



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

FRAÇÕES DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA

MARCÍLIA MARTINS DA SILVA

Orientadora: Profa. Dra. Débora Astoni Moreira

Coorientadores: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Profa. Dra Bruna de Freitas Iwata

Urutaí, Maio de 2019



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Vicente Pereira Almeida

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenador

Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

Urutaí, maio de 2019

MARCÍLIA MARTINS DA SILVA

**FRAÇÕES DE CARBONO DO SOLO SOB
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO
PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO
PARNAÍBA**

Orientadora

Prof^a. Dra. Débora Astoni Moreira

Coorientadores

Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza e Profa. Dra Bruna de Freitas Iwata

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2019

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN XX-XXX-XXX

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SS1586
f
Silva, Marcília Martins da
FRAÇÕES DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES
FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DAS
NASCENTES DO RIO PARNAÍBA / Marcília Martins da
Silva; orientadora Débora Astoni Moreira; co-
orientadora Bruna de Freitas Iwata. -- Urutaí, 2019.
35 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação
em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Matéria orgânica do solo. 2. Cerradão. 3.
Unidade de Conservação. 4. Fração Humina. I. Astoni
Moreira, Débora, orient. II. de Freitas Iwata,
Bruna, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: | |

Nome Completo do Autor: Marcília Martins da Silva

Matrícula: 2017101330940140

Título do Trabalho: **FRAÇÕES DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Corrente-PI, 17/07/2019.

Marcília Martins da Silva

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Dirceu Afonso Pereira

Assinatura do(a) orientador(a)



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 033

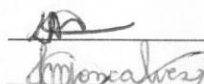
Ata da 33ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado** do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. Aos 24 dias do mês de maio de 2019, às 13:15h, reuniram-se na Sala da Pós-Graduação do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, a Banca Examinadora composta pelos Professores **Janine Mesquita Gonçalves, José Antônio Rodrigues de Souza, Leandro Caixeta Salomão e Débora Astoni Moreira** (orientadora do trabalho), sob a presidência desta última, para avaliação da apresentação da mestranda **Marcília Martins da Silva** e de sua dissertação intitulada **“Frações de carbono do solo sob diferentes fitofisionomias do Cerrado no Parque Nacional das Nascentes do rio Parnaíba.”** Aberta a sessão pelo(a) Presidente da Banca, coube a candidata, na forma regimental, realizar a exposição de seu trabalho, dentro do tempo regulamentar, sendo em seguida questionada pelos membros da banca examinadora, tendo dado as explicações que foram necessárias. A banca examinadora, em caráter sigiloso, após análise e julgamento final, concluiu por:

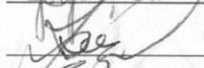
- Aprovar a dissertação sem alterações
- Aprovar a dissertação com modificações (vide verso em caso de alteração do título)
- Reprovar a dissertação


A apresentação e aprovação da dissertação é requisito parcial para a concessão do grau de **MESTRA EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, tendo a candidata ciência de que o título de **MESTRA** só será concedido depois de atendidas as exigências feitas pela Banca Examinadora, bem como das demais exigências estabelecidas no Regulamento do Programa de Pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado. A partir da presente data, a aluna terá o prazo de 60 dias para efetuar as alterações exigidas pela banca e entregar o volume da Dissertação corrigido, assinado pela banca e acompanhado de toda a **documentação pertinente** à abertura do **processo de solicitação de diploma**. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 14:50, sendo lavrada a presente Ata, que uma vez **aprovada**, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pela aluna.

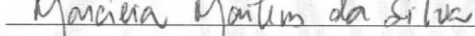
Urutaí, 24 de maio de 2019.

Prof.^a Dra Débora Astoni Moreira
Dra. Janine Mesquita Gonçalves
Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza
Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Marcília Martins da Silva









*“A ciência nunca resolve um problema sem
criar pelo menos outros dez.”*

(George Bernard Shaw)

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiro a Deus pelo dom da vida e por ter guiado meus caminhos para que tudo sempre acontecesse da melhor forma. “Tudo posso naquele que me fortalece (Filipenses 4:13).

