

MARIANA DA COSTA VIEIRA

**ESTOQUE DE CARBONO E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO
DEPENDENTE DA CLASSE TEXTURAL DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração Processos Ambientais, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Adão de Siqueira Ferreira

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019**

MARIANA DA COSTA VIEIRA

**ESTOQUE DE CARBONO E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO
DEPENDENTE DA CLASSE TEXTURAL DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração Processos Ambientais, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27/02/2019

Prof. Dr. Lísias Coelho

ICIAG - UFU

Prof. Dr. Marcos Antônio Pesquero

UEG - Morrinhos

Prof. Dr. Adão de Siqueira Ferreira
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

V658e Vieira, Mariana da Costa, 1989
2019 Estoque de carbono e nutrientes na serapilheira em diferentes fitofisionomias do bioma cerrado dependente da classe textural do solo [recurso eletrônico] / Mariana da Costa Vieira. - 2019.

Orientador: Adão de Siqueira Ferreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1294>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Cerrados. 3. Solo - Teor de argila. 4. Solos - Análise.
I. Ferreira, Adão de Siqueira, (Orient.) II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III.
Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO	1
REFERENCIAL TEÓRICO	2
1. Cerrado.....	2
2. Solos.....	7
3. Serapilheira e ciclagem de nutrientes.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
1. Caracterização da área de estudo.....	18
2. Características dos nove sítios naturais estudados no Bioma Cerrado.....	20
3. Coleta e análise físico-química do solo.....	23
4. Coleta e análise química da serapilheira.....	23
5. Avaliação do diâmetro e número de indivíduos arbóreos.....	25
6. Análises estatísticas.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Influência da textura do solo sobre algumas das suas propriedades e comportamentos do solo.....	10
TABELA 2. Localização geográfica (latitude e longitude – UTM), altitude, área (há), município, textura do solo e fitofisionomia dos nove sítios estudados na região do Triângulo Mineiro – MG.....	19
TABELA 3. Atributos físico-químicos dos solos nos nove (9) sítios estudados, na profundidade 0-5 cm.....	27
TABELA 4. Textura do solo, fitofisionomia, Massa Seca Total Média em g.m^{-2} e Porcentagem de três frações de Serapilheira dos nove sítios estudados na região do Triângulo Mineiro – MG.....	30
TABELA 5. Teores de carbono e nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em três frações de serapilheira, Massa Seca total média em g.m^{-2} e textura do solo de nove sítios naturais no Bioma Cerrado, Triângulo Mineiro – MG.....	32
TABELA 6. Classes de distribuição diamétrica média, Massa Seca, Teores de carbono e nutrientes da Fração Folhas (SEF1) da serapilheira e textura do solo nos nove sítios naturais localizados nos municípios de Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio), Triângulo Mineiro, em Minas Gerais.....	36

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Localização geográfica do Bioma Cerrado no Brasil.....3
- FIGURA 2.** Esquema ilustrativo da mineralização de compostos orgânicos no solo.....17
- FIGURA 3.** Imagens de dois sítios com fitofisionomias de Cerradão – densidade de árvores e cobertura arbórea. A, B Uberlândia (Coordenadas em UTM 22K – 813437 m E, 7858446 m S) e C, D Ituiutaba (Coordenadas em UTM 22K – 635388 m E, 7926128 m S).....21
- FIGURA 4.** Imagens de uma área de Cerrado Denso (Uberlândia – MG), densidade de árvores e cobertura arbórea A e B. Coordenadas em UTM 22K – 807199 m E, 7901022 m S.....22
- FIGURA 5.** Imagens de uma área de Cerrado Típico (Uberlândia – MG), densidade de árvores e cobertura arbórea A e B. Coordenadas em UTM 22K – 799306 m E, 7886732 m S.....22
- FIGURA 6.** Número de árvores amostradas em três classes de distribuição diamétrica médias (NPDAP1, NPDAP2, NAPDAP3) em 90 parcelas (10 em cada sítio) nos nove sítios naturais estudados localizados nos municípios de Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio), Triângulo Mineiro, em Minas Gerais.....34

RESUMO

VIEIRA, MARIANA DA COSTA. **Estoque de carbono e nutrientes da serapilheira em diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado dependente da classe textural do solo. 2019.** XXp. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.¹

O Cerrado brasileiro é caracterizado por diferentes tipos de vegetação, ou diferentes fitofisionomias, numa mesma região, sendo que as diferenças entre elas podem estar associadas ao caráter edáfico e ao estoque de carbono e nutrientes na matéria orgânica, representados pela serapilheira. O teor de argila do solo pode ser um dos principais fatores determinantes na produção e estoque de carbono e nutrientes da serapilheira em ambientes do Cerrado. Porém, estudos associados às características do solo, serapilheira e fitofisionomias têm sido pouco abordados na literatura, podendo ser de grande relevância no funcionamento dos ecossistemas no Bioma Cerrado. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o estoque de carbono e nutrientes em diferentes frações da serapilheira em nove sítios do Bioma Cerrado em solos com diferentes padrões de classes textural. O estudo foi realizado em nove sítios naturais nos municípios de Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio) no Triângulo Mineiro-MG. Nas áreas previamente selecionadas, foram coletadas amostras de solo em duas épocas (novembro de 2017 e abril de 2018) do período chuvoso. Nos sítios, coletas de serapilheira nos pontos selecionados foram realizadas numa área de 50 x 50 cm (2,500 cm²), sendo o material vegetal seco a 60°C e passado em peneiras de dois diâmetros (6 e 2 mm), constituindo as frações folha da serapilheira (F1), grossa (F2) e fina (F3), respectivamente. A análise de textura do solo foi realizada determinando-se os teores de argila, silte e areia. Análises químicas do solo (carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e pH) e da serapilheira (carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), foram realizadas. A contagem do número de indivíduos florestais e a medida da circunferência do caule (≥ 10) cm das espécies vegetais foram realizadas dentro de cada sítio, sendo a contagem feita em dez (10) parcelas com área de 4 x 4 metros (160 m²) e a circunferência à altura do solo medida por meio de uma fita métrica dentro desta área. Os dados dos atributos do solo e da serapilheira foram analisados estatisticamente por correlação e análise multivariada para medir o grau de associação entre os atributos e similaridade entre os nove sítios estudados. Os resultados das análises físico-químicas dos solos indicaram uma predominância de solos de textura argilosa a muito argilosa, seguindo a seguinte sequência S2 > S1 > S4 > S9 > S3 > S5 > S6 > S7 > S8. As maiores deposições de serapilheira (matéria seca) em g.m⁻² foram a seguinte sequência S3 > S4 > S5 > S1 > S9 > S2 > S6 > S7 > S8. Concluiu-se nesta pesquisa que o teor de argila no solo influencia fortemente a produção de massa seca vegetal e o número de árvores por hectare, uma vez que os maiores teores de deposição de serapilheira e número de árvores estão relacionados aos sítios com maiores teores de argila no solo. As fitofisionomias não dependem da classe textural do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica vegetal; teor de argila no solo; tipos de vegetação.

¹ Comitê Orientador: Adão de Siqueira Ferreira – Universidade Federal de Uberlândia

ABSTRACT

VIEIRA, MARIANA DA COSTA. **Carbon and litter nutrient stocks in different Cerrado biome phytophysiognomies dependent on soil textural class.** 2019. XXp. Dissertation (Master in Environment Quality) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia - MG.¹

The Brazilian Cerrado is characterized by different types of vegetation, or different phytophysiognomies, in the same region, and the differences between them may be associated to the edaphic character and to the carbon and nutrient stock in the organic matter represented by the litter. The clay content of the soil can be one of the main determining factors in the production and stocking of carbon and nutrients of litter in Cerrado environments. However, studies associated with soil characteristics, litter and phytophysiognomies have been little discussed in the literature, and may be of great relevance in the functioning of ecosystems in the Cerrado Biome. The objective of the present work was to evaluate the carbon and nutrient stocks in different litter fractions in nine sites of the Cerrado Biome in soils with different textural class patterns. The study was done in nine natural sites in the municipalities of Uberlândia (6 sites), Iraí de Minas (1 site), Santa Vitória (1 site) and Ituiutaba (1 site) in the Triângulo Mineiro-MG. In the previously selected areas, soil samples were collected in two periods (November 2017 and April 2018) of the rainy season. At the sites, litter collection at the selected sites was done in an area of 50 x 50 cm (2,500 cm²), the plant material was dried at 60°C and passed through sieves of two diameters (6 and 2 mm), constituting the leaf fractions (F1), coarse (F2) and fine (F3), respectively. Soil texture analysis was done by determining clay, silt and sand contents. Soil chemical analyzes (organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, aluminum and pH) and litter (organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) were done. The number of forest individuals and the stem circumference (≥ 10) cm of the the plant species were determined within each site, counting in ten (10) plots with an area of 4 x 4 meters (160 m²) within each site and the circumference at ground level measured with a tape measure. Soil and litter attributes data were statistically analyzed by correlation and multivariate analysis to measure the degree of association between attributes and similarity among the nine sites studied. The results of the physical-chemical analyzes of the soils indicated a predominance of soils of clayey to very clayey texture, following the sequence S2 > S1 > S4 > S9 > S3 > S5 > S6 > S7 > S8. The largest deposition of litter (dry matter) in g.m⁻² was the following sequence S3 > S4 > S5 > S1 > S9 > S2 > S6 > S7 > S8. It was concluded in this research that the soil clay content strongly influences the dry matter yield and the number of trees per hectare, since the highest levels of litter deposition and number of trees are related to the sites with higher levels of clay in the soil. Phytophysiognomies do not depend on the textural class of the soil.

Keywords: organic plant matter; clay content in soil; types of vegetation.

¹ Supervising committee: Adão de Siqueira Ferreira – Universidade Federal de Uberlândia

INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado é a principal formação vegetacional na região do Triângulo Mineiro-MG. Este Bioma caracteriza-se por apresentar uma vegetação típica de Savana arborizada, com diversos graus de densidade arbórea. Neste Bioma encontram-se, desde vegetação campestre, com a ausência completa de indivíduos arbóreos, passando para uma vegetação típica de savana, com indivíduos arbóreos intercalados por vegetação rasteira, e apresentando também, matas fechadas, com a dominância de indivíduos arbóreos sobre a vegetação rasteira. O Cerrado Brasileiro é reconhecido como a Savana mais rica do mundo devido, principalmente, à diversidade de tipos vegetacionais (fitofisionomias), à vegetação endêmica e aos diferentes tipos de solo quando contrastado com outras formações Savânicas.

O solo é um ambiente trifásico aberto, constituído de uma fase sólida, uma líquida e uma gasosa, cujo funcionamento depende de fatores ambientais e da constituição de plantas. O solo é o meio pelo qual as plantas obtêm a maioria dos nutrientes necessários para o seu crescimento, e, a partir da realização da fotossíntese o restante. Os nutrientes que são retirados do solo pela vegetação retornam constantemente a ele, a partir do acúmulo de serapilheira e sua posterior decomposição. A maior parte da matéria orgânica do solo é formada de folhas e outros materiais vegetais mortos, juntamente com corpos de animais em decomposição.

A diversidade de fitofisionomias encontradas no Bioma Cerrado pode ser definida por fatores edáficos, físicos e químicos, tais como: textura e fertilidade, associando diferentes tipos de solos a determinadas fitofisionomias neste ambiente. A associação entre fitofisionomia e solos no ambiente Cerrado tem sido pouco abordada na literatura científica, sendo necessários estudos para entender o funcionamento e a fragilidade dos ecossistemas no Cerrado. O teor de argila dos solos, ou seja, sua classe textural, interfere na qualidade dos solos, modificando o potencial de estoque de carbono, nutrientes e armazenamento de água, influenciando dessa forma o funcionamento dos ecossistemas.

O solo é o meio que as plantas utilizam para o seu crescimento e desenvolvimento, e em contrapartida, elas devolvem aos solos os nutrientes dali retirados e mais outros componentes, tais como o carbono, oxigênio e água que são adquiridos a partir da realização da fotossíntese, contribuindo para a dinâmica do solo. Dessa forma, a deposição de serapilheira é de primordial importância para a manutenção da fertilidade e dinâmica dos

solos. Os teores de carbono, nutrientes e matéria seca da serapilheira estão positivamente correlacionados com os teores de argila nos solos.

A serapilheira é um importante componente nos ecossistemas como estoque de carbono e nutrientes, mas sua produção e qualidade dependem dos tipos fitofisionômicos presentes no Bioma Cerrado. As características da serapilheira, tais como produção de matéria seca, teor de carbono e nutrientes são atributos de grande relevância na qualidade da vegetação em ecossistemas de vegetação natural. O estudo a partir do fracionamento da serapilheira mostra os diferentes estágios de decomposição da matéria seca depositada sobre o solo e, demonstra a importância que cada uma das frações representa para a ciclagem de nutrientes nestes ecossistemas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o estoque de carbono e nutrientes em diferentes frações da serapilheira em nove sítios do Bioma Cerrado em solos com diferentes padrões de classes textural, na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais - MG.

