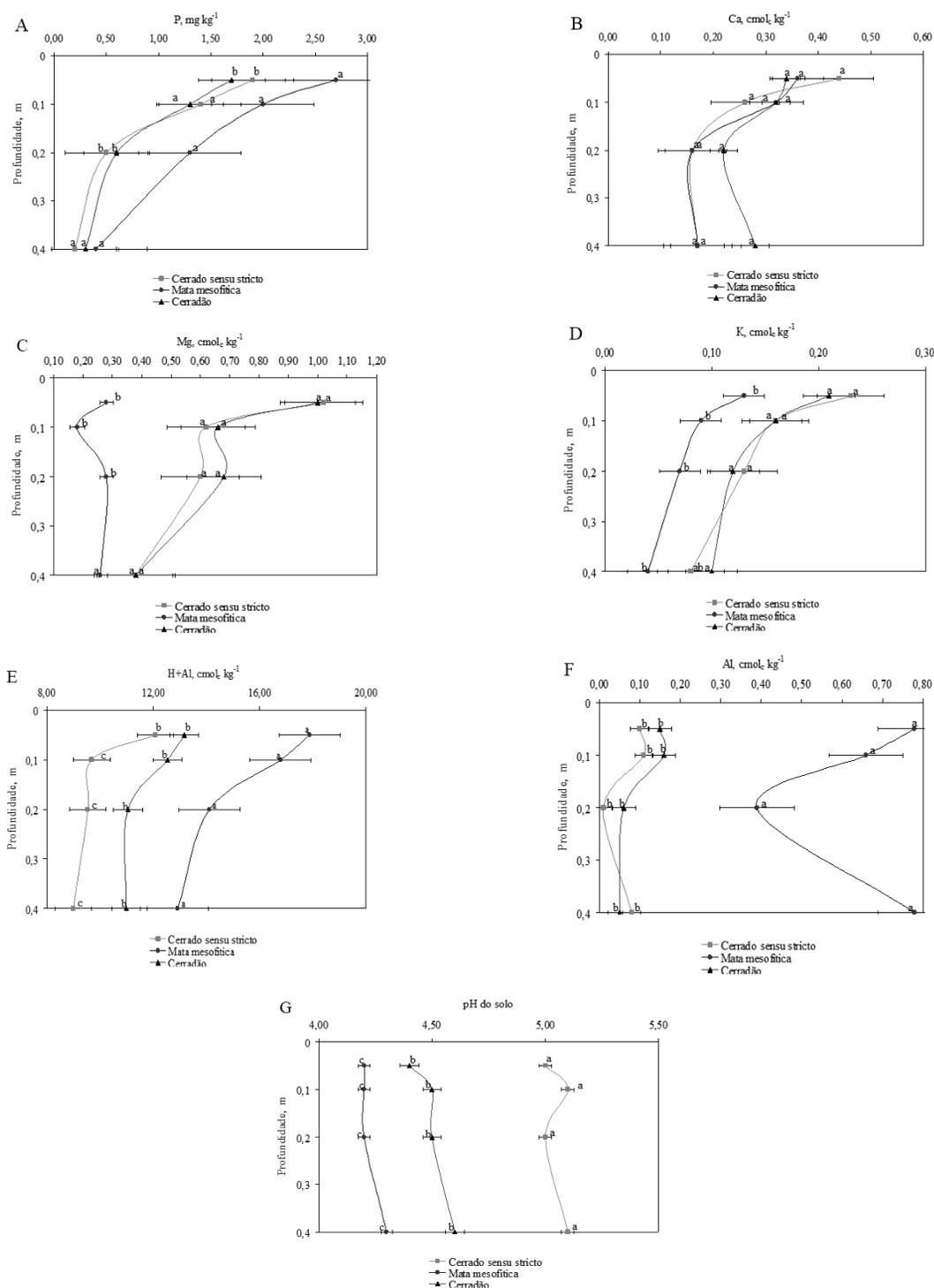


FIGURA 2: Valores de fósforo (P) – A, cálcio (Ca) – B, magnésio (Mg) – C, potássio (K) – D, hidrogênio + alumínio (H+Al) – E, alumínio (Al) – F, e pH do solo – G, em mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Pirapitinga - MG. Valores seguidos de mesma letra na linha em cada camada não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5 % de significância. As barras horizontais indicam o erro padrão.

FIGURE 2: Values of phosphorus (P) - A, calcium (Ca) - B, magnesium (Mg) - C, potassium (K) - D, hydrogen + aluminum (Al + H) - E, aluminum (Al) - F, and pH - G, of the mesophytic forest, Cerrado and cerrado *sensu stricto* areas in the Ecological Station of Pirapitinga. Values followed by the same letter in each line depth do not differ by Bonferroni t test at 5% significance. The horizontal bars indicate the standard error.

ação de ácidos orgânicos oriundos da decomposição dos resíduos orgânicos, da exsudação radicular e da síntese microbiana, os quais formam complexos com o Fe e Al e/ou são adsorvidos à superfície de óxidos, por troca de ligantes e, conseqüentemente, bloqueiam a adsorção de P, aumentando assim a sua disponibilidade (GUPPY et al., 2005).