Agradeço a minha família pelo apoio e carinho durante esse processo, sempre compreendendo a ausência e acalentando com abraços nos momentos de desespero.

Agradeço meu esposo, Felipe Gonçalves, fonte inesgotável de amor, dedicação e apoio durante essa trajetória, de modo a me auxiliar desde as coletas em campo a ser o responsável por manter minha sanidade, sempre com muito carinho e compreensão durante esses mais de dois anos.

Agradeço aos amigos que foram os mais lindos, com as melhores palavras de força e credibilidade de que daria tudo certo, de forma especial meu amigo Israel Lobato, companheiro de horas e horas, quilômetros e quilômetros de estrada, entramos juntos nesse sonho e conseguimos. Em tempo que agradeço minha amiga Hiana Brito, fonte de alegria para os momentos turbulentos.

Agradeço de todo coração minha Orientadora Prof^a. Débora Astoni por toda disponibilidade, compreensão e simplicidade com que guiou o processo de orientação.

Agradeço ainda ao meu co-orientador Prof Dr. José Antônio importante nas análises dos dados.

Agradeço a minha co-orientadora Prof. Dra Bruna Iwata fonte de inspiração, dedicação e humildade, obrigada por me inserir de forma tão apaixonada no mundo da ciência do solo.

Agradeço ainda ao IFPI – *Campus* Corrente que sempre que pode me deu as condições para frequentar as aulas do programa, viabilizando toda logística de liberação durante as semanas de aula. Agradeço ao IFGoiano - *Campus* Urutaí por me permitir realizar esse sonho.

Agradeço, por fim, todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram e torceram pela construção do trabalho, em nome dos meus alunos Francisco Ruan, Cecília Souza, Patrine Nunes e Laécio Miranda, agradeço de coração a todos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | X |
| RESUMO..... | 11 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 2.1 Caracterização do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba | 16 |
| 2.1.1 Descrição das fitofisionomias amostradas | 18 |
| 2.2.1 Núcleo de Desertificação de Gilbués – PI | 19 |
| 2.3 Delineamento amostral e coleta de solo | 20 |
| 2.4 Determinação do Carbono Orgânico Total (COT)..... | 21 |
| 2.5 Teores de Matéria Orgânica no Solo (MOS)..... | 21 |
| 2.6 Sequestro de Carbono..... | 21 |
| 2.7. Fracionamento da Matéria Orgânica | 21 |
| 2.8 Análise dos dados..... | 22 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 22 |
| 4. CONCLUSÃO | 30 |
| REFERÊNCIAS..... | 31 |

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba | 17 |
| Tabela 1. Caracterização das fitofisionomias do Cerrado amostradas no estudo..... | 18 |
| Figura 2. Ilustração das fitofisionomias amostradas: Cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e Cerradão (B) | 19 |
| Figura 3. Área em processo de erosão (A e B) nos limites do Núcleo de desertificação de Gilbués –PI | 20 |
| Figura 4. Representação esquemática das combinações do delineamento | 21 |
| Tabela 2. Resumo ANOVA para variáveis avaliadas | 22 |
| Tabela 3. Valores médios da concentração de carbono presente na estrutura biótica do solo (g kg ⁻¹) para os diferentes tipos de áreas avaliadas | 23 |
| Tabela 4. Carbono Orgânico Total médio (g kg ⁻¹) para cada profundidade, nos diferentes tipos de áreas avaliadas | 24 |
| Tabela 5. Valores resultado da atividade biológica C-CO ₂ | 25 |
| Tabela 6. Valores médios de Carbono Orgânico Total (COT) médio (g kg ⁻¹) nos diferentes tipos de áreas avaliadas para os anos de 2013 a 2018 | 26 |
| Tabela 7. Valores médios de CO ₂ para os anos de 2013 a 2018 para as profundidades 0-5 cm e 5- 10 cm para as três áreas avaliadas | 28 |
| Tabela 8. Valores médios das frações da Matéria Orgânica do Solo para as profundidades de 0 – 5 e 5 – 10 cm para as três áreas analisadas..... | 28 |
| Tabela 9. Índice de Humificação para as três avaliadas | 30 |