REFERENCIAL TEÓRICO

7. Cerrado

O Bioma Cerrado é uma das principais formações vegetacionais do Brasil, com uma área de aproximadamente de 204,7 milhões de ha e, sendo, o segundo maior bioma da América Latina. O Cerrado é uma formação típica das savanas encontradas principalmente nos continentes Africano e Australiano e na Índia. Embora exista esta distribuição intercontinental, o Cerrado brasileiro tem uma diversidade endêmica de espécies vegetais muito peculiar e abriga uma grande diversidade de animais e de micro-organismos. Este Bioma está sendo ameaçado devido principalmente às queimadas e ao avanço das fronteiras agrícola e agropecuária em detrimento das áreas naturais. Desde 1960, o Bioma Cerrado vem diminuindo ano após ano, sendo que aproximadamente 55% da vegetação original (1.100.000 km²) do bioma já foi perdido (MACHADO et al., 2009). O Cerrado vem sendo degradado, sem que haja um pleno conhecimento dos recursos naturais e das formações vegetais desse ecossistema, cuja ocupação tem sido feita sem um planejamento ambiental adequado (GOMES et al., 2004).

No Bioma Cerrado, são descritos onze tipos principais de fitofisionomias, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado *stricto sensu*, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre) como relatado por Ribeiro e Walter (2008). As formações Florestais do Cerrado englobam os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo, e apresentam maior biomassa quando comparadas com as savânicas e campestres.

No Planalto Central do Brasil encontra-se a maior parte do bioma Cerrado, mas sua vegetação típica pode ser encontrada também desde os limites inferiores da floresta Amazônica, parte dos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e dos Estados do Nordeste (Figura 1). O clima típico dos ambientes do Cerrado é do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen (1931), com invernos secos e verões chuvosos. Recente caracterização do clima do Cerrado, descrito por Alvarez et al. (2013), define como zona climática Tropical, definida pela letra “A” e subtipo Savana compondo a caracterização climática “Aw”

FIGURA 1. Localização geográfica do Bioma Cerrado no Brasil. Fonte: (SANO et al., 2008).



O tipo de solo pode exercer um papel determinante quanto às fitofisionomias existentes no bioma cerrado como demonstrado no estudo de Carmim (1953). Este estudo feito no Planalto Central Brasileiro, na cidade de Anápolis (GO), mostra que a ocorrência de florestas está condicionada aos solos mais ricos de origem de rochas diabásicas e basálticas, enquanto que os campos limpos estão condicionados aos solos relativamente mais pobres em fertilidade.

Outro fator importante observado pelos autores Carmim (1953) e Waibel (1948) é que a profundidade dos solos também influencia no tipo da fisionomia, sendo que as florestas são mais dependentes de um lençol d'água mais superficial do que as árvores do Cerrado *stricto sensu*, que possuem raízes profundas para a busca de água em grandes profundidades de solo.

Além da baixa fertilidade, elevada acidez e saturação por alumínio da maioria dos solos do Cerrado, soma-se a ocorrência de solos arenosos, litólicos ou hidromórficos, implicando em diferentes tipos de limitações a mais, sendo que as fitofisionomias que daí resultam tendem a formas mais abertas, localmente chamadas de campestres ou savânicas (GOEDERT, 1985). Em contrapartida, quando as condições ambientais são favoráveis, ou seja, há uma compensação hídrica e edáfica, com solos mais férteis, as fitofisionomias encontradas são florestais (ADÁMOLI; AZEVEDO, 1983).

De acordo com Sano et al. (2008), dos 123,7 milhões de hectares que ainda restam de cobertura vegetal natural do Bioma Cerrado, 61% correspondem à cobertura savânica, seguindo de 32% de cobertura florestal e 7% de cobertura campestre, respectivamente. Neste mesmo trabalho os autores ressaltam que a maior parte da cobertura vegetal natural preservada encontra-se na região norte do polígono do Bioma e que a região sul apresenta a menor área preservada. Em relação à região do Triângulo Mineiro, segundo Scolforo e Carvalho (2006), a porcentagem média de cobertura vegetal natural encontra-se em torno de 25%, um valor significativamente menor quando comparado com o restante do Estado de Minas Gerais que é de 41% (SANO et al., 2008).

As duas fitofisionomias encontradas nos sítios estudados foram Cerrado *stricto sensu* e Cerradão. Esses dois tipos fitofisionômicos representam bem o Bioma Cerrado, e apresentam peculiaridades e diferenças, de acordo com as características físico-químicas dos solos, textura, teores de nutrientes e matéria orgânica. Para a distinção dessas duas fitofisionomias alguns autores consideram principalmente, a presença do extrato herbáceo, Cerrado *stricto*

sensu e maior altura e cobertura de copas dos indivíduos arbóreos no Cerradão (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). Para outros, a fertilidade dos solos parece ser o fator de maior importância no estabelecimento e manutenção do Cerradão (GOODLAND, 1971), em relação ao Cerrado stricto sensu (RODRIGUES; ARAÚJO, 2013).

Entretanto, outros autores reconheceram situações diferenciadas, em que, constataram a ocorrência de Cerradões em solos de fertilidade tão baixa quanto de Cerrado stricto sensu (COSTA; ARAÚJO, 2001). Marimon-Júnior e Haridasan (2005) constataram que a existência de Cerradões em solos de baixa fertilidade é explicada pelo fato de que, no passado, esses solos possuíam a quantidade de nutrientes necessárias ao estabelecimento da floresta, e que a floresta se mantém até hoje através da eficiente ciclagem de nutrientes. A textura do solo é outro fator de grande importância na distinção entre as diferentes fitofisionomias, pois interfere no percentual de água do solo, influenciando a riqueza e estrutura da vegetação (WALTER et al., 2008), uma vez que, solos argilosos possuem uma maior capacidade na retenção de água que solos arenosos (RESENDE et al., 2014).

O Cerradão pode ser classificado como Mesotrófico (solos mais ricos, ainda que de fertilidade mediana) ou Distrófico (solos pobres), cada qual possuindo espécies características adaptadas a esses ambientes (RATTER et al., 2003). O Cerradão, do ponto de vista fisionômico, é uma floresta mas, floristicamente, se assemelha mais ao Cerrado *stricto sensu* – formação savânica (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerradão apresenta dossel contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50 a 90 %, sendo maior na estação chuvosa e menor na seca. A altura média da camada de árvores varia de 8 a 15 metros, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de camadas arbustivas e herbáceas diferenciadas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Para Rizzini (1997), o Cerradão corresponde a uma “floresta mesófila esclerótica” – plantas mesofíticas e escleróticas são plantas que não sofrem com restrição hídrica, porém são adaptadas a um período de seca que se caracteriza por um sub-bosque formado por pequenos arbustos e ervas, com poucas gramíneas.

O Cerrado stricto sensu caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Na época chuvosa, os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes, devido ao seu rápido crescimento. Apesar das boas características físicas, são solos muito ácidos a moderadamente ácidos (pH entre 4,5 e 5,5), com carência generalizada dos nutrientes

essenciais, principalmente fósforo – P e nitrogênio – N. Em virtude da complexidade dos fatores condicionantes, originam-se subdivisões fisionômicas do Cerrado *stricto sensu*, sendo as principais o Cerrado Denso e o Cerrado Típico. Essas fisionomias refletem variações na forma dos agrupamentos e no espaçamento entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do Cerrado Denso ao Cerrado Típico (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado Denso é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50 a 70% e altura média de 5 a 8 m. Representa a forma mais densa e alta de Cerrado *stricto sensu*. Os estratos arbustivo e herbáceo são menos adensados, provavelmente em decorrência do sombreamento resultante da maior cobertura das árvores (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado Típico é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20% a 50% e altura média de 3 m a 6 m. Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo (RIBEIRO; WALTER, 2008).

À medida que os diversos pesquisadores foram estudando o Bioma Cerrado, e os porquês de sua existência, deixaram de lado os fatores climáticos e a deficiência hídrica como resposta, passando gradualmente a encarar o solo como sendo de fundamental importância (GOODLAND e FERRI, 1979). Um trabalho realizado por Pavageau (1952), tendo o solo como fator de classificação, demonstrou que as fisionomias florestais, em ambientes de Cerrado, ocorrem sobre solos mais ricos que as fisionomias savânicas. Alvim e Araújo (1952) também propuseram, em seu trabalho sobre o Bioma Cerrado, que a distribuição da vegetação é controlada mais pelo solo do que por qualquer outro fator ecológico.

Embora neste período alguns pesquisadores tenham se aventurado nas pesquisas sobre a relação existente entre solos e cobertura vegetal natural do bioma Cerrado, ainda hoje são poucos os trabalhos nesta linha de pesquisa, havendo uma grande lacuna de trabalhos realizados para o Bioma Cerrado. A maioria dos trabalhos publicados relaciona solos com culturas agrícolas ou pastagens, no sentido de melhoramento da fertilidade dos solos, visando o aumento em produtividade.

Devido à diversidade de fatores usados para a classificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Bioma Cerrado, conforme exposto na discussão feita até agora, verifica-se a imensa dificuldade em classificá-lo, portanto, mais ferramentas descritivas são sempre bem

vindas. Estudos que conjugam os tipos fitofisionômicos com outros fatores ambientais podem auxiliar no maior entendimento dos mecanismos e processos ecológicos atuantes em sistemas naturais, contribuindo para o planejamento do uso da terra e para uma política de conservação da natureza (OLIVEIRA; MARTINS, 1986).

8. Solos

O processo de formação dos solos é controlado por reações físicas, químicas e biológicas, determinando diferentes tipos de solos com suas características peculiares, inter-relacionadas com as condições bioclimáticas, com material de origem e com a posição na paisagem, ao longo do tempo (RESENDE et al., 2014). O processo de decomposição das rochas é denominado intemperismo. Essa interação só ocorre num período de tempo muito longo, de dezenas a centenas de milhares de anos. Durante esse tempo, os resíduos das rochas constituídos por seus minerais, são enriquecidos por matéria orgânica, originada pela decomposição dos restos de plantas e animais. Esse processo dá origem ao que chamamos de solo. Além de servir como suporte para as plantas, o solo abriga um conjunto de organismos (p.ex. bactérias, fungos, anelídeos, insetos) que são responsáveis pela atividade biológica do solo e a formação do húmus, que é a matéria orgânica já decomposta (HIGUCHI et al., 2012).

O solo, a exemplo da vegetação, também apresenta grande diversidade, expressa por diferenças em suas propriedades e características, que decorrem do ambiente em que foram formados (REATTO et al., 1998). As variações na topografia influenciam diretamente a distribuição dos tipos de solos, e dessa forma, os tipos de vegetação em cada ambiente (HIGUCHI et al., 2012).

Solos com alta fertilidade se originam de rochas com minerais ricos em nutrientes para as plantas (por ex. Fósforo - P, Cálcio - Ca, Magnésio - Mg). Geralmente, esses solos são jovens (algumas dezenas de milhares de anos), estão localizados nas posições mais acidentadas do relevo, e foram formados sob condições climáticas não agressivas, com fraco intemperismo, onde a dissolução dos minerais é lenta e os nutrientes ficam no solo, não sendo facilmente removidos pela água das chuvas (lixiviados) (REATTO et al., 1998; HIGUCHI et al., 2012).

Solos de baixa fertilidade, em que predominam minerais de argila (por ex. a caulinita, óxidos de ferro – goethita e hematita e óxidos de alumínio - gibbsita) com baixa capacidade de retenção de nutrientes, estão associados a solos mais antigos, geralmente localizados em

relevos planos a suave-ondulados, que sofreram forte intemperismo, onde houve uma intensa dissolução dos minerais e lixiviação pela água das chuvas. Com solos tão pobres em nutrientes, o processo de ciclagem que ocorre neles depende muito de uma contínua oferta de matéria orgânica, que na floresta é feita pelos animais, ou seus restos, e pelas plantas, ou suas partes que caem sobre o solo (REATTO et al., 1998; HIGUCHI et al., 2012).

A sequência básica de solos é a sequência de idade (cronossequência), e segundo Resende et al. (2014), os solos mais novos são menos intemperizados e os mais velhos, ao contrário, mais intemperizados, seguindo uma sequência de origem, formação e desgaste.

A vegetação, em uma determinada região, pode ser substituída à medida que o solo (textura, fertilidade) for mudando. A heterogeneidade dos solos é um dos fatores responsáveis pela mudança na composição florística e estrutural das florestas, cujos efeitos podem ser observados mesmo no interior de pequenos fragmentos (DURIGAN et al., 2000). Estudos realizados por Goodland e Ferri (1979), Pavageau (1952) e Alvim e Araújo (1952) estabelecendo correlação entre espécies arbóreas e atributos físico-químicos dos solos têm encontrado uma correlação positiva, indicando que abundâncias de algumas espécies de árvores são indicadoras de determinados tipos de solos, com determinadas características de textura e fertilidade.

Os Latossolos correspondem a 53,9% da área relativa das classes de solo no Estado de Minas Gerais (UFV; UFLA; CETEC/MG; FEAM, 2010). No Triângulo Mineiro a dominância é de Latossolos que são bem drenados e bastante lixiviados (CURI et al., 1992). Ao longo dos rios principais ocorrem os Latossolos originados do basalto, apresentando melhor fertilidade (RESENDE et al., 2014). Por outro lado, na mesma região ocorrem também os Latossolos originados do arenito, apresentando pior fertilidade (SILVA, 2014). São reconhecidos atualmente no Brasil sete tipos de Latossolos: Ferrífero (LF), Roxo (LR), Vermelho-Escuro (LE), Vermelho-Amarelo (LV), Amarelo (LA), Bruno (LB), e Vermelho-Amarelo variação UNA (LU) (CAMARGO et al., 1987; OLIVEIRA et al., 1992).