Os maiores valores de pH (0-0,4 m), seguidos de menores teores de H+Al (0,05-0,40 m) observados na área de Cerrado *sensu stricto* em relação ao Cerradão e mata mesofítica não são muito comuns na literatura, pois a maior parte dos resultados indica valores semelhantes de pH entre estas áreas (SILVA, 2007; MORENO et al., 2008).

Em suma, pode-se inferir que a mata mesofítica e o cerradão, por apresentarem maior biomassa que o cerrado *sensu stricto*, podem ter requerido uma maior quantidade de nutrientes do solo para a sua estruturação, mantendo-se até o presente através da ciclagem de nutrientes (HARIDASAN, 2000). No entanto, as diferenças no aporte da vegetação e requerimentos de nutrientes podem ter acarretado ao solo, com o passar dos anos, diferentes formas de ciclagem de nutrientes, aporte de resíduos vegetais e teores de MOS, fazendo com que ocorram grandes mudanças na fertilidade do solo dessas áreas, tornando difícil a comparação das áreas através apenas da fertilidade do solo.

### Carbono orgânico e nitrogênio do solo

Independentemente da camada avaliada, a área de Mata mesofítica apresentou os maiores teores de C orgânico em relação às demais formações vegetais avaliadas (Figura 3). A área de Cerradão apresentou maior teor de C orgânico em comparação à área de cerrado *sensu stricto*. Em relação aos teores de N, não se verificou diferença estatística entre as formações vegetais avaliadas nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,1 m. No entanto, nas demais camadas, a área de cerrado *sensu stricto* apresentou maiores teores de N em relação às áreas de Mata mesofítica e Cerradão (Figura 3).

Os maiores teores de carbono orgânico na área de mata mesofítica em comparação às demais formações vegetais avaliadas devem-se ao maior aporte de serapilheira e à quantidade de nutrientes aportada nesta área. Resultados semelhantes foram relatados por Pohlman e McColl (1988), ao estudarem o teor de carbono e substâncias solúveis na serapilheira de áreas de Cerrado, concluíram que os maiores valores de carbono encontrados no solo da mata nativa de cerrado se deviam ao maior aporte de serapilheira e à qualidade das substâncias orgânicas produzidas a partir da decomposição do material aportado.

Já os maiores teores de carbono orgânico da área de Cerradão, em comparação à área de cerrado

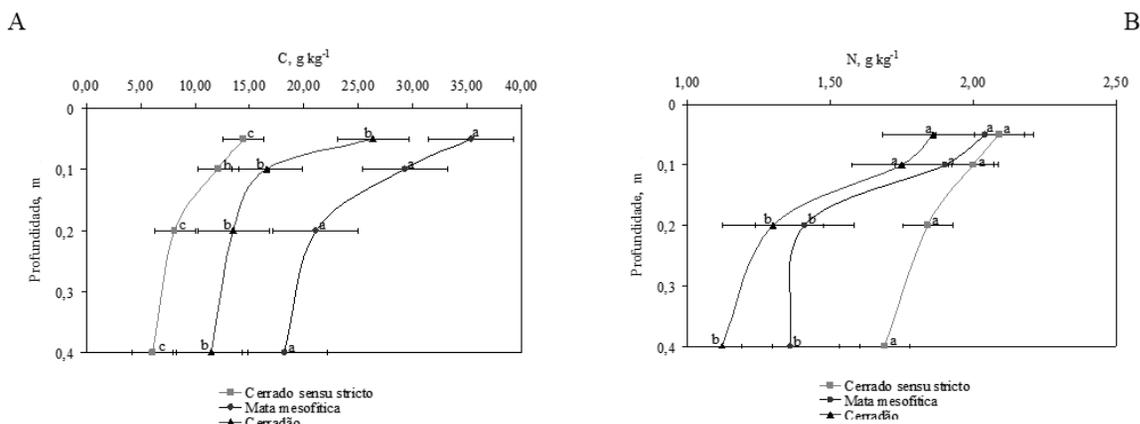


FIGURA 3: Carbono orgânico (C) – A, e nitrogênio (N) – B, do solo das áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Pirapitinga. Valores seguidos de mesma letra na linha em cada camada não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5 % de significância. As barras horizontais indicam o erro padrão.