FRAÇÕES DE CARBONO DO SOLO SOB DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA

RESUMO

No cenário das discussões sobre mudanças climáticas, as formas de uso do solo estão em destaque na medida em que esse recurso natural possui carbono (C) em sua estrutura, e quando sujeito à ocorrência de processos depredatórios, liberam este C em forma de CO₂ para atmosfera, potencializando o efeito estufa. Os solos são reconhecidamente importantes sumidouros de gases do efeito estufa, especialmente para o CO₂. Dessa forma, objetivou-se com este estudo verificar os teores de carbono sob fitosionomias do bioma cerrado e área degradada no Extremo Sul Piauiense. Os estudos foram realizados em três áreas: Cerrado *Sensu Stricto* (SS) e Cerradão (CE), no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba (PNNRP), além de uma área degradada dentro do perímetro do núcleo de desertificação de Gilbués - PI. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 – 5 e 5 – 10 cm, para determinação dos teores de C na estrutura biótica do solo, carbono orgânico total (COT), taxa de sequestro de carbono e posteriormente fez-se o fracionamento da matéria orgânica. De acordo com os resultados, verificou-se que os teores de C não apresentaram interações estatisticamente significativas entre o tipo de área com a profundidade avaliada, para fitofisionomia Cerradão; o aporte de C presente na estrutura biótica da MOS foi maior para fitofisionomia do tipo cerradão, apresentando variação significativa em relação ao Cerrado *Sensu Stricto* e área degradada. No entanto, não se constatou diferenças estatisticamente significativa entre as profundidades avaliadas. Em relação aos teores de COT, das áreas em análise, a profundidade do solo não interferiu nos valores. Para a relação C-CO₂, a profundidade do solo não apresentou efeito significativo, mas houve interação significativa entre o tipo de área e a profundidade, constatando-se que para fitofisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, essa variável influenciou o sequestro de C, tendo em vista que a profundidade entre 0 – 5 cm os valores médios foram maiores para as áreas nativas. Obteve-se que as frações húmicas da MOS das três áreas foram significativamente superiores nas áreas de Cerradão nas duas profundidades estudadas. A fração Humina (HUM) foi predominante para os solos amostrados nas áreas das fitofisionomias Cerradão, Cerrado *Sensu Stricto*, no entanto para a Área Degradada houve uma variação de modo que os valores de Ácidos Húmicos (AHU) foram superiores a Humina (HUM) e o Ácido Fúlvico (AFH). Os índices de humificação verificados nas três áreas indicam uma boa ação de recalcitrância da MOS, ainda que nas primeiras camadas de solo. Verificou-se ainda que existe um processo inferior de humificação na área degradada, correlato a perda de conteúdos absolutos de matéria orgânica lábil e não lábil, que colabora com o decaimento dos processos decomposição e transformação da MOS, até o estado de estabilização em frações húmicas. Dessa forma, verifica-se a importância de espaços especialmente protegidos, como as Unidades de Conservação (UCs), importantes na manutenção no estoque de C, tendo em vista que para as áreas nativas do PNNRP o aporte de C no solo foram maiores, podendo equilibrar as perdas de áreas alteradas.

Palavras-chave: Matéria Orgânica do Solo. Cerradão. Unidades de Conservação. Fração humina.