Conhecer as proporções dos diferentes tamanhos das partículas existentes no solo (textura do solo) é fundamental para entendermos o seu comportamento, e é frequentemente a primeira e mais importante propriedade a ser determinada, sendo considerada uma propriedade permanente do solo. Os diâmetros das partículas individuais dos solos variam em uma escala de seis ordens de magnitude, desde matacões (> 20 cm) até as argilas submicroscópicas (< 0,002 mm). Cascachos, seixos, matacões e outros fragmentos grosseiros

maiores do que dois (2) mm de diâmetro podem afetar o comportamento de um solo, mas não são considerados como parte da terra fina seca ao ar (TFSA), ao qual o termo **textura do solo** melhor se aplica (BRADY; WEIL, 2013), formada pelas partículas de areia, silte e argila.

As partículas menores que dois (2) mm, contudo maiores que 0,05 mm, são denominadas **areia**. As partículas são, em parte, visíveis a olho nu e podem ser arredondadas ou angulares, dependendo do grau de intemperismo e abrasão a que foram submetidas. As partículas de areia grossa podem ser fragmentos de rocha contendo vários minerais, mas a maioria dos grãos de areia consiste em um único mineral, geralmente o quartzo (SiO_2), ou outros minerais primários silicatados. A dominância do quartzo significa que a fração areia geralmente contém poucos nutrientes para as plantas (BRADY; WEIL, 2013).

As partículas menores que 0,05 mm, porém maiores que 0,002 mm de diâmetro são classificadas como **silte**. Apesar de essas partículas serem semelhantes às areias, são tão pequenas que são invisíveis a olho nu. Um solo siltoso, possui poros entre as partículas de solo muito menores do que aqueles encontrados em solos arenosos, portanto o silte retém mais água e possui uma menor capacidade de drenagem. Devido à sua baixa pegajosidade e plasticidade, os solos com alto conteúdo de silte e areia fina podem ser altamente suscetíveis à erosão, tanto pelo vento como pela água (BRADY; WEIL, 2013).

As partículas de argila são menores do que 0,002 mm. Por isso, elas possuem uma área superficial específica muito grande, o que lhes dá uma enorme capacidade de adsorver água e outras substâncias. Uma colher de argila pode ter uma área superficial do tamanho de um campo de futebol. As partículas de argila apresentam alta plasticidade e pegajosidade. Algumas partículas de argila muito fina comportam-se como colóides. Ao contrário das partículas de areia e de silte, as de argila têm formato de lâminas (ou placas) finas e achatadas. Entre as partículas de argila, os poros são muito pequenos e tortuosos, o que faz com que, entre elas, o movimento da água e do ar seja muito lento. Nos solos argilosos, os poros entre as partículas têm tamanho muito pequeno, mas são numerosos, permitindo que o solo retenha bastante água; porém a maior parte dessa água pode não estar disponível para as plantas (BRADY; WEIL, 2013).

Conforme podemos observar, a Tabela 1 faz um panorama do comportamento do solo relacionando-o à sua classe textural. As proporções dos diferentes tipos de partículas condicionam o solo a comportar-se de uma determinada forma influenciando dessa maneira à sua classificação quanto às suas propriedades.

TABELA 1: Influência da textura do solo sobre algumas das suas propriedades e comportamentos do solo. Adaptado de Brady; Weil (2013).

Propriedade/Comportamento	Classificação das propriedades associadas à textura do solo		
	Areia	Silte	Argila
Capacidade de retenção de água	Baixa	Média a Alta	Alta
Aeração	Boa	Média	Pouca
Taxa de drenagem	Alta	Lenta a Média	Muito Lenta
Teor de matéria orgânica no solo	Baixo	Médio a Alto	Alto a Médio
Decomposição da matéria orgânica	Rápida	Média	Lenta
Aquecimento na estação úmida	Rápido	Moderado	Lento
Susceptibilidade à compactação	Baixa	Média	Alta
Susceptibilidade à erosão eólica	Moderada (alta se areia for fina)	Alta	Baixa
Susceptibilidade à erosão hídrica	Baixa (alta se areia for fina)	Alta	Baixa (se agregado); Alta (quando não)
Capacidade de armazenamento de nutrientes	Pouca	Média a Alta	Alta
Resistência à mudança de pH	Baixa	Média	Alta

Para efeito de subdivisão de classes de solos de acordo com a classe de textura, foram considerados os seguintes grupamentos de classes texturais:

1. **Textura arenosa** – compreende composições granulométricas com menos de 15% de argila;
2. **Textura média** – compreende composições granulométricas entre de 15 e 35% de argila;
3. **Textura argilosa** – compreende composições granulométricas com 35 a 60% de argila;
4. **Textura muito argilosa** – composições granulométricas com mais de 60% de argila.

Em relação aos Latossolos, que são os solos predominantes na região do Triângulo Mineiro e no Bioma Cerrado em geral, são considerados solos de mineralogia simples, prevalecendo o quartzo na sua fração grosseira (silte + argila), com menores quantidades de muscovita e alguns feldspatos potássicos, quando derivados de rochas ácidas. Magnetita e ilmenita com pequena proporção de quartzo prevalecem quando se desenvolvem a partir de rochas básicas, com destaque para o basalto. Na fração argila são variadas as quantidades de caulinita, gibbsita, goethita e hematita, a depender do tipo de material de origem, da intensidade do intemperismo e drenagem do sistema, entre outros fatores. O conceito central dos Latossolos prevê o domínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, com menores proporções de outros componentes na fração argila (KER, 1997).

Os óxidos de ferro, termo genérico aqui empregado incluindo óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos, encontram-se entre os principais componentes da fração argila dos Latossolos. A caulinita é um dos minerais mais abundantes na crosta terrestre. Origina-se a partir da alteração de um número considerável de minerais primários, destacando-se os feldspatos e as micas, ou secundários (degradação de argilas 2:1), em condições ambientais diversas (KER, 1997). Aqueles de textura média ou, mesmo, argilosa ou muito argilosa quando gibbsíticos são os mais permeáveis, favorecendo a lixiviação (FERREIRA, 1988). Outro fator a ser considerado é o de que os Latossolos têm alto poder de adsorção de fósforo – P (NOVAIS et al., 2007). A adsorção tende a aumentar com os teores de argila, de goethita (óxido de alumínio) e de gibbsita (óxido de ferro) no solo (KER, 1997).

A maioria das cargas associadas às argilas dos solos está associada a grupos hidroxílicos (OH⁻) nas superfícies das argilas. Tais cargas são fortemente dependentes do pH. A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma importante propriedade química do solo, ajudando na sua classificação e avaliação da sua fertilidade bem como o seu comportamento

ambiental. Os solos arenosos possuem pouco material coloidal, apresentando CTC baixa, quando comparado com solos de textura argilosa ou muito argilosa. A CTC dos solos aumenta de acordo com o pH, ou seja, com o aumento do pH do solo, as cargas negativas da caulinita e até mesmo dos óxidos de ferro e alumínio se tornam mais numerosas, aumentando assim a CTC (BRADY; WEIL, 2013).

Nos solos tropicais, antigos e intemperizados, quanto maior o teor de alumínio, mais baixa é a CTC, maior é a lixiviação de bases (íons de carga positiva) tais como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), principalmente se forem associados a solos de textura arenosa e baixo conteúdo de matéria orgânica. Nesse tipo de solo a taxa de decomposição da matéria orgânica é mais rápida. A CTC refere-se às cargas negativas do solo. Portanto, quanto maior a CTC, maior a quantidade de íons com carga positiva esse solo conseguirá adsorver junto à superfície de suas partículas, podendo, dessa forma, disponibilizá-los na solução do solo, favorecendo o crescimento vegetal.

Tecnicamente, os cátions não ácidos, como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e sódio (Na^+), não são bases. Quando adsorvidos por colóides do solo no lugar de H^+ , no entanto, eles reduzem a acidez e aumentam o pH do solo. Por essa razão, são tradicionalmente referidos como bases, e a proporção da CTC que ocupam é muitas vezes referida como porcentagem de saturação por bases (BRADY; WEIL, 2013).

Em um determinado solo, a proporção da capacidade de troca catiônica que corresponde a um cátion específico é denominada porcentagem de saturação por esse cátion. Desta maneira, se 50% da CTC corresponde a íons Ca^{2+} , diz-se que o complexo de troca tem uma porcentagem de saturação por cálcio de 50% (BRADY; WEIL, 2013). Diz-se que um solo é Distrófico, quando a saturação de bases (V%) e Al^+ trocável desse solo é menor do que 50%, e que um solo é Eutrófico quando a saturação de bases for maior do que 50%. Solos Eutróficos são solos com elevada fertilidade natural.

A composição florística e a fitossociologia variam entre as fitofisionomias do Bioma Cerrado em solos distróficos e mesotróficos. A composição florística de formações florestais é geralmente diferente das formações savânicas. As espécies exclusivas do Cerradão podem requerer uma maior disponibilidade de nutrientes para estabelecimento (HARIDASAN, 2000). Arens (1958b, p.62) propôs a teoria do “escleromorfismo oligotrófico”, em que ele afirma: “dispondo as plantas do Bioma Cerrado de luz, ar e água em abundância, elas conseqüentemente seriam capazes de fotossintetizar carboidratos e gorduras em excesso,

porém devido à sua deficiência mineral, têm maior dificuldade para produzir proteínas e, portanto, para crescer”.

Goodland (1971b) levantou pela primeira vez a questão de acumulação de alumínio em plantas nativas do Bioma Cerrado. O autor sugeriu que o escleromorfismo das plantas nativas desse Bioma poderia ser devido à toxicidade de alumínio, uma vez que os sintomas de toxicidade de alumínio são semelhantes aos de deficiência de nutrientes essenciais. As plantas do Bioma Cerrado desenvolveram mecanismos de tolerância à presença de alumínio nos solos, ao qual nenhuma delas é muito sensível, sendo que muitas o acumulam facultativa ou obrigatoriamente (GOODLAND, 1971b). Nos solos, o alumínio (Al) pode diminuir a disponibilidade de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), nitrogênio (N), potássio (K), como já citado anteriormente, e possivelmente outros nutrientes, de modo que um dos principais efeitos da presença de Al é a deficiência mineral.

Segundo Eiten (1972) as fitofisionomias do Bioma Cerrado dependeriam de quatro aspectos principais: a baixa fertilidade do solo e altos teores de alumínio, a profundidade do solo e o grau de saturação hídrica nas camadas superficiais do solo.

9. Serapilheira e ciclagem de nutrientes

Os estoques de nutrientes, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, entre outros, estão presentes tanto incorporados ao solo, como na biomassa acima do solo. Esses estoques de nutrientes variam em função da variação observada nos tipos de vegetação. A ciclagem de nutrientes entre os compartimentos do solo e biomassa acima do solo é extremamente importante para a sustentação da vida. A principal via de aporte de nutrientes ao solo se dá através da queda de folhas, galhos, frutos, sementes e animais mortos, em ecossistemas florestais (PUIG, 2008).

A biomassa acima do solo representada pela serapilheira é um compartimento ativo e vital do ecossistema, sendo um grande reservatório de matéria orgânica e de nutrientes que influencia e regula boa parte dos processos funcionais que ocorrem em um ecossistema (LOPES et al., 1990). Dentre os componentes da serapilheira, as folhas perfazem a fração mais significativa, não só pela massa, como pelo conteúdo de nutrientes orgânicos e inorgânicos (KLINGE; RODRIGUES, 1968a, 1968b).

Alguns autores têm salientado a intrínseca relação entre aspectos florísticos e a fertilidade dos solos, refletida nas baixas concentrações de nutrientes nas folhas das espécies nativas em comunidades do Bioma Cerrado associadas aos solos distróficos (HARIDASAN, 1987, 1992; ARAÚJO; HARIDASAN, 1988). Nos locais onde ocorre uma maior fertilidade, as consequências são as diferenças na composição florística, densidade e dominância relativa das espécies e maior concentração de nutrientes nas folhas (HARIDASAN, 2000). Há espécies que ocorrem somente em solos ácidos, outras são restritas aos solos calcários e outras indiferentes quanto à fertilidade dos solos (RATTER et al., 1977, 1978).

No Bioma Cerrado, as formações savânica e florestal, localizadas em solos profundos, de baixa fertilidade, apresentam um maior estoque de nutrientes na biomassa subterrânea em relação à biomassa aérea. Em locais onde há uma maior quantidade de gramíneas, intercaladas com as espécies arbóreas, admite-se a possibilidade de baixa fertilidade, quando comparado com locais onde há o predomínio de espécies arbóreas. É evidente que as gramíneas e outras espécies herbáceas sejam adaptadas à baixa fertilidade dos solos do Cerrado (HARIDASAN, 2000).

Apesar de o Bioma Cerrado ser um dos principais ecossistemas sul-americanos, pesquisas relacionadas à biomassa das espécies nativas desse Bioma são escassas, principalmente as atuais. Em relação à biomassa da serapilheira, existem alguns trabalhos comparando a quantidade de nutrientes em diferentes gradientes de vegetação, bem como relacionando com a taxa de decomposição, mineralização e disponibilização desses para o crescimento vegetal e animal.

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais através da serapilheira é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais (OLSON, 1963). Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de serapilheira, sendo considerado o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004). A acumulação de serapilheira é variável de acordo com o ecossistema considerado e seu estágio sucessional (DELITTI, 1989).

O estudo da serapilheira, biomassa perdida pelas plantas acima do solo, mostra a quantidade de massa seca ou matéria orgânica quanto à quantidade de nutrientes perdidos anualmente pelas árvores e que serão incorporados ao solo através da ciclagem (decomposição e mineralização). A importância da serapilheira como reservatório na

ciclagem mineral é indiscutível, pois controla diretamente a quantidade de nutrientes que retorna ao solo (LOPES et al., 1990).