FIGURE 3: Organic carbon (C) - A, and nitrogen (N) - B of soil of the mesophytic forest, Cerrado and Cerrado *sensu stricto*, areas at Pirapitinga Ecological Station. Values followed by the same letter in each line depth do not differ by Bonferroni t test at 5% significance. The horizontal bars indicate the standard error.

*sensu stricto*, também podem ser explicados por essa formação vegetal aportar ao solo uma maior quantidade de resíduos vegetais que a área de cerrado *sensu stricto*. De maneira similar, Alcântara Neto et al. (2011), ao avaliarem diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado, constataram que a área de Cerradão apresentou maior teor de C em relação a uma área de cerrado *sensu stricto*. Os autores explicam que isto ocorre devido à maior diversidade de plantas e densidade de espécies arbóreas da área de cerradão, o que resulta em maior aporte de resíduos vegetais ao solo.

Outro fator que pode estar proporcionando menores teores de carbono orgânico na área de

cerrado *sensu stricto* em comparação à mata mesofítica e cerradão é seu menor conteúdo de argila. Essas variações nos teores de argila promovem diferenciação na dinâmica do C do solo, uma vez que a argila e a areia têm capacidades de adsorção muito distintas (ZINN et al., 2005). Skorupa et al. (2012), avaliando a textura de solos sob fragmentos de cerrado e florestas nativas amostrados durante o inventário florestal de Minas Gerais, também verificaram correlação entre teor de argila e teores de carbono orgânico do solo, ou seja, as fitofisionomias que estavam em solos menos argilosos apresentaram menores teores de carbono em comparação às fitofisionomias localizadas em

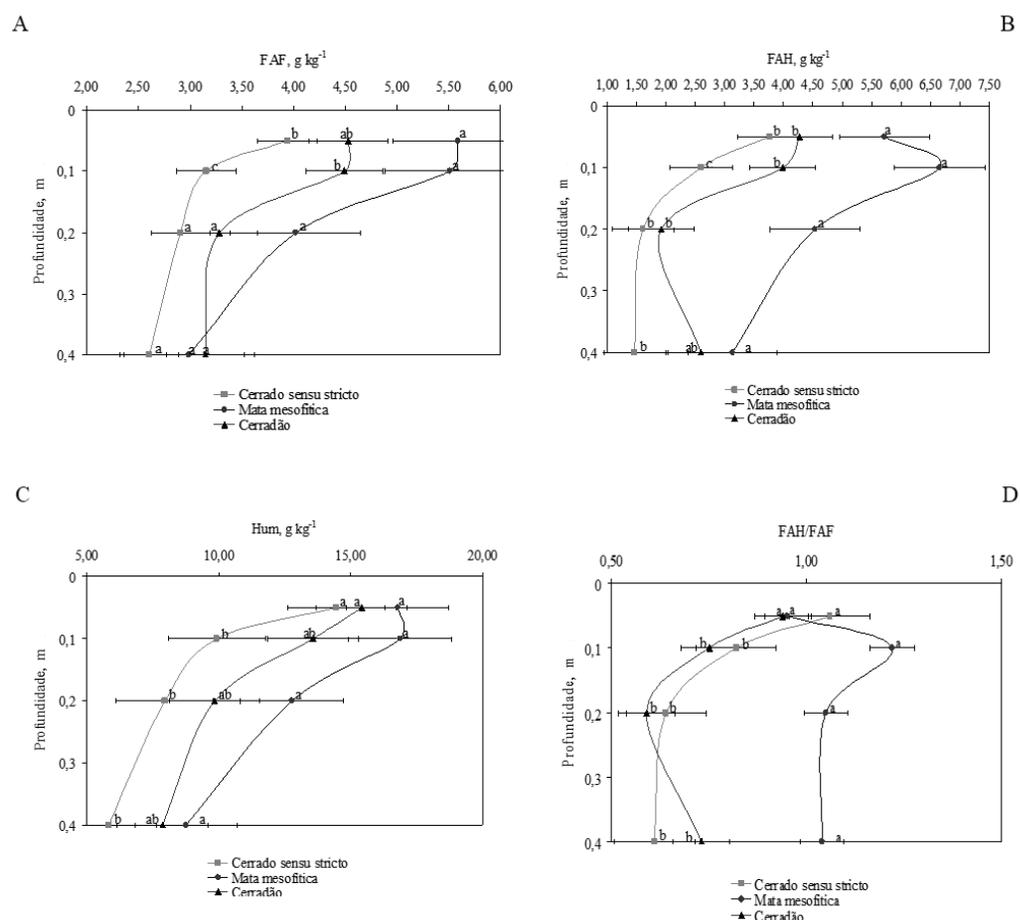


FIGURA 4: Ácidos fúlvicos (FAF) – A, ácidos húmicos (FAH) – B, humina (Hum) – C e relação ácido húmico/ácido fúlvico (FAH/FAF) – D, do solo das áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Pirapitinga. Valores seguidos de mesma letra na linha em cada camada não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5 % de significância. As barras horizontais indicam o erro padrão.