SOIL CARBON FRACTIONS UNDER DIFFERENT VEGETATION TYPES OF THE CERRADO IN THE PARNAÍBA RIVER NATIONAL PARK

ABSTRACT

As far as the forms of land use are concerned, they may arise in the form of carbon. greenhouse effect. Soils are recognized as important summaries of greenhouse gases, especially for CO₂. Thus, the aim of this study was to verify the carbon contents under phytosionomies of the cerrado biome and degraded area in the extreme south of Piauiense. The fields were excluded in three areas: Cerrado Sensu Stricto (SS) and Cerradão (CE), in the Parnaíba River Spring National Park (PNNRP), and a degraded area in the perimeter of the desertification nucleus of Gilbués - PI. Soil samples were collected at depths of 0 - 5 and 5 - 10 cm, to determine the carbon contents in the soil biotic structure, total carbon (TOC), carbon sequestration rate and then fractionation of the material organic. According to the results, it was verified that the contents of C were not statistically higher interactions between-type of area with evaluated evaluation, for Cerradão phytophysionomy; The present study aims at the biomedical structuring of MOS for Cerrado-type phytophysionomy, with different proportions in relation to Cerrado Senso Stratification and degraded area. However, they were not found to be statistically significant between the depths evaluated. Regarding TOC contents, the areas of analysis and soil depth do not interfere with the values. In relation to C-CO₂, the soil depth is not significantly significant, but there is a significant difference between the type of area and the depth, which is adequate for the Cerrado Sensu Stricto physiognomy, this variable influences C sequestration, whereas water between 0 - 5 cm the mean values were higher for the native areas. It was obtained the humic fractions of three-dimensional MOS were superior exclusive in the areas of Cerradão in the two depths studied. The Humina fraction (HUM) was predominant for the soils sampled in the areas of Cerradão, Cerrado Sensu Strict phytophysionomies, but for the Degraded Area there was a variation so that the Humic Acid values (AHU) were higher than Humina (HUM) and the Fulvic Acid (AFH). The humification indexes verified in the three areas indicate a good recalcitrance action of MOS, although in the first layers of soil. It was also verified that there is a lower process of humification in the degraded area, correlated to the loss of absolute contents of labile and non-labile organic matter, that collaborates with the decay of the processes of decomposition and transformation of MOS, to the stabilization state in humic fractions In this way, the importance of specially protected spaces, such as Conservation Units (CUs), important in the maintenance of C stock, is verified, considering that for the native areas of PNNRP, the contribution of C in the soil was higher, to balance the losses of altered areas.

Key words: Soil Organic Matter. Cerradão. Conservation units. Humina fraction.

1. INTRODUÇÃO

As formas de uso do solo estão sendo extensamente discutidas dentro do cenário de mudanças climáticas, na medida em que esse recurso natural possui carbono (C) na sua estrutura, e quando sujeito à ocorrência de processos depredatórios, liberam este C em forma de CO₂ para atmosfera, potencializando o efeito estufa. Portanto, os solos representam um importante componente no ciclo biogeoquímico desse elemento, armazenando cerca de quatro vezes mais C que a biomassa vegetal e quase três vezes mais que a atmosfera, sendo o maior reservatório de C do ecossistema terrestre (BRADY; WELL, 2013). Considerando-se que o reservatório oceânico é de difícil manejo e, que o reservatório fóssil tem contribuído essencialmente com as emissões de gás carbônico (CO₂), o solo se torna de grande relevância, dado ao seu potencial de sequestrar carbono, e, contribuindo na mitigação das mudanças climáticas, tais como o agravamento do efeito estufa (LIMA et al. 2012).

Embora o efeito estufa seja um fenômeno natural e essencial para vida, pois mantém a temperatura na terra relativamente estável, esse processo vem sendo agravado, em decorrência do aumento nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), os quais são, geralmente, provenientes de atividades antrópicas, tais como o uso de carvão, petróleo, gás natural, além da perda de florestas e outros sumidouros naturais, são capazes de reter, na atmosfera, parte da radiação incidente sobre a Terra resultando no aquecimento do planeta (ESCOBAR, 2008; MILHOMEM, 2012).