O processo contínuo de deposição, decomposição e mineralização denomina-se ciclagem da matéria orgânica do solo. Além de conter grandes quantidades de carbono, nutrientes e energia, o conjunto “serapilheira-solo” faz a comunicação entre o solo e a vegetação, constituindo um *habitat* onde ocorrem abundante fauna e comunidade microbiana heterotrófica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na decomposição dos materiais orgânicos no solo, os micro-organismos atuam como transformadores, enquanto os macro-organismos, representados especialmente por invertebrados macroscópicos, atuam como reguladores (engenheiros do processo). Desse modo, seres micro e macroscópicos atuam de modo interativo formando uma intensa cadeia trófica onde os reguladores têm a função de trituradores dos materiais orgânicos, atuando também como predadores e parasitas, enquanto fungos, bactérias e actinomicetos são essencialmente decompositores primários (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os resíduos vegetais são os principais materiais que estão se decompondo nos solos e, por isso, são as principais fontes de matéria orgânica. Os tecidos vegetais verdes contêm 60 a 90% de água em massa. Se os tecidos da planta são secados para remover toda a água, a matéria seca remanescente consiste em sua maior parte (pelo menos 90 a 95%) de carbono, oxigênio e hidrogênio (BRADY; WEIL, 2013).

A serapilheira controla diversas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, caracterizando-se como um fator chave à manutenção dos sistemas florestais e no controle de processos erosivos, pois ao ser decomposta, fornece, entre outros compostos, o húmus ao solo que, de acordo com Guerra et al. (2010), aumenta a resistência deste ao impacto das gotas de chuva, ou seja, confere ao solo uma maior resistência à erosão.

Os diversos resíduos que entram no solo são gradativamente transformados em matéria orgânica (MO), podendo interagir com a fração mineral no processo de agregação do solo. Em uma primeira etapa, ocorre a interação da fração mineral com MOS humificada, formando complexos organo-minerais. Em uma segunda fase, com a inclusão de mais MOS humificada e parte de MOS transitória, há a formação de microagregados. Finalmente, os últimos são unidos uns aos outros, formando macroagregados. A energia necessária para a formação desses agregados maiores vem, sobretudo, do crescimento de raízes e hifas fúngicas

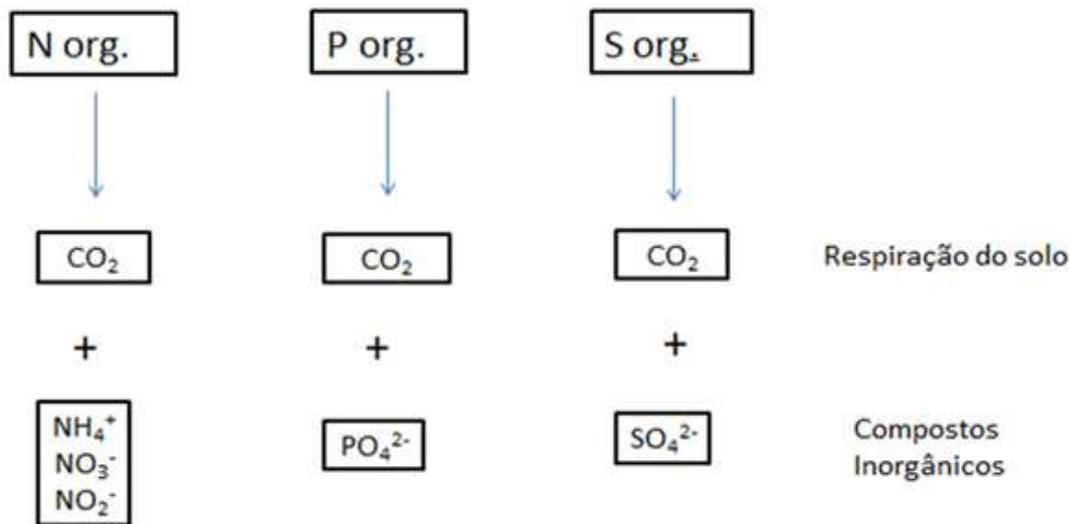
e da ação mecânica de organismos da macrofauna (formação de túneis, retrabalho em mandíbulas e trato intestinal), sendo que a estabilização, por sua vez, é promovida por MOS transitória (principalmente polissacarídeos). Nessa reação em cadeia tem-se, como resultado, o incremento no grau de ordenação do solo e de complexidade das relações no Sistema Solo; tal processo possibilita o surgimento de propriedades emergentes, que conferem maior capacidade ao sistema resistir a perturbações, como melhor infiltração e armazenamento de água, maior aeração, menor resistência ao crescimento de raízes, melhores condições para o desenvolvimento da biota do solo e das próprias plantas (BAYER, 2004).

A MO tem natureza química e origem muito complexa, sendo constituída por material adicionado, seus produtos da transformação, células microbianas e exoesqueletos de invertebrados, metabólitos microbianos, produtos da sua interação ou com componentes inorgânicos do solo (minerais e argilas) e materiais recalcitrantes, aqueles resistentes à decomposição pelos microrganismos. A MO sofre inúmeras e constantes transformações, e que resultam em C-CO₂ (perdido), C-biomassa e C-húmus. Essas frações principais são imprescindíveis para entender os vários aspectos da transformação, dinâmica e perda de carbono orgânico adicionado ao solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Definir a qualidade, disponibilidade e atividade dos nutrientes nos substratos orgânicos em diferentes compartimentos do solo é a chave para entender e descrever os processos de mineralização-imobilização dos nutrientes na forma orgânica. Independente da forma orgânica do nutriente, a matéria orgânica dos diferentes tipos de solos difere quanto à qualidade e habilidade de suprir nutrientes às plantas. Assim, a tentativa de compartimentalizar a MOS pode ser um bom instrumento para se compreender o seu potencial de fornecimento de nutrientes (MENDONÇA; MATOS, 2005).

Substâncias de baixo peso molecular (monômeros), liberadas das macromoléculas pela ação das enzimas extracelulares durante a degradação, são absorvidas e metabolizadas pelas células microbianas que as convertem em formas inorgânicas, processo denominado mineralização. Esta é a última etapa da transformação biológica dos materiais orgânicos no solo a qual ocorre simultaneamente com a imobilização de nutrientes minerais para atender à demanda nutricional da microbiota decompositora. Substâncias orgânicas decomponíveis são convertidas a formas inorgânicas como CO₂, NH₃, NO₃⁻, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ e SO₄²⁻ (Figura 5), as quais são absorvidas pelas plantas e pela microbiota do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

FIGURA 2. Esquema ilustrativo da mineralização de compostos orgânicos no solo.



N org. – Nitrogênio orgânico. P org. – Fósforo orgânico. S org. – Enxofre orgânico. CO_2 – dióxido de carbono. NH_4^+ - Amônio. NO_3^- - Nitrato. NO_2^- - Dióxido de nitrogênio. PO_4^{2-} - Íon fosfato. SO_4^{2-} - Íon Sulfato.

Os materiais orgânicos depositados, assim como parte das frações orgânicas pré-existentes do solo, representam importante reservatório de C, N, P, S e outros nutrientes que ocorrem em diferentes formas orgânicas. A disponibilidade desses nutrientes para as plantas depende da sua natureza e forma química, o que determina o nível de atividade da população de organismos heterotróficos e o balanço líquido entre a mineralização e a imobilização (M/I) durante a oxidação completa dos materiais orgânicos no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

À medida que C é liberado, na forma de CO_2 , a concentração relativa de N no material remanescente aumenta, resultando em redução da sua relação C/N. À medida que o resíduo é mineralizado, e sua relação C/N cai para 20 - 30, tem-se uma equivalência entre mineralização e a imobilização (M/I), sendo a M favorecida quando a relação C/N se tornar menor que 20. A partir desse período, o material encontra-se em estado bem avançado de humificação, a atividade microbiana cai (taxa de liberação de CO_2) e parte dos nutrientes minerais contidos no material originalmente depositado, já convertido em biomassa, torna-se disponível, elevando-se o fornecimento de nutrientes no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

É de extrema importância o estudo da ciclagem do carbono na floresta, pois este elemento, juntamente com o oxigênio, formando o dióxido de carbono (CO_2), interage com o

clima global, e é fator limitante da fotossíntese. Além da fotossíntese, a decomposição da serapilheira, a respiração dos animais e microrganismos do solo, também contribui para a liberação de CO₂ para a atmosfera. De acordo com Puig (2008), a elevação da temperatura atmosférica influencia a atividade dos organismos decompositores do solo e aumenta o fluxo de matéria orgânica. Ainda, segundo este pesquisador, a modificação dos fluxos e, portanto de estocagem do carbono, sob a dupla influência do aumento das temperaturas e do teor de CO₂, tem consequências importantes sobre o ciclo do carbono. O tipo de solo também influencia diretamente na resiliência das florestas nativas, e na sua capacidade de adaptação frente às mudanças climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado em nove sítios naturais localizados em quatro municípios do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, definidos pelas coordenadas geográficas em UTM 23K 229889 m E; 7896468 m S e 22K 635388 m E; 7926128 m S, os quais possuem diferentes tipos fisionômicos e edáficos. Os sítios estudados encontram-se nas cidades de: Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio). Os sítios escolhidos apresentam solos com diferentes classes texturais em diferentes fitofisionomias. Na Tabela 2 estão apresentadas as coordenadas geográficas, os municípios, as fitofisionomias e a classe textural dos nove sítios naturais estudados.

TABELA 2. Localização geográfica (latitude e longitude – UTM), altitude, área (há), município, textura do solo e fitofisionomia dos nove sítios estudados na região do Triângulo Mineiro – MG.

ATRIBUTOS	SÍTIOS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ZONA	23 K	22 K	22 K	22 K	22 K	22 K	22 K	22 K	22 K
LATITUDE (S)	229915	813437	801062	799248	807978	807238	795106	602158	635388
LONGITUDE (W)	7896462	7858446	7872904	7886755	7903494	7901032	7895924	7912048	7926128
ALTITUDE (M)	959	974	954	952	868	897	893	524	610
ÁREA (HÁ)	4	25	30	25	6	12	8	18	13
MUNICÍPIO	Iraí de Minas	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia	Santa Vitória	Ituiutaba
TEXTURA	MA	MA	A	MA	A	A	M	AR	A
FITOFISIONOMIA	<i>Cerrado stricto sensu</i> Denso	Cerradão	Cerradão	<i>Cerrado stricto sensu</i> Típico	Cerradão	<i>Cerrado stricto sensu</i> Denso	<i>Cerrado stricto sensu</i> Denso	<i>Cerrado stricto sensu</i> Denso	Cerradão

Muito argiloso (MA). Argiloso (A). Médio (M). Arenoso (AR). Localização geográfica em UTM.

Em relação aos solos dos nove sítios estudados, ocorrem predominantemente solos argilosos e muito argilosos, um de textura média e um de textura arenosa predominando solos bastante intemperizados, de baixa fertilidade natural, que são os solos predominantes na região do Triângulo Mineiro e no Bioma Cerrado do Planalto Central do Brasil, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Os solos foram classificados como Latossolos (8) e Quartzarênico (1) segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Diferentes tipos de solos, com diferentes texturas, diferentes teores de nutrientes, e diferentes tipos e conteúdo de serapilheira definem os diferentes tipos de fitofisionomias no Bioma Cerrado, relacionando com a densidade de plantas por hectare. Para isso, foi realizado um estudo detalhado do solo, da serapilheira e da densidade de plantas em cada fragmento estudado.

2. Características dos nove sítios naturais estudados no Bioma Cerrado

A área de estudo pertence à Bacia do Rio Paranaíba, que é formada por três bacias secundárias, que são as dos rios Araguari, Tijuco e São Domingos. A Bacia do Rio Paranaíba pertence à grande Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, drenada pelos Rios Paranaíba e Grande, que são formadores do Rio Paraná.

A vegetação predominante nos sítios estudados incluem duas diferentes fitofisionomias pertencentes ao Bioma Cerrado, formação savânica, representada pelo Cerrado *stricto sensu* (denso e típico) e formação florestal, representada pelo Cerradão, com cobertura vegetal natural mais fechada, com árvores de grande porte. O Cerrado brasileiro está localizado, em sua maior parte, no Planalto Central do Brasil, sua área nuclear. Os padrões estruturais encontrados para as fitofisionomias estudadas foram associados com os esquemas e caracterização proposta por Ribeiro e Walter (2008).

Os sítios S2, S3, S5 e S9 apresentaram fitofisionomia do tipo Cerradão, os sítios S1, S6, S7 e S8 apresentaram fitofisionomia do tipo Cerrado *stricto sensu* denso e o sítio S4 apresentou fitofisionomia Cerrado *stricto sensu* típico.

Em seguida, apresentam-se imagens tiradas (Figuras, 3, 4 e 5) dos sítios estudados representando cada uma das fitofisionomias Cerradão, Cerrado *stricto sensu* denso e Cerrado *stricto sensu* típico, encontradas.

FIGURA 3. Imagens de dois sítios com fitofisionomias de Cerradão – densidade de árvores e cobertura arbórea. A, B Uberlândia (Coordenadas em UTM 22K – 813437 m E, 7858446 m S) e C, D Ituiutaba (Coordenadas em UTM 22K – 635388 m E, 7926128 m S). Fonte: Autora.