FIGURE 4: Fulvic acids (FAF) - A, humic acid (HAF) - B, humin (Hum) – C and relation humic acid / fulvic acid – D, of soil of the mesophytic forest, Cerrado and Cerrado *sensu stricto* areas at Pirapitinga Ecological Station. Values followed by the same letter in each line depth do not differ by Bonferroni t test at 5% significance. The horizontal bars indicate the standard error.

solos mais argilosos.

Quanto aos teores de nitrogênio do solo, observou-se um padrão inverso ao verificado para o carbono orgânico, ou seja, maiores teores de nitrogênio na área de cerrado *sensu stricto* e menores nas áreas de mata mesofítica e cerradão (0,1-0,2 e 0,2-0,4 m). Esse padrão pode estar ocorrendo devido à área de cerrado *sensu stricto* aportar ao solo material orgânico menos recalcitrante, ou seja, de mais fácil decomposição e maior liberação de N. Tal fato pode ser constatado pelos resultados da relação C/N do solo, que é muito inferior no cerrado *sensu stricto* (0,1-0,4 m - 4,47) em comparação com as áreas de mata mesofítica (0,1- 0,20 m - 14,98; 0,2-0,4 m - 11,18) e cerradão (0,1-0,20 m - 22,93; 0,2-0,4 m - 10,30). A área de cerrado *sensu stricto*, por possuir uma vegetação mais esparsa do que as demais formações vegetais avaliadas, apresenta a presença de gramíneas, e estas, devido ao seu sistema radicular agressivo, podem estar contribuindo para uma maior rizodeposição e concentração de N em profundidade.

### Substâncias húmicas do solo

Não houve diferença estatística entre as fitofisionomias de cerrado avaliadas para as variáveis FAF (0,1-0,40 m), Hum (0-0,05 m) e FAH/FAF (0-0,05 m) (Figuras 4 A, C e D). No entanto, a área de mata mesofítica apresentou maiores teores de C da FAF (0-0,05 e 0,05-0,1 m), FAH (0-0,4 m), Hum (0,05-0,40 m) e relação FAH/FAF (0,05-0,4 m) em comparação à área de cerrado *sensu stricto* (Figura 4). Ainda pela Figura 4, verificou-se que a área de cerradão apresentou valores semelhantes à mata mesofítica da FAF (0-0,05 m), FAH (0,2-0,4 m), Hum (0,05-0,4 m) e ainda maiores valores da FAF e FAH (0,05-0,1 m) em comparação ao cerrado *sensu stricto*.

Os maiores teores de C da FAF (0-0,05 e 0,05-0,1 m), FAH (0-0,4 m), Hum (0,05-0,4 m) e relação FAH/FAF (0,05-0,4 m) em relação à área de cerrado *sensu stricto*, ocorrem devido à maior diversidade de plantas e densidade de espécies arbóreas da área de mata mesofítica, o que resulta em maior aporte de resíduos vegetais ao solo e consequentemente maior quantidade de C e frações húmicas. Tal fato também explica os maiores valores da FAF e FAH (0,05-0,1 m) do cerradão em relação ao cerrado *sensu stricto*. Alcântara Neto et al. (2011), ao avaliarem diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado, também constataram maiores

teores da FAF e FAH na área de cerradão em relação a um cerrado *sensu stricto*, atribuindo este resultado à diferença de aporte de resíduos vegetais ao solo. Resultados semelhantes também são relatados por Machado (2008) ao estudar a distribuição das substâncias húmicas em solo sob diferentes coberturas vegetais, em áreas de mata mesofítica e cerrado *sensu stricto* sob solo Latossolo Vermelho na mesma área. O autor quantificou maiores valores da FAF, FAH e Hum na área de mata mesofítica em comparação às áreas de cerrado *sensu stricto*.

Na área de mata mesofítica, em todas as camadas, a relação FAH/FAF está próxima a 1,0. Nas demais áreas, valores próximos a 1,0 só foram verificados na camada 0 - 0,05 m, nas demais camadas esse valor foi inferior a 1,0. Valores da relação FAH/FAF superiores a 1,0 indicam a predominância de ácidos húmicos em relação aos ácidos fúlvicos, o que, segundo alguns autores (EBELING et al., 2004; GIÁCOMO et al., 2008), caracteriza material de qualidade ótima, que permitiria o estabelecimento de atributos físicos e químicos favoráveis ao desenvolvimento de plantas. Este resultado confirma a hipótese levantada anteriormente na análise dos atributos físicos do solo, em que o solo da área de mata mesofítica possui melhor estrutura para o desenvolvimento das espécies ali presentes. Resultados semelhantes foram relatados por Machado (2008) que, ao avaliar áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado *sensu stricto* na mesma área de estudo, verificou também valores da relação FAH/FAF superiores a 1 na área de mata mesofítica e inferiores a 1 nas áreas de cerradão e cerrado *sensu stricto*.