Um dos princípios GEES emitidos a partir das atividades antrópicas é o CO₂, no entanto as estimativas de estoque de C nos solos do Brasil ainda são insuficientes, apresentando ausência de informações da quantidade sob diferentes usos e em diferentes regiões do Brasil, assim como a capacidade dos solos de sequestrar C está relacionada, principalmente, à formação de complexos organo-minerais (CIDIN, 2016; REIS, et al. 2014).

Segundo Barbosa et al. (2013), os processos de produção das plantas, degradação do solo e o sequestro de C são essencialmente interligados, de modo que uma redução na qualidade do solo poderá resultar na diminuição do carbono orgânico e, conseqüente aumento na emissão de CO₂ para a atmosfera, alterando e contribuindo para as mudanças climáticas, considerando que os solos podem funcionar como dreno ou fonte de CO₂, as emissões de gases pela retirada dos ecossistemas naturais é maior quando o manejo do solo é feito de forma inadequada podendo levar a rápidas perdas da Matéria Orgânica do Solo (MOS).

O sequestro de C, processo natural de transferência do CO₂ atmosférico através da fotossíntese para a MOS, passa a ser muito mais importante em razão da necessidade de

recuperar solos e ecossistemas degradados, na medida em que o balanço do carbono no sistema solo-planta-atmosfera deve observar a taxa, na qual a MOS aumenta ou diminui, podendo ser definida pelo equilíbrio entre ganhos de C decorrentes de resíduos de plantas cultivadas no local, da matéria orgânica aplicada, das perdas devido à respiração, remoções de plantas e do processo de erosão (BRADY; WEIL, 2013).

A Matéria Orgânica do Solo (MOS) equivale à decomposição de todo e qualquer material orgânico proveniente de restos tanto vegetal como animal e ocorre por meio de processos físicos, químicos e biológicos (CARVALHO, 2015; GOUVEIA, 2012). Segundo Silva e Mendonça (2007), a matéria orgânica pode ser definida ainda como um componente do solo no qual pode ser utilizado para avaliar sua qualidade.

A MOS é uma complexa e variada mistura de substâncias orgânicas, as quais contêm, por definição, o elemento C, que, em média, compreende cerca da metade da massa das substâncias orgânicas do solo. Dessa forma, desempenham papel importante no balanço global do C, que agrava o efeito estufa e vem sendo apontado como principal fator responsável pelo aquecimento global (BRADY; WEIL, 2013).

Assim, nos diversos ambientes brasileiros, tem-se constatado importantes e degradadores processos de exploração antrópica do recurso natural solo, com baixo nível de interesse em tempo de recuperação dessas áreas. Assim, a vegetação natural vem sendo bastante modificada, isso em função da expansão das atividades agrícolas, que tem como intuito atender às necessidades humanas. Tal fator ocasiona uma diminuição de matéria orgânica às quais podem ainda estar associadas ao manejo inadequado, dessa maneira, acarreta na redução do estoque de carbono alterando as frações de matéria orgânica do solo, comprometendo significativamente na qualidade do solo (BATISTA, 2017).

As frações químicas e o húmus constituem a MOS, sendo as primeiras constituídas pelas substâncias não húmicas, compostos orgânicos do solo como gorduras, ácidos orgânicos, aminoácidos e carboidratos pertencentes a conjuntos bioquímicos; e o húmus, formado por compostos orgânicos de cor castanha a preta com elevada massa molecular, estáveis, de baixa solubilidade, estrutura irregular e fortemente ligados com a fração mineral do solo (TONIELLO, 2019).

A divisão das frações humificadas se dá em três categorias: as huminas (HUM), os ácidos fúlvicos (AF) e ácidos húmicos (AH). A HUM representa a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel, o AF que são solúveis em meio ácido e básico e apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados, e o AH insolúveis em meio fortemente ácido (CLEMENTE, et al. 2018).