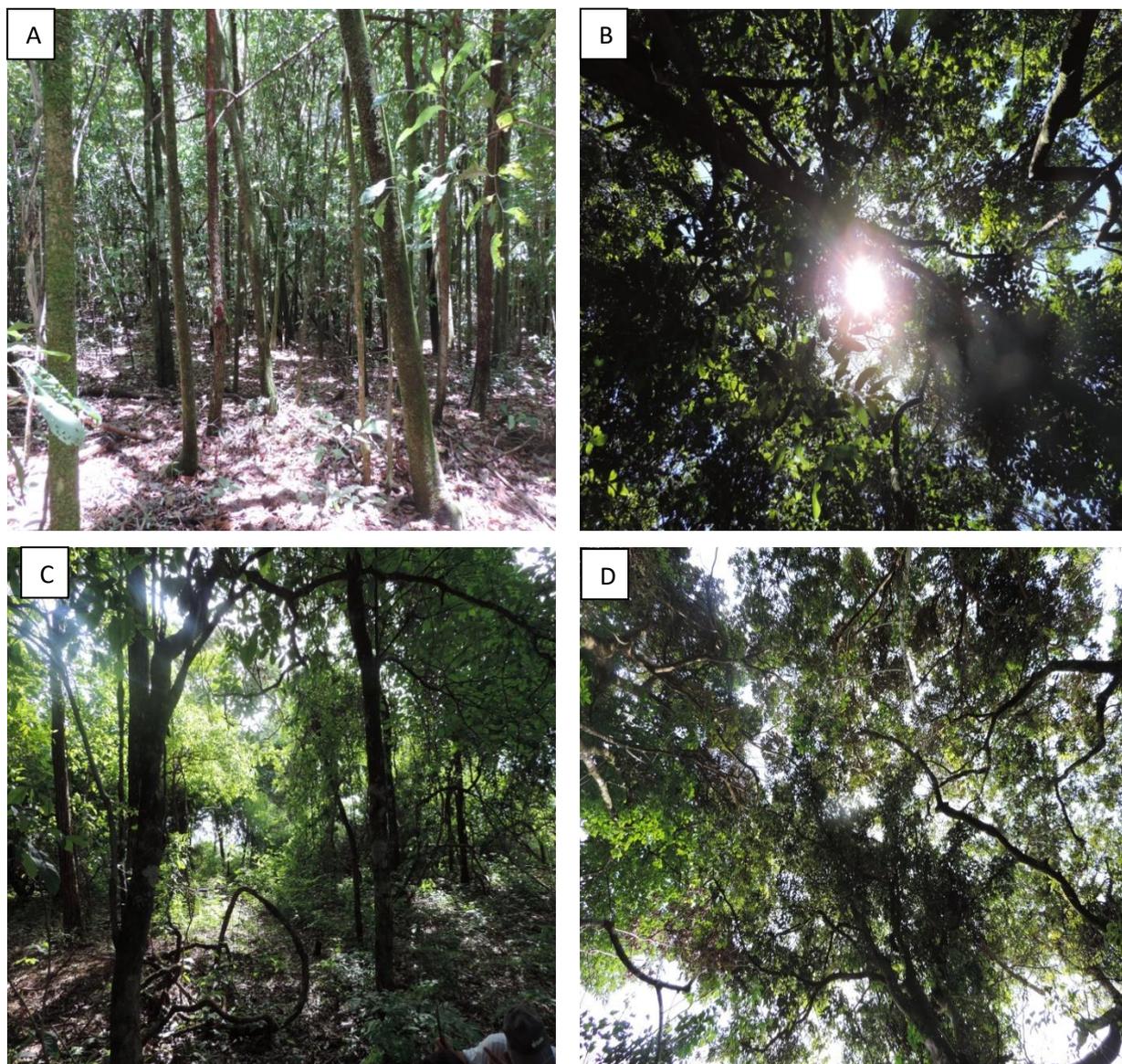


FIGURA 4. Imagens de uma área de Cerrado Denso (Uberlândia – MG), densidade de árvores e cobertura arbórea A e B. Coordenadas em UTM 22K – 807199 m E, 7901022 m S. Fonte: Autora.

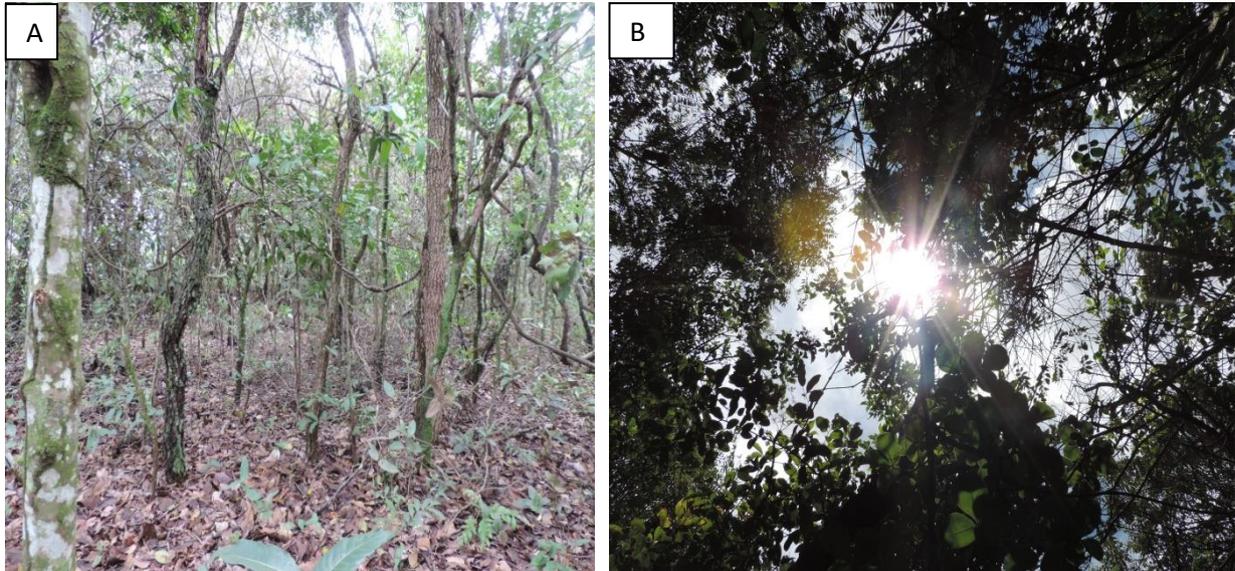
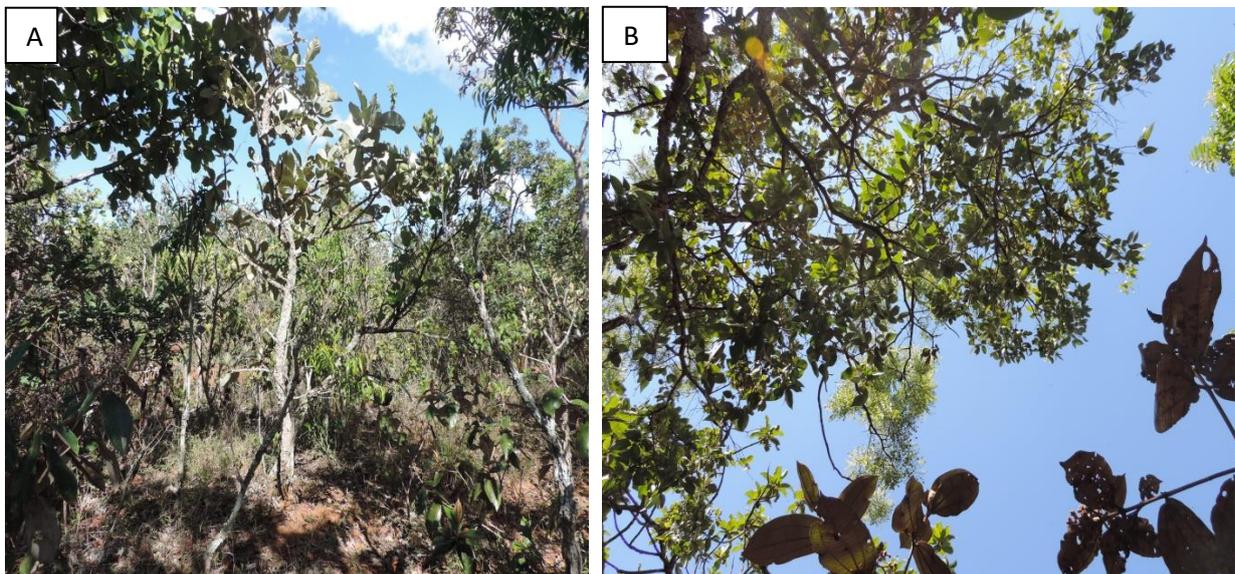


FIGURA 5. Imagens de uma área de Cerrado Típico (Uberlândia – MG), densidade de árvores e cobertura arbórea A e B. Coordenadas em UTM 22K – 799306 m E, 7886732 m S. Fonte: Autora.



O clima dos sítios estudados foi definido segundo a classificação de Köppen (1931) e Alvarez et al. (2013), como climático Tropical, denominado pela letra “A” e, subtipo Savana, com chuva de verão, denominado pela letra “w”, compondo a caracterização climática “Aw”. A precipitação média anual na região de Uberlândia fica entre 1500 a 1600 mm (SILVA et al., 2008) e a temperatura varia em torno de 18°C a 23°C (SILVA et al., 2003). A precipitação

média anual em Iraí de Minas é de 1.500 mm (BRITO et al., 1998), em Ituiutaba a precipitação média anual fica em torno de 1.350 mm e a temperatura média é de 23,9°C, e em Santa Vitória 1.240 mm (DALMÔNICA et al., 2008).

3. Coleta e Análise físico-química do solo

Amostras de solo foram coletadas nos sítios selecionados em novembro de 2017 e abril de 2018 em cinco pontos, totalizando 10 amostras. As coletas das amostras foram realizadas na estação chuvosa. A distância entre os pontos da primeira coleta foi de aproximadamente 50 m, sendo os pontos georeferenciados para localização da segunda coleta. Os pontos de coleta da segunda amostragem foram em torno de 2 a 3 metros do ponto da primeira coleta. A amostragem do solo foi feita em área de 20-30 cm (600 cm²) na camada 0 – 5 cm, sendo todo o solo transferido para um saco plástico e levado para o laboratório. O solo foi peneirado em peneira com malha de dois (2) mm e seca ao ar, obtendo-se assim a terra seca ao ar (TFSA).

A análise física do solo foi feita para cada uma das amostras, ou seja, nove sítios e dez repetições, obtendo um resultado total de 90 valores de textura, sendo, dez (10) para cada área. Semelhantemente, as análises do teor de nutrientes do solo foram realizadas para cada uma das amostras de solos, avaliando os teores de alumínio (Al), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e potássio (K).

A classificação textural dos solos na profundidade de 0-5 cm dos nove sítios estudados foi realizada em amostras de solo secas ao ar (TFSA < 2 mm), utilizando o método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986) conforme manual da EMBRAPA (1997). Foram retiradas alíquotas das amostras de solos (TFSA < 2 mm) e moídas em cadinho de porcelana (YEOMANS; BREMNER, 1988) para realização das análises químicas, sendo elas: pH em água (1:2,5 solo/água) (VETTORI, 1969); carbono orgânico total do solo (COT) determinado por oxidação com Dicromato de Potássio (K₂Cr₂O₇); nitrogênio total (N) pelo método Kjeldahl (BLACK, 1965); fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺) e H⁺ Al, de acordo com Manual de Análise de Solo, Planta e Água (TEDESCO et al., 1995).

4. Coleta e análise química da serapilheira

Amostras de serapilheira foram coletadas numa área de 50-50 cm (2.500 cm²), nos sítios selecionados, em novembro de 2017 e abril de 2018 em cinco pontos, totalizando 10 amostras. As coletas das amostras foram realizadas na época da estação chuvosa. Todo o

material ali depositado foi recolhido e, encaminhado para os laboratórios para as análises propostas.

As amostras de serapilheira foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 48 horas e posteriormente pesadas em balança de precisão. Em seguida foi realizado o fracionamento das amostras de serapilheira obtendo três frações distintas, sendo elas: fração folhas (F1), fração grossa (F2) e fração fina (F3). Para a realização do fracionamento foi utilizada peneira de seis (6) mm para a retirada da fração folhas (F1), peneira de dois (2) mm, para a remoção da fração grosseira (F2), e a fração fina (F3), foi aquela que passou pela peneira de dois (2) mm, ou seja, que não ficou retida nesta peneira. As frações foram pesadas em balança de precisão.

O material, tais como galhos e miscelâneas, que ficou retido na peneira de seis (6) mm e que não representava a fração folhas (F1) foi removido e armazenado para análises futuras.

Ao final do fracionamento, obteve-se um total de 10 amostras de cada fração para cada sítio, sendo as frações: fração folhas (F1 = 90 amostras), fração grosseira (F2 = 90 amostras) e fração fina (F3 = 90 amostras). Cada fração recebeu três letras de identificação e um número (SEF1 – Fração Folhas, SEF2 – Fração Grosseira e, SEF3 – Fração Fina), somando um total de 270 amostras. De cada uma destas amostras foram retiradas porções para moer em moinho de faca do tipo Willey no Laboratório de Análises Químicas de Solos da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS-UFU) para a realização das análises químicas programadas.