### Estoques de Carbono e Nitrogênio

Os menores e maiores valores de estoque de carbono foram de 6,03 (0,05-0,10 m) a 27,40 Mg ha<sup>-1</sup> (0,2-0,40 m) nas áreas de cerrado *sensu stricto* e cerradão, respectivamente (Figura 5). Na área de cerrado *sensu stricto* verificou-se uma tendência de menores valores de estoque de carbono, apresentando diferença significativa, nas camadas 0 - 0,05; 0,05 - 0,1 e 0,2 - 0,4 m em relação às áreas de mata mesofítica e cerradão (Figura 5). Não foram observadas diferenças significativas quanto aos valores de estoque de carbono entre as áreas de mata mesofítica e cerradão. Somente foi verificada diferença entre estas áreas na camada 0,05 - 0,1 m, nas quais a área de mata mesofítica apresentou o

maior estoque.

O maior estoque de carbono observado nas áreas de mata mesofítica e cerradão em comparação ao cerrado *sensu stricto* provavelmente é um reflexo de uma vegetação mais desenvolvida presente nessas áreas. O menor estoque na área de cerrado *sensu stricto* provavelmente deve-se às características da vegetação e do solo, e por este apresentar um menor teor de argila (Tabela 1) e maior densidade (Figura 2A). O cerrado *sensu stricto* de modo geral é caracterizado por espécies vegetais de menor porte, as quais provavelmente retornam menores quantidades de resíduos para a camada superficial do solo e, além disso, investem boa parte dos fotoassimilados para a produção de um sistema radicular mais espesso e profundo como forma de garantir a absorção de água e nutrientes para atender à demanda da vegetação, sobretudo, no período de seca (PAIVA e FARIA, 2007).

Em todas as camadas estudadas foram

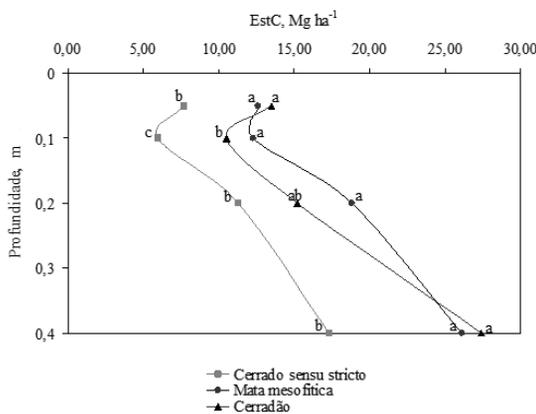


FIGURA 5: Estoque de C (EstC) nas camadas 0 – 0,05; 0,05 – 0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,40 m das áreas de mata mesofítica, cerradão e cerrado sensu stricto na Estação Ecológica de Pirapitinga. Carbon stock (EstC) in the depths 0 – 0,05; 0,05 – 0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,40 m mesophytic forested, Cerrado and Cerrado sensu stricto areas at Piratininga Ecological Station

FIGURE 5: Carbon stock (EstC Mg ha<sup>-1</sup>) in the depths 0 – 0,05; 0,05 – 0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,40 m mesophytic forested, Cerrado and Cerrado sensu stricto areas at Piratininga Ecological Station. Areas followed by the same letter, for soil depth, do not differ by Bonferroni t-test at 5% significance level.

verificadas as maiores médias nos valores de estoque de N na área de cerrado *sensu stricto* em comparação às demais áreas de estudo. Não foi observada diferença significativa entre as áreas de mata mesofítica e cerradão em nenhuma das camadas avaliadas (Figura 6). Estudando o nível e a natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo em Goiânia - GO, Freitas et al. (2000) verificaram em áreas de vegetação natural antropizada de cerrado valores de estoques de nitrogênio de 1,82, 1,51 e 1,84 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente nas camadas 0 – 0,1; 0,1 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m. Baseado nos resultados observados por Freitas et al. (2000) constata-se que os valores encontrados neste estudo são inferiores aos quantificados na área de cerrado *sensu stricto*, porém, são superiores aos verificados em áreas de mata mesofítica e cerradão. Um padrão semelhante ao encontrado nesse estudo foi verificado no trabalho de D'Andrea et al. (2004), avaliando os estoques de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Os autores

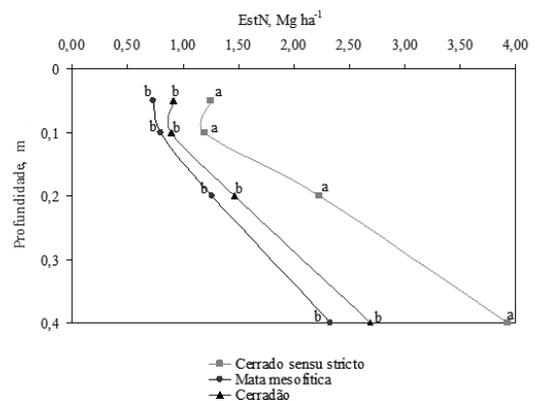


FIGURA 6: Estoque de N (EstN) nos solos de mata mesofítica, cerradão e cerrado sensu stricto na Estação Ecológica de Pirapitinga. Letras seguidas de mesma letra, por camada de solo, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 5% de significância.