De cada amostra moída foram retiradas porções para determinação do teor dos macro nutrientes: Nitrogênio (N), Carbono (C), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), que foram quantificados em miligramas por grama (mg.g^{-1}) e g por metro quadrado (g.m^{-2}). A determinação do carbono (C) foi feita pelo método da mufla estabelecido por Brasil (1988), em que foi realizada a secagem prévia das amostras em estufa a 105° C, por um período de 24 horas, pesadas e posteriormente estas amostras foram acondicionadas em forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550°C por três horas. Após essa incineração, as amostras foram pesadas em balança de precisão. O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105° C a 550° C (CARMO; SILVA, 2012).

A metodologia utilizada para a determinação dos macros nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na serapilheira foi retirada de Tedesco et al. (1995). Essa metodologia possibilita determinar cinco macros nutrientes com uma única digestão por H_2O_2 e H_2SO_4 como mistura de digestão. A recuperação destes nutrientes é semelhante à obtida com os métodos de Kjeldahl (BLACK, 1965) para N e por digestão nítrico-perclórica para os outros nutrientes (JOHNSON; ULRICH, 1959). Após a digestão, o extrato de cada amostra foi diluído em água destilada até completar a marca de 50 mL, armazenado em tubos Falcon de 50 mL e posteriormente realizadas as análises químicas programadas.

As análises químicas dos macros nutrientes da serapilheira N, K, P, Ca e Mg foram realizadas nos Laboratórios de Fertilidade dos Solos (LAFER) e Análises Químicas dos Solos (LABAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e suas respectivas leituras também foram realizadas nestes laboratórios em espectrofotômetro de chama. A análise do Carbono (C) pelo método da mufla foi realizada no Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

5. Avaliação do diâmetro e número de indivíduos arbóreos

A contagem do número de indivíduos arbóreos e a medida da circunferência do caule foram realizadas em cinco (5) parcelas, no interior de cada sítio, com área de 4-4 metros (80 m²). A circunferência à altura do solo (CAS) foi medida por meio de uma fita métrica, para a posterior obtenção do diâmetro à altura do solo (DAS). Estas avaliações foram realizadas nas duas épocas de coletas programadas para o projeto, somando um total de dez (10) parcelas de 4-4 metros para cada sítio estudado.

O critério de inclusão para a medição de indivíduos arbóreos adotado neste estudo foi o de indivíduos arbóreos, com o mínimo de circunferência à altura do solo (CAS) de 10 cm, método de medição mais adotado em cobertura vegetal natural no Bioma Cerrado, tornando os procedimentos mais consistentes (FELFILLI et al., 2011).

6. Análises estatísticas

Os dados são apresentados com valores médios e as médias comparadas, pelo Teste de Scott-Knott, com níveis de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas dos solos (Tabela 3) indicaram uma predominância de solos de textura argilosa a muito argilosa, elevada acidez com pH variando entre 4,3 e 5,6, teores de alumínio (Al) variando de 0,10 a 1,61 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$. Dentre os nove sítios estudados, o sítio nove (9) se destacou com maiores concentrações de nutrientes, obedecendo a seguinte sequência $\text{K} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg}$, apresentando textura argilosa, com baixa saturação por Al ($0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e pH de 5,6. Os menores valores de concentração de nutrientes foram encontrados para o sítio quatro (S4), obedecendo a seguinte sequência $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{P} < \text{K}$, concentração de Al alta ($1,61 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), e textura muito argilosa.

TABELA 3. Atributos físico-químicos dos solos nos nove (9) sítios estudados, na profundidade 0-5 cm.

SÍTIOS	TEXTURA/ SOLO	ARGILA	C	N	pH ÁGUA	K	P	S	Ca	Mg	Al	SATURAÇÃO POR BASES
		_____ g Kg ⁻¹ _____				_____ mg Kg ⁻¹ _____			_____ cmolc dm ⁻³ _____			
1	MA	780 a*	6,9 c	3,2 a	5,1 b	16 d	1,2 c	11 a	0,2 c	0,2 c	1,0 b	DISTRÓFICO
2	MA	792 a	6,5 d	2,2 b	4,6 c	14 d	1,7 c	12 a	0,1 c	0,2 c	1,6 a	DISTRÓFICO
3	A	417 d	6,1 d	1,0 d	5,0 b	12 d	2,1 c	8 b	0,4 c	0,4 b	1,1 b	DISTRÓFICO
4	MA	727 b	6,9 c	1,9 b	4,9 b	9 d	1,2 c	6 b	0,1 c	0,1 c	1,6 a	DISTRÓFICO
5	A	382 e	6,6 c	1,4 c	4,6 c	88 b	2,0 c	6 b	2,4 b	0,5 b	0,8 c	EUTRÓFICO
6	A	375 e	7,6 b	0,9 d	4,7 c	55 c	1,7 c	8 b	0,2 c	0,2 c	1,1 b	DISTRÓFICO
7	M	352 e	7,6 b	1,4 c	4,3 d	57 c	2,3 c	7 b	0,2 c	0,2 c	1,4 a	DISTRÓFICO
8	AR	157 f	8,4 a	1,0 d	4,6 c	73 b	7,6 b	6 b	0,3 c	0,2 c	0,6 c	EUTRÓFICO
9	A	543 c	7,3 b	0,6 d	5,6 a	329 a	33 a	6 b	5,1 a	1,9 a	0,1 d	EUTRÓFICO

* médias seguidas com letras diferentes na mesma coluna diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. C. - carbono orgânico do solo; N. - nitrogênio; K. - potássio; P. - fósforo; S. - enxofre; Ca. - cálcio; Mg. - magnésio; Al. - alumínio; MA. - muito argilosa; A. - argilosa; M. - média; AR. - arenosa.

Os maiores teores de N no solo foram encontrados para os sítios 1, 2 e 4 (Tabela 3), obedecendo a seguinte sequência $S1 > S2 > S4$, quando comparados com o restante, apresentando os valores mais baixos na relação C/N.

Entre os nutrientes do solo analisados, pode-se destacar o K, que foi o nutriente em todos os sítios aqui estudados com maiores concentrações, sendo um nutriente facilmente lixiviado da vegetação para o solo. O Al é outro elemento importante, pois grandes quantidades deste causam toxidez às plantas, competindo com os nutrientes essenciais, causando no solo uma baixa capacidade de troca de cátions, promovendo o empobrecimento do solo. Alguns autores concluíram, com base em estudos sobre algumas espécies de árvores no Bioma Cerrado que acumulam o elemento Al em suas folhas, que existe uma estratégia da vegetação para uma convivência harmônica com o excesso deste elemento nos solos (HARIDASAN, 1982; TYLER; FALKENGREN-GRERUP, 1998).

A vegetação, através da queda de serapilheira e seu processo de decomposição, forma a matéria orgânica, que devolve aos solos os nutrientes que dali foi retirado, formando um grande reservatório de sustentabilidade para as futuras gerações. Neste trabalho a serapilheira dos nove sítios estudados foi coletada, fracionada e quantificada e, os resultados encontram-se nas Tabelas 4 e 5. A análise das concentrações dos nutrientes que compõem a serapilheira é um importante fator para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, indicação de nutrientes limitantes e eficiência no uso de nutrientes pelas florestas (VITOUSEK, 1982). A serapilheira, material vegetal depositado sobre o solo, apresenta-se sob diferentes estágios de decomposição, representando, dessa forma, a entrada e incremento de matéria orgânica no solo (BARBOSA; FARIA, 2006). Nos nove (9) sítios estudados neste trabalho, as maiores deposições de serapilheira (matéria seca) em g.m^{-2} foram a seguinte sequência $S3 > S4 > S5 > S1 > S9 > S2 > S6 > S7 > S8$, como se verifica na Tabela 4. O acúmulo de serapilheira é regulado pelo montante de material decíduo acumulado na superfície do solo (HAAG, 1985), e a sua ciclagem é influenciada pelas propriedades físico-químicas do solo, tais como teor de nutrientes e granulometria, contribuindo para uma maior ou menor taxa de atividade biológica.

A produção total de serapilheira (massa seca) coletada em cada sítio estudado encontra-se na Tabela 4. Nesta tabela verifica-se a porcentagem de cada fração em relação à massa seca total média (g.m^{-2}). Os valores da Tabela 4 indicam que, pelo teste de Scott Knott a 5% de significância, a porcentagem de massa seca entre as frações no mesmo sítio não

diferiram, significativamente, no período estudado. Porém, entre os sítios e, a mesma fração, houve diferença significativa. A Fração Folhas (SEF1) apresentou valores diferentes de massa seca para os sítios sete (S7) e oito (S8), quando comparado aos outros sítios estudados. A Fração Grossa (SEF2) apresentou valores diferentes de massa seca para os sítios quatro (S4) e cinco (S5) em relação aos outros sítios.

A Fração Fina (SEF3), não apresentou diferença significativa entre os sítios estudados. É o material mais fragmentado em relação às outras frações, está diretamente em contato com o solo, apresentando estágio mais avançado de decomposição, e é denominado por alguns autores como detritosfera. A detritosfera geralmente caracteriza-se por concentrações de compostos facilmente disponíveis, quando em contato com água (ERINLE et al., 2018). As diferentes frações de serapilheira possuem estrutura e composição químicas distintas e, por isso, decompõem em diferentes velocidades (CIANCIARUSO et al., 2006).

TABELA 4. Textura do solo, fitofisionomia, Massa Seca Total Média em g.m⁻² e Porcentagem de três frações de Serapilheira dos nove sítios estudados na região do Triângulo Mineiro – MG.

ATRIBUTOS	SÍTIOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SOLO	TEXTURA	MA	MA	A	MA	A	A	M	AR	A
VEGETAÇÃO	FITOFISIONOMIA	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso	Cerradão	Cerradão	Cerrado <i>stricto sensu</i> típico	Cerradão	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso	Cerradão
SOMATÓRIO DAS FRAÇÕES	MASSA SECA (g.m⁻²)	1499,392	1475,28	1998,156	1972,44	1782,788	1386,272	1185,868	994,172	1479,4
FRAÇÃO FOLHAS (SEF1)	MASSA SECA (g.m⁻²)	745,32 a*	767,88 a	1141,84 a	968,2 a	745,68 a	764,48 a	374,92 b	321,56 b	712,04 a
	PORC. (%)	49,71 A**	52,05 A	57,15 A	49,09 A	41,83 A	55,15 A	31,65 A	32,34 A	48,13 A
FRAÇÃO GROSSA (SEF2)	MASSA SECA (g.m⁻²)	286 b	366,56 b	378,08 b	506,64 a	613,84 a	240,8 b	296,84 b	163,36 b	318,6 b
	PORC. (%)	19,07 A	24,84 A	18,92 A	25,68 A	34,43 A	17,37 A	25,03 A	16,43 A	21,54 A
FRAÇÃO FINA (SEF3)	MASSA SECA (g.m⁻²)	468,08 a	340,84 a	478,24 a	497,56 a	423,24 a	381 a	514,12 a	509,24 a	448,76 a
	PORC. (%)	31,21 A	23,1 A	23,93 A	25,22 A	23,74 A	27,48 A	43,35 A	51,22 A	30,33 A

* médias seguidas com letras diferentes na mesma linha diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Porc. (%), porcentagem. Muito argiloso (MA). Argiloso (A). Médio (M). Arenoso (AR).

**médias seguidas com a mesma letra na mesma coluna não diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Houve diferença significativa entre as concentrações de Carbono (C) e nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) nos nove sítios estudados (Tabela 5). Os teores de carbono e nutrientes na Fração Folhas (SEF1) foram diferentes nos sítios de textura argilosa (A) e muito argilosa (MA) quando comparados com os de textura média (M) e arenosa (AR). Nos sítios estudados, em geral, as concentrações de C, N, P, K, Ca e Mg foram maiores na Fração Folhas (SEF1) quando comparadas com as outras frações. A Fração Folhas, em razão da sua predominância em biomassa (matéria seca), contribuiu, em maior escala, para o estoque de nutrientes, representando um grande reservatório de nutrientes acima do solo. O P apresentou a menor concentração entre todos os nutrientes avaliados.

Os teores de nutrientes diminuem de uma fração para a outra, conforme se verifica na Tabela 5. O elemento Carbono (C) sofre uma perda constante entre as frações nos nove (9) sítios estudados. A diferença na concentração de carbono de uma fração para a outra demonstra a importância da serapilheira como repositório de carbono e nutrientes no solo, manutenção da fertilidade e produtividade dos ecossistemas florestais, uma vez que, pelas análises realizadas, observa-se uma carência elevada destes mesmos elementos nos solos destes sítios.

Quanto maior a relação C/N, maior a recalcitrância do material, ou seja, mais lenta será a sua taxa de decomposição. Verifica-se neste trabalho que o nitrogênio é um elemento limitante nesta relação, pois quanto menor for a sua concentração no material vegetal, menor será a taxa de decomposição deste material.

TABELA 5. Teores de carbono e nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em três frações de serapilheira, Massa Seca total média em g.m⁻² e textura do solo de nove sítios naturais no Bioma Cerrado, Triângulo Mineiro – MG.

NUTRIENTES (g.m ⁻²)	FRAÇÕES	SÍTIOS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
MASSA SECA	SEF1	745 a	767 a	1141 a	968 a	745 a	764 a	374 b	321 b	712 a
	SEF2	286 b	366 b	378 b	506 a	613 a	240 b	296 b	163 b	318 b
	SEF3	468 a	340 a	478 a	497 a	423 a	381 a	514 a	509 a	448 a
C	SEF1	383 b	382 b	590 a	495 a	365 b	392 b	186 c	164 c	331 b
	SEF2	124 c	154 c	168 b	230 a	250 a	96 c	113 c	72 c	99 c
	SEF3	103 a	94 a	93 a	118 a	65 b	45 b	57 b	24 b	61 b
N	SEF1	9,7 a	9,5 a	12,5 a	7,3 b	9,6 a	8,2 a	4,7 b	5 b	8,8 a
	SEF2	3,2 c	4,6 b	4,3 b	4,9 b	8,7 a	2,4 c	2,8 c	2,5 c	3,3 c
	SEF3	2,5 a	3,1 a	2,8 a	2,6 a	2,1 a	1,3 b	1,5 b	1,3 b	2,0 a
P	SEF1	0,7 a	0,6 a	0,9 a	0,9 a	0,8 a	0,7 a	0,3 b	0,2 b	1,1 a
	SEF2	0,3 b	0,4 b	0,3 b	0,5 a	0,6 a	0,2 b	0,3 b	0,1 b	1,1 a
	SEF3	0,4 a	0,3 b	0,3 b	0,5 a	0,3 b	0,2 b	0,3 b	0,2 b	0,5 a
K	SEF1	1,2 a	1,1 a	1,2 a	0,6 b	1,3 a	0,9 a	0,3 b	0,5 b	1,3 a
	SEF2	0,3 b	0,4 b	0,3 b	0,3 b	0,7 a	0,2 b	0,2 b	0,2 b	0,5 a
	SEF3	0,5 a	0,3 a	0,4 a	0,3 a	0,4 a	0,2 a	0,4 a	0,1 a	0,4 a
Ca	SEF1	4,1 b	3,0 b	7,2 a	2,3 b	6,2 a	3,9 b	1,2 b	2,3 b	7,0 a
	SEF2	1,0 c	1,1 c	2,7 b	1,0 c	4,9 a	0,9 c	0,9 c	1,0 c	3,1 b
	SEF3	0,6 b	0,5 b	1,2 a	0,4 b	1,2 a	0,4 b	0,4 b	0,4 b	1,5 a
Mg	SEF1	3,8 c	2,0 c	7,8 a	1,4 c	4,1 c	2,6 c	0,9 c	1,8 c	5,1 b
	SEF2	1,0 c	1,0 c	2,2 b	0,6 c	3,7 a	0,7 c	0,6 c	0,6 c	1,8 c
	SEF3	0,7 b	0,5 b	0,9 a	0,4 b	0,9 a	0,5 b	0,5 b	0,4 b	1,5 a
RELAÇÃO C/N	SEF1	38 Aa	39 Aa	47 Aa	69 Aa	36 Aa	48 Aa	38 Aa	32 Aa	37 Aa
	SEF2	40 Aa	33 Aa	40 Aa	45 Aa	27 Aa	39 Aa	41 Aa	29 Aa	30 Aa
	SEF3	41 Aa	31 Aa	37 Aa	53 Aa	32 Aa	35 Aa	38 Aa	17 Aa	31 Aa
TEXTURA DO SOLO		MA	MA	A	MA	A	A	M	AR	A

* médias seguidas com letras diferentes na mesma linha diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

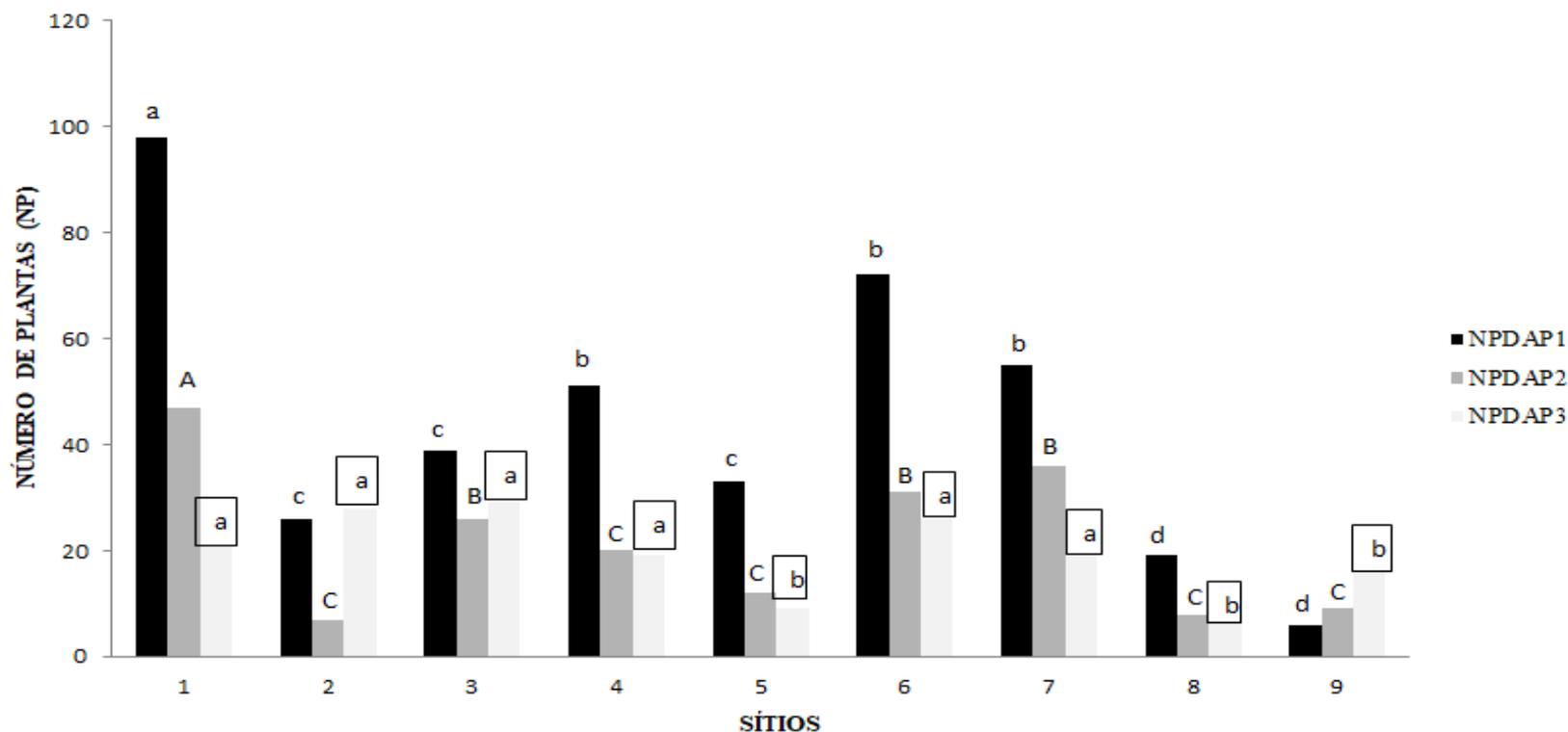
**médias seguidas com a mesma letra na mesma coluna não diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Muito argiloso (MA). Argiloso (A). Médio (M). Arenoso (AR).

De acordo com Carpanezzi (1997), a produção de folhas nos ecossistemas florestais é de vital importância para sua estabilidade, pois os teores de nutrientes presentes nesta fração, são determinantes na quantidade total de nutrientes da serapilheira que, através da sua decomposição são liberados para o solo, e conseqüentemente, grande parte destes nutrientes retorna para as plantas. Segundo Whittaker (1975) a floresta tropical é relativamente rica em nutrientes e está sob um solo pobre em nutrientes.

Em geral, o maior número de indivíduos arbóreos medidos ocorreu no intervalo de classe de distribuição diamétrica média menor que 6 cm, com exceção dos sítios dois (2) e nove (9) em que o maior número de indivíduos arbóreos ocorreu no intervalo de classe de distribuição diamétrica média maior que 10 cm (Figura 5 e Tabela 6), apresentando, dessa forma, o que Oliveira e Rotta (1982) denominam de distribuição diamétrica irregular. Em se tratando de distribuição diamétrica regular, ela deveria ser balanceada e o estoque de crescimentos deveria conservar a biodiversidade da floresta multiânea, decrescendo segundo uma progressão geométrica constante (MEYER et al., 1961).

FIGURA 5. Número de árvores amostradas em três classes de distribuição diamétrica médias (NPDAP1, NPDAP2, NPDAP3) em 90 parcelas (10 em cada sítio) nos nove sítios naturais estudados localizados nos municípios de Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio), Triângulo Mineiro, em Minas Gerais.



Médias seguidas com letras minúsculas diferentes sobre as barras diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Médias seguidas com letras maiúsculas diferentes sobre as barras diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Médias seguidas com letras minúsculas dentro de quadrados diferentes sobre as barras diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. NPDAP1 (número de árvores na classe de distribuição diamétrica média menor que 6 cm). NPDAP2 (número de árvores na classe de distribuição diamétrica média entre 6 e 10 cm). NPDAP3 (número de árvores na classe de distribuição diamétrica média maior que 10 cm).

Houve diferença significativa, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância, entre o número de indivíduos arbóreos nos nove sítios estudados, nas três classes de distribuição diamétrica média analisadas. Os sítios que obtiveram maior número de árvores na classe de distribuição diamétrica média menor 6 cm do que nas outras classes analisadas foram na seguinte sequência: S1 > S6 > S7 > S4 > S3 > S5 > S8, respectivamente (Figura 5 e Tabela 6). Os sítios que não obtiveram maior número de árvores na classe de distribuição diamétrica média menor que 6 cm do que nas outras classes foram, na seguinte sequência: S2 > S9, respectivamente (Figura 5 e Tabela 6). Assim sendo, verificou-se que a maioria dos sítios naturais estudados apresentou distribuição diamétrica regular, distribuição de árvores em J-invertido.

A distribuição diamétrica regular é uma característica de grande relevância quando se trata de suprimento devido à morte de árvores pertencentes à classe de distribuição diamétrica superior. As árvores das classes inferiores substituem as das classes superiores dentro de um processo de sucessão ecológica, por isso essa maior concentração de árvores nas classes inferiores. Quando florestas nativas apresentam distribuição diamétrica irregular, deve-se considerar o histórico da área para que se possa desvendar quais as possíveis causas do distúrbio.

TABELA 6. Classes de distribuição diamétrica média, Massa Seca, Teores de carbono e nutrientes da Fração Folhas (SEF1) da serapilheira e textura do solo nos nove sítios naturais localizados nos municípios de Uberlândia (6 sítios), Iraí de Minas (1 sítio), Santa Vitória (1 sítio) e Ituiutaba (1 sítio), Triângulo Mineiro, em Minas Gerais.

ATRIBUTOS	SÍTIOS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DAP1 (cm)	4,5 b	4,1 b	4,3 b	4,4 b	4,0 b	4,5 b	4,4 b	4,0 b	5,2 a*
DAP2 (cm)	7,7 a	8,1 a	7,8 a	7,6 a	8,0 a	7,7 a	8,1 a	8,3 a	7,8 a
DAP3 (cm)	12,5 b	20,2 a	14,8 b	14,8 b	21,0 a	14,3 b	13,5 b	16,5 b	23,6 a
NPDAP1	98 a	23 c	39 c	51 b	33 c	72 b	55 b	19 d	6 d
NPDAP2	47 a	7 c	26 b	20 c	12 c	31 b	36 b	8 c	9 c
NPDAP3	21 a	28 a	29 a	19 a	9 b	26 a	19 a	7 b	16 b
MS SEF1 (g.m ⁻²)	745 a	767 a	1141 a	968 a	745 a	764 a	374 b	321 b	712 a
C SEF1 (g.m ⁻²)	383 b	382 b	590 a	495 a	365 b	392 b	186 c	164 c	331 b
N SEF1 (g.m ⁻²)	9,7 a	9,5 a	12,5 a	7,3 b	9,6 a	8,2 a	4,7 b	5 b	8,8 a
P SEF1 (g.m ⁻²)	0,7 a	0,6 a	0,9 a	0,9 a	0,8 a	0,7 a	0,3 b	0,2 b	1,1 a
K SEF1 (g.m ⁻²)	1,2 a	1,1 a	1,2 a	0,6 b	1,3 a	0,9 a	0,3 b	0,5 b	1,3 a
Ca SEF1 (g.m ⁻²)	4,1 b	3,0 b	7,2 a	2,3 b	6,2 a	3,9 b	1,2 b	2,3 b	7,0 a
Mg SEF1 (g.m ⁻²)	3,8 c	2,0 c	7,8 a	1,4 c	4,1 c	2,6 c	0,9 c	1,8 c	5,1 b
TEXTURA	MA	MA	A	MA	A	A	M	AR	A
FITOFISIONOMIA	Cerrado <i>stricto sensu</i> Denso	Cerradão	Cerradão	Cerrado <i>stricto sensu</i> Típico	Cerradão	Cerrado <i>stricto sensu</i> Denso	Cerrado <i>stricto sensu</i> Denso	Cerrado <i>stricto sensu</i> Denso	Cerradão

*médias seguidas com letras diferentes na mesma linha diferem, entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. DAP. - diâmetro médio. DAP1 - diâmetro médio na classe de distribuição diamétrica média menor que 6 cm. DAP2. - diâmetro médio na classe de distribuição diamétrica média entre 6 e 10 cm. DAP3. - diâmetro médio na classe de distribuição diamétrica média maior que 10 cm. NPDAP1. - número de árvores na classe de distribuição diamétrica média DAP1. NPDAP2. - número de árvores na classe de distribuição diamétrica média DAP2. NPDAP3. - número de árvores na classe de distribuição diamétrica média DAP3. MS SEF1. - massa seca da fração folhas. C SEF1. - teor de carbono da fração folhas. N SEF1. - teor de nitrogênio da fração folhas. P SEF1. - teor de fósforo da fração folhas. K SEF1. - teor de potássio da fração folhas. Ca SEF1. - teor de cálcio da fração folhas. Mg SEF1. - teor de magnésio da fração folhas.