FIGURE 6: Nitrogen stock (EstN) in the soils of mesophytic forested, Cerrado and Cerrado sensu stricto at Piratininga Ecological Station, letters followed by the same letter, for soil depth, do not differ by Bonferroni t-test at 5% significance level.

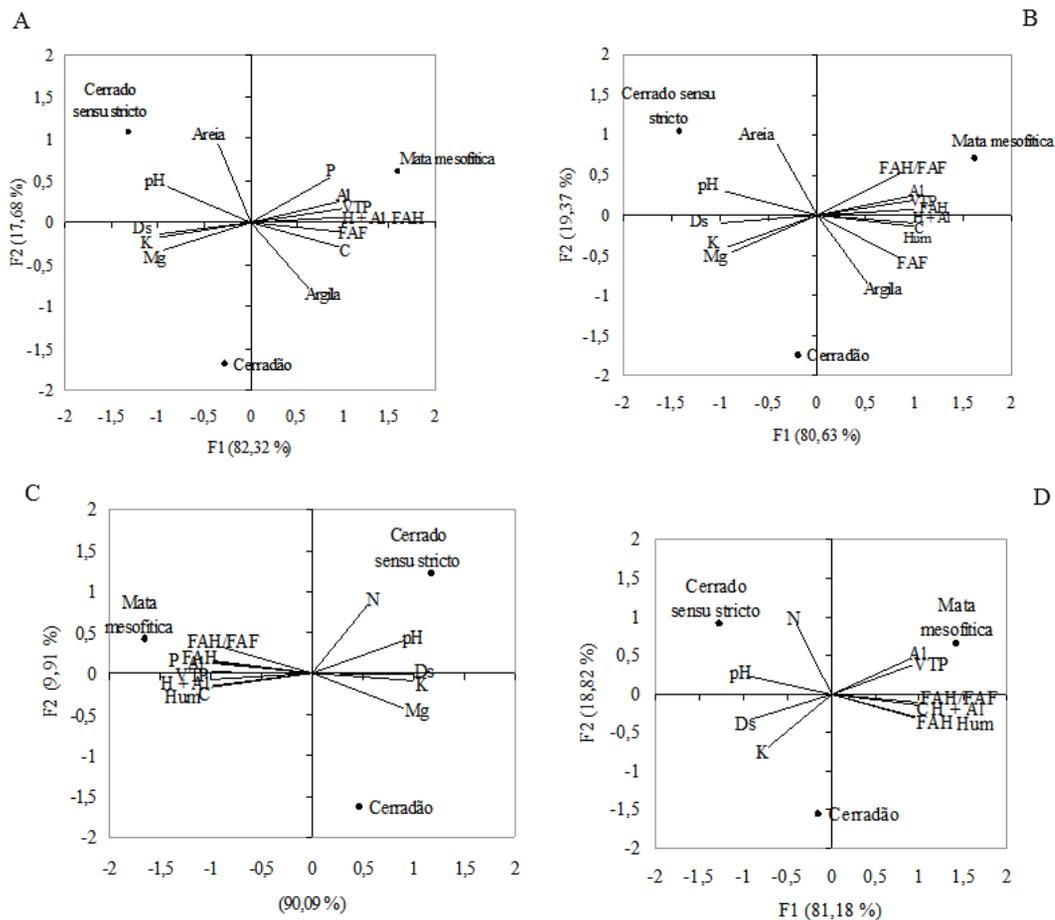


FIGURA 7: Diagramas de ordenação produzidos por análise de componentes principais, das características avaliadas em amostras de solo coletadas na camada de 0–0,05 m (A); 0,05-0,1 m (B); 0,1-0,2 m (C) e 0,2-0,4 m (D).

FIGURE 7: Ordination diagrams produced by principal component analysis from the characteristics evaluated in soil samples from the 0–0,05 m layer (A); 0,05-0,1 m layer (B); 0,1-0,2 m layer (C) e 0,2-0,40 m layer (D).

observaram em área de cerrado *sensu stricto* sob solo Latossolo Vermelho Distrófico valores de estoque de nitrogênio de 2,81, 2,16 e 3,35 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente nas camadas 0 – 0,1; 0,1 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m.