O maior diâmetro médio registrado foi de 23,63 cm pertencente ao sítio nove (S9) e os menores foram de 4,0 cm, pertencentes aos sítios cinco (S5) e oito (S8) Tabela 6. Os sítios diferiram significativamente em relação as suas distribuições diamétricas médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os sítios cinco (S5) e oito (S8) foram os que obtiveram os menores valores de diâmetro médio da classe de distribuição diamétrica média < 6 cm. Os sítios que obtiveram os maiores valores de diâmetro médio entre seis (6) e dez (10) cm foram os sítios oito (S8) seguido dos sítios dois (S2) e sete (S7). Em relação ao diâmetro médio > 10 cm, o sítio nove (S9) se destacou com o maior diâmetro médio e, assim, diferindo estatisticamente dos outros sítios, que não apresentaram diferenças estatísticas. Os maiores diâmetros médios foram registrados nos sítios cinco (S5) e nove (S9) para a classe de distribuição diamétrica média > 10 cm.

Além da concentração de nutrientes, o teor de argila dos solos têm sido um dos fatores de grande relevância nos estudos para distinguir diferenças entre sítios naturais. Pôde-se verificar neste estudo que os teores de argila estão relacionados positivamente aos nove sítios estudados. Os sítios com baixos teores de argila, como é o caso dos sítios sete (S7) e oito (S8), se diferenciam dos demais em relação à produção primária líquida e estoque de nutrientes na serapilheira, como ocorre com os sítios com elevados teores de argila, que mesmo com baixos teores de nutrientes no solo a vegetação apresenta-se com fitofisionomia florestal.

Como se pôde verificar, as fitofisionomias aqui estudadas não dependem da classe textural do solo para classificá-las, uma vez que se verificou uma mesma fitofisionomia em solos com diferentes classes texturais. Porém, no interior de uma mesma fitofisionomia, encontrou-se diferenças estruturais e no estoque de carbono e nutrientes, que estão relacionadas com o teor de argila no solo, como foi observado na Tabela 6.

CONCLUSÕES

Concluiu-se nesta pesquisa que o teor de argila no solo influencia fortemente a produção de massa seca vegetal e o número de árvores por hectare, uma vez que os maiores teores de deposição de serapilheira e número de árvores estão relacionados aos sítios com maiores teores de argila no solo.

As fitofisionomias presentes no Bioma Cerrado dos tipos Cerrado *Stricto sensu* e Cerradão, que neste trabalho foram encontradas, estão presentes em solos de uma mesma

classe textural, bem como, em classes texturais diferentes. Com isso, concluímos que, as fitofisionomias não são dependentes dos teores de argila no solo, ou de sua classe textural.

Entre as frações de serapilheira analisadas, a fração folhas foi a que apresentou os maiores teores de nutrientes e a maior predominância em matéria seca vegetal. Esta fração representa a principal contribuinte de nitrogênio da serapilheira nos nove sítios estudados.

O aporte de nutrientes da serapilheira para o solo, em geral, nos nove sítios estudados, obedeceu à seguinte ordem: $C > N > Ca > Mg > K > P$, nas três frações analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; AZEVEDO, L. G. **Regionalização dos Cerrados: parâmetros quantitativos**. Brasília: EMBRAPAICPAC, 1983.

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Austrian: Stefan Emeis, p. 711-728, 2013.
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. Soil as an Ecological factor in the development of vegetation in the Central Plateau of Brazil. Turrialba: [s. n.], p. 153-160, 1952.

ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutrient of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York: M. Dekker, v.19, p. 1075-1089, 1988.
<https://doi.org/10.1080/00103628809367996>

ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP 224, Botânica**. São Paulo: [s. n.], v. 15: p. 59-77, 1958b.
<https://doi.org/10.11606/issn.2318-5988.v15i0p59-77>
<https://doi.org/10.11606/issn.2318-5988.v15i0p25-56>

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. Aporte de serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**. Rio de Janeiro: [s. n.], v. 57, p. 461-476, 2006.
<https://doi.org/10.1590/2175-7860200657306>

BAYER, C. Manejando os solos agrícolas para alta qualidade em ambientes tropicais. FERTBIO, 26, 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS: UDESC e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD ROM.

BLACK, C. A. Methods of Soil Analysis, Part I and II. **America Society Inc. Publishing**, Madison, U.S.A.: [s. n.], p. 770-779, 1965.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculados: métodos oficiais**. Brasília: [s. n.], 1988.

BRITO, J. L. S.; LIMA, S. C.; SHIKI, S.; MOREIRA, M. R. Uso do Geoprocessamento na estimativa da perda de solos por erosão laminar em Iraí de Minas – MG. **Anais...** Santos, Brasil: INPE, p. 501-512, 1998.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo**. Campinas: [s. n.], v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CARMIM, M. R. L. Anápolis, Brasil: regional capital of an agricultural frontier. Universidade Chicago. Departamento Geografia. **Research Paper**. Brasil: [s. n.], v. 35, p. 172, dez. 1953.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. [S. l.: s. n.], v. 36, p. 1211-1220, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000400015>

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (Mimosa scabrella Benth) na Região Metropolitana de Curitiba-PR**. 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CIANCIARUSO, V. M.; PIRES, J. S. R.; DELLITE, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta botânica brasileira**. Campinas: [s. n.], v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology Biochemistry**. Oxford: Elmsford, p. 49-55, 1994.

[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90194-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90194-5)

COSTA, A. A.; ARAÚJO, G. M. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta Botânica Brasilica**. Porto Alegre: [s. n.], v. 15, n. 1, p. 63-72, 2001.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000100008>

CURI, N.; CARMO, D. N.; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: EMBRAPA, v. 16, n. 176, p. 5-16, 1992.

DALMÔNICA, A. H.; SILVA, M. M.; REIS, L. N. G. Caracterização do regime pluviométrico na microrregião homogênea de Ituiutaba (MG) com o uso do Balanço hídrico climatológico. Instituto de Geografia. Uberlândia: [s. n.], 2008.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, p. 88-98, 1989.

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. IN: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. R. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, p. 159-167, 2000.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**. New York: [s.n.], (38), n. 2, p. 201-341, abr./jun. 1972.

<https://doi.org/10.1007/BF02859158>

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212 p. 1997.

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

ERINLE, K. O.; LI, J.; DOOLETTE, A.; MARSCHNER, P. Soil phosphorus pools in the detritosphere of plant residues with diferente C/P ratio – influence of drying and rewetting. **Biology and Fertility of Soils**. England: Berg Publishers, v. 54, p. 841-852, 2018.

<https://doi.org/10.1007/s00374-018-1307-4>

FELFILI, M. F.; ROITMAN, I.; MEDEIROS, M. M.; SANCHEZ, M. Procedimentos e Métodos de Amostragem de Vegetação. IN: FELFILI, M. F.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (org.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora UFV, p. 86-121, 2011.

FERREIRA, M. M. **Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos brasileiros**. 1988. 79 f. Tese (Doutorado em Solos). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1988.

GEE, G.W.; BAUDER, W. Particle-size analysis. In: BLACK C.A., ed. **Methods of soil analysis**. Part 1. Madison, **American Society of Agronomy**. (Agronomy, 9), 1986.

GOEDERT, W. J. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1985.

GOMES, B. Z.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo: [s. n.], v. 27, n. 2, p. 249-262, abr./jun. 2004.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84042004000200005>

GOODLAND, R. Oligotrofismo e Alumínio no cerrado. In: FERRI, M. G. (coord.). **III Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Editora USP e Edgard Blücher. 1971b. p. 44-60

GOODLAND, R. A.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil LTDA. 2010.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutriente em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

HARIDASAN, M. "Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil". **Plant and Soil**. Hershey PA: Medical Information Science Reference, v. 65, p. 265-73, 1982.

<https://doi.org/10.1007/BF02374657>

HARIDASAN, M. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in diferente plant communities of the cerrado region of central Brazil. IN: SAN JOSÉ, R. R.; MONTES, R. (ed.). **La capacidade Bioprodutiva de Sabanas IVIC./CIET**. Caracas: [s. n.], p. 309-348, 1987.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas: [s. n.], v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutriente concentrations and floristic composition of cerrado and cerradão communities in central Brazil. IN: PROCTOR, J.; RATTER, J. A.; FURLEY, P. A. (ed.). **The Nature and Dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres, Chapman e Hall, p. 171-187, 1992.

HIGUCHI, P. SILVA, A. C.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.; SANTOS, K. F.; LINKE, C.; PAULINO, P. S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**. Santa Maria: [s. n.], v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

<https://doi.org/10.5902/198050985081>

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses. **Bulletin 766**. Los Angeles: University of California, p. 32-33, 1959.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: uma revisão**. Departamento de Solos: Universidade Federal de Viçosa, 1997.

<https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i1.187>

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in na área os Amazonian Terra Firme Forest. Part. I – Litter-fall, organic carbono and total nitrogen contentes of litter. **Amazoniana**. [S. l.: s. n.], v. 1, p. 287-302, 1968a.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in na área os Amazonian Terra Firme Forest. Part. II – Mineral nutriente contente of the litter. **Amazoniana**. [S. l.: s. n.], v. 1, p. 303-310, 1968b.

KÖPPEN, W. **Grundriss der klimakunde**. Berlin: W. Guyter. 1931.

LOPES, M. I. M. S.; DE VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Revista Hoehnea**. [S. l.: s. n.], v. 17, n. 1, p. 59-70, 1990.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. IN: Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. Brasília: [s. n.], 2009.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora agronômica Ceres Ltda, 1980.

- MARIMON-JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste do Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**. Porto Alegre: [s. n.], v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005.
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400026>
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2005.
- MEYER, A. H.; RICKNAGEL, A. B.; STEVENSON, D. D.; BARTOO, R. A. Forest management. The Ronald Press Company, New York. 1961.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo: isoterma de adsorção. IN: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade de solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de solo, 2007. cap. 8, p. 472-537.
- OLIVEIRA, A.T.; MARTINS, F.R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada dos Guimarães, MT. **Revista Brasileira de Botânica**. [S. l.: s. n.], n. 9, p. 207-223, 1986.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992.
- OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Levantamento da estrutura horizontal de uma mata de Araucária do primeiro Planalto Paranaense. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo: [s. n.], n. 4, p. 1-46, jun. 1982.
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of and decomposers in ecological systems. **Ecology**. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, v. 44, p. 322-331, 1963.
<https://doi.org/10.2307/1932179>
- PAVAGEAU, M. Estudo comparativo de alguns solos típicos do Planalto Central Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**. São Paulo: [s. n.], n. 14, p. 127-180, 1952.
- PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**. Edinburgh: H.M.S.O., v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003.
<https://doi.org/10.1017/S0960428603000064>
- RATTER, I. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central. IN: FERRI, M. G. (ed). **IV Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1977. p. 306-316.
- RATTER, I. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on the forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. [S. l.: s. n.], v. 1, p. 47-58, 1978.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (org.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: bases para distinção de ambientes**. Lavras: Editora UFLA, 2014.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, p.151-212, 2008.

RODRIGUES, R. F.; ARAÚJO, G. M. Estrutura da vegetação e características edáficas de um Cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**. Uberlândia: [s. n.], v. 29, n. 6, p. 2013-2029, nov./dec. 2013.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, 2008.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento e Inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste brasileiro. **Acta Amazonica**. Amazônia: [s. n.], vol. 37, n. 4, p. 543-548, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000400009>

SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Ciência e Agrotecnologia**. [S. l.: s. n.], p. 665-674, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000300023>

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. [S. l.: s. n.], v. 12, n. 5, p. 480-485, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000500006>

SILVA, V. A. **Mapa de Solos, Conhecimento de campo, Inventário Florestal e Zoneamento Ecológico-Econômico como base para Aptidão Agrícola das terras em Minas Gerais elaborada em SIG**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

TEDESCO, M. J.; BOHNEM, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. **Boletim Técnico 5**. Porto Alegre: [s. n.], 1995.

TYLER, G.; FALKENGREN-GRERUP, U. Soil chemistry and plant performance: ecological considerations. **Progress in Botany**. Bristol: Botanical Society of Britain and Ireland, v. 59, p. 634–658, 1998. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80446-5_21

UFV - Universidade Federal de Viçosa; CETEC-MG - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; UFLA - Universidade Federal de Lavras; FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. **Boletim Técnico**. [S. l.: s. n.], 1969.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona riparia. **Revista Árvore**. Viçosa: UFV, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000600004>

VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**. Philadelphia: American Philosophical Society, v. 119, p. 553-572, 1982.

<https://doi.org/10.1086/283931>

WAIBEL, L. Vegetation and land use in the Planalto Central of Brazil. **Geographical Review**. Ottawa: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, v. 38, p. 529-554, 1948.

<https://doi.org/10.2307/211442>

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M.; RIBEIRO, J. F. O conceito de Savana e de seu componente de Cerrado. IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, F. R. (ed.). **Cerrado: ecologia e Flora**. Brasília: EMBRAPA, 2008. p. 21-45.

WHITTAKER, R. H. **Communities and Ecosystems**. 2 ed. Macmillan: New York, 1975.

YEOMANS, J.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York: M. Dekker, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

<https://doi.org/10.1080/00103628809368027>