Como verificado para o estoque de carbono, os valores de estoque de nitrogênio encontrados estão dentro da faixa observada na literatura. Consta-se que os valores de estoque de nitrogênio apresentaram um padrão inverso ao do estoque de carbono. Ao contrário do que foi observado em relação ao estoque de carbono, no qual os maiores valores ocorreram nas áreas de mata mesofítica e cerradão, os estoques de nitrogênio foram significativamente maiores na área de cerrado *sensu stricto*. Este padrão é um reflexo do

maior teor de nitrogênio e da maior densidade do solo presentes na área de cerrado *sensu stricto*, o que provavelmente é decorrente da maior riqueza de espécies, em uma vegetação mais jovem, a maior parte do nitrogênio está estocada no solo. Já as áreas de cerradão e mata mesofítica apresentam-se mais desenvolvidas e provavelmente o maior estoque de nitrogênio encontra-se retido na biomassa viva destas formações vegetais.

Para a análise de componentes principais (ACP), as características avaliadas nesse estudo são representadas por setas, que indicam a direção do gradiente máximo, em que o comprimento da seta é proporcional à correlação da característica com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo (THEODORO et

al., 2003). Neste sentido, para correlação com o eixo F1, as variáveis P, Al, VTP, H+Al, FAH, FAF, Hum, Argila e C apresentaram autovetores positivos, e as variáveis Areia, pH, Ds, K, Mg e N apresentaram autovetores negativos (Figuras 7 A, B e D). Na figura 7 C, ocorreu uma inversão do posicionamento dos autovetores, ou seja, as variáveis P, Al, VTP, H+Al, FAH, FAF, Hum, Argila e C apresentaram autovetores negativos, e as variáveis Areia, pH, Ds, K, Mg e N apresentaram autovetores positivos.

Independentemente da camada avaliada, com o emprego da ACP, as formações vegetais do bioma cerrado puderam ser separadas de acordo com as variáveis analisadas. O agrupamento dos autovetores (P, VTP, FAH, FAF, Hum, Argila e C) próximos à área de Mata mesofítica demonstram que a maior deposição de resíduos vegetais dessa formação vegetal, aliada ao maior teor de argila da área, está proporcionando maiores teores de C orgânico e das substâncias húmicas no solo, promovendo menores valores de Ds, maior VTP e maior disponibilidade de P. Já a proximidade dos autovetores (Al, H+Al) à área de mata mesofítica pode estar ocorrendo devido a essa vegetação possuir grande porte e extrair grandes quantidades de nutrientes, promovendo baixos valores de Mg e K no solo em comparação às demais formações vegetais, bem como à maior concentração de H+Al, pois, ao exportar cátions do solo, ocorre a liberação de íons  $H^+$ . Esse padrão também explica porque o pH dessa área é mais ácido em comparação às demais. Já as altas concentrações de Al na mata mesofítica em comparação às demais, podem estar sendo complexados pela maior presença de substâncias húmicas, não vindo a afetar o desenvolvimento da vegetação.

A ACP mostrou a área de cerradão com um padrão intermediário entre as áreas avaliadas. Tal fato pode ser confirmado pela semelhança estatística de resultados em algumas camadas do solo aos observados na área de mata mesofítica (Argila, Ds, N, AF, AH, Hum, EstC e EstN) e da área de cerrado *sensu stricto* (VTP, P, Mg, K, H+Al, Al, FAF, FAH, Hum, relação AH/AF e EstC).

Já o agrupamento dos autovetores (Areia, pH, Ds, K, Mg e N) próximo à área de cerrado *sensu stricto* demonstra padrão contrário ao que foi relatado anteriormente. Os autovetores próximos da área de cerrado *sensu stricto* indicam menor aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, que, associados à sua textura mais arenosa,

acarretam em menores teores de C orgânico total e substâncias húmicas em relação à mata mesofítica, desencadeando maiores valores de Ds, bem como menores valores de VTP e P. Já a proximidade do autovetor pH próximo da área de cerrado *sensu stricto* ocorre devido aos valores de H+Al. Enquanto a proximidade dos autovetores K, Mg e N podem estar relacionados com o tipo e aporte da vegetação, ou seja, a área de cerrado *sensu stricto* apresenta maior riqueza de espécies e uma vegetação mais jovem, na qual a maior parte dos nutrientes pode estar estocada no solo, enquanto nas áreas de mata mesofítica e cerradão grande parte desses nutrientes está na biomassa viva.

## CONCLUSÕES

As áreas de mata mesofítica e cerradão desenvolvem-se em solo com maiores teores de argila em comparação à área de cerrado *sensu stricto*, possivelmente pela maior capacidade de retenção de água e fornecimento de nutrientes para atender mais adequadamente à demanda dessas vegetações com maior porte.

A área de mata mesofítica por apresentar maior deposição de resíduos vegetais e estar em solo de textura argilosa está proporcionando em algumas camadas do solo maiores teores de C orgânico e substâncias húmicas, desencadeando menores valores de densidade do solo, maior volume total de poros e maior disponibilidade de P em relação às demais fitofisionomias estudadas. No entanto, as áreas de cerradão e cerrado *sensu stricto* apresentam maiores valores de Mg, K, pH e menores valores de H+Al e Al em comparação à área de mata mesofítica, o que pode sugerir que estas fitofisionomias se estabelecem preferencialmente nos solos mais férteis do bioma Cerrado.

A relação entre a fração ácido húmico e a fração ácido fúlvico indica que a vegetação de mata mesofítica apresenta, em relação à vegetação de cerradão e cerrado *sensu stricto*, matéria orgânica do solo de melhor qualidade, que permite o estabelecimento de atributos físicos e químicos favoráveis ao desenvolvimento de plantas.

Os maiores estoques de carbono são verificados nas vegetações de maior porte, cerradão e mata mesofítica. Entretanto, o maior teor e o estoque de nitrogênio ocorrem na área de cerrado *sensu stricto*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA NETO, F. et al. Compartimentos de carbono em latossolo vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.03, p. 849-856, 2011.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A. Comparison of the nutrients status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. **Communications in Soil Science and plant analysis**, v.19, n. 01, p.1075-1089, 1988.
- AZEVEDO, L. G. et al. **Ensaio Metodológico de Identificação e Avaliação de Unidades Ambientais: a Estação Ecológica de Pirapitinga, MG**. 1 ed. Belo Horizonte, Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, SEMA, Embrapa, 1987. 58 p.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003. (Comunicado técnico, 14).
- COSTA, A. A.; ARAÚJO, G. M. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta Botânica Brasilica**, v.15, n.01, p.63-72. 2001.
- CREMON, C. et al. Atributos do solo em diferentes fitofisionomias do Cerrado Mato-grossense. **Agrarian**, v.02, n.06, p.47-59, 2009.
- D'ANDREA, A. F. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n.02, p. 179-186, 2004.
- EBELING, A. G. et al. Propriedades químicas como indicadores ambientais em organossolos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 24, n.01, p.1-6, 2004.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, n.01, p.201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília, Editora da UnB, 1994. p.17-73.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de Análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1997. 212 p.
- FELFILI, J. M. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. In: COSTA, R. B. (Org.). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2003. p. 195-263.
- FREITAS, P. L. et al. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de usos e manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.
- FREIXO, A. A. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 02, p. 425-434, 2002.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 03, n. 01, p. 42-48, 2008.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 03, p. 909-920, 2012.
- GUPPY, C. N. et al. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. **Australian Journal of Soil Research**, v. 43, n. 01, p. 189-202, 2005.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral das plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.01, p.54-64. 2000.
- HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado *sensu stricto* and cerradão communities in central Brazil. In: FURLEY, P. A; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London, Chapman & Hall Publishing, 1992. p.171-184.
- HERLIHY, M.; McCARTHY, J. Association of soil-test phosphorus with phosphorus fractions and adsorption characteristics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.75, n.03, p.79-90, 2006.
- KÖEPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la Tierra**. México, Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.
- MACHADO, D. L. **Fertilidade do solo e caracterização da matéria orgânica em áreas sob diferentes coberturas vegetais na estação ecológica de Pirapitinga (MG)**. 2008. 39 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

- MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste do Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.19, n.04, p.913-926, 2005.
- MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I.; HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado. **Caminhos de Geografia**, v.09, n.25, p.173-194, 2008.
- NETO, M. S. et al. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.04, p. 709-717, 2009.
- OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.05, n.01, p.413-451, 1990.
- PAIVA, A. O; FARIA, G. E., Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no DF, Brasil. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.01, n.01, p.59-65, 2007.
- POHLMAN, A. A.; Mc COLL, J. G. Soluble organics from forest litter and their role in metal dissolution. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.01, p.265-271, 1988.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v.60, n.01, p.57-109, 2003.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 87-166.
- RUGGIERO, P. G. C. et al. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v.160, n.01, p.1-16, 2002.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. p. 467-524.
- SILVA, L. C. R. **Dinâmica de transição e interações entre fitofisionomias florestais e formações vegetacionais abertas do bioma Cerrado**. 2007. 168 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- SKORUPA, A. L. A. et al. Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 01, p. 11-22, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.
- THEODORO, V. C. A. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 06, p. 1039-1047, 2003.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. R.; LIMA, J. C. C. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 1991. 123 p.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 84, n. 01, p. 28-40, 2005.