Segundo Fontana et al., (2006), a forte interação do material orgânico com as frações orgânicas, são de grande importância para identificação da qualidade do solo. De acordo Silva e Mendonça (2007), as substâncias húmicas da matéria orgânica do solo demonstra a resistência do mesmo que contem influência na sua estrutura e química e sem mencionar que contribui para o estoque de carbono no solo.

A extração das substâncias húmicas do solo, em estudos da matéria orgânica do solo (MOS), se dá a partir do fracionamento químico para obtenção de três principais componentes (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas), que se baseia nas diferenças de solubilidade das substâncias húmicas em soluções ácidas ou alcalinas (SOUZA JUNIOR, RIBEIRO, VILANI, 2013).

Os conteúdos de substâncias húmicas e a formação da humificação da matéria orgânica presente nos solos geralmente variam e exercem um importante papel, pois possuem como finalidade dispor adubos orgânicos ao solo, contribuindo assim para uma boa fertilidade do mesmo. Os resíduos orgânicos são de grande valia principalmente para os solos das regiões semiáridas, logo o mesmo influencia de maneira favorável uma vez que proporciona melhoria na de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SOUTO, et al. 2005). Diante disto, este estudo tem como objetivo comparar os teores de frações húmicas de MOS de solos sob diferentes fitofisionomias do cerrado e sob área alterada.

Segundo Grutzmacher (2016), os ecossistemas tropicais e subtropicais possuem altas temperaturas e umidade, fato que favorece a rápida ciclagem da matéria orgânica, e por isso, necessitam de um bom suprimento de material orgânico para manter seus estoques de C. Atividades agrícolas que diminuem a perturbação do solo e aumentem a oferta e qualidade do material aportado podem ter efeitos benéficos nas taxas de mineralização, de modo a aumentar a estabilização do C.

O bioma Cerrado possui um importante papel no balanço global de C, apresentando grande potencial de sumidouro de C, uma vez que, sua capacidade de crescimento e regeneração é elevada. Estudos sobre o estoque de C são escassos, especialmente com a geração de estimativas por espécie, pois a quantidade de C pode estar relacionada com o porte da vegetação e do seu estado de conservação (LOPES; MIOLA, 2010).

Dessa forma, se mantidos os ecossistemas conservados e/ou sob manejo adequado, os solos podem oferecer uma variedade de serviços ambientais, uma vez que as variações nos estoques de C no solo estão associadas às práticas de manejo, as quais têm grande implicação na manutenção da qualidade do solo e na estabilidade nas emissões de GEEs (PARRON et al. 2015).

O uso indiscriminado dos solos pode acarretar problemáticas como erosão, perda da fertilidade, compactação do solo, de modo que, o uso e manejo inadequado desse recurso podem contribuir para emissão de Gases de Efeito de Estufa (GEE), como o CO₂. Para tanto, o sequestro de carbono no solo pode reduzir à emissão de GEEs, causando menor impacto ambiental na atividade em questão (COSTA et al. 2018).

Assim, com o presente estudo, objetivou-se verificar os teores de carbono sob fitosionomias do bioma cerrado e área degradada no Extremo Sul Piauiense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba

O estudo foi realizado no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba (PNNRP), criado por meio de Decreto Federal sem número, em 17 de julho 2002, com uma área de aproximadamente 730 mil ha e, ampliada pela Lei nº 13.090 de 12 de janeiro de 2015, para 749.848 ha.

Localiza-se no divisor das bacias hidrográficas dos Rios Parnaíba, Tocantins e São Francisco no bioma Cerrado (Figura 1). Compreende o território nas divisas dos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, e abrange os municípios de Corrente-PI, Barreiras do Piauí-PI, São Gonçalo do Gurguéia - PI, Gilbués - PI, Alto Parnaíba-MA, Formosa do Rio Preto-BA, São Felix-TO, Mateiros-TO e Lizarda-TO (ICMBio, 2019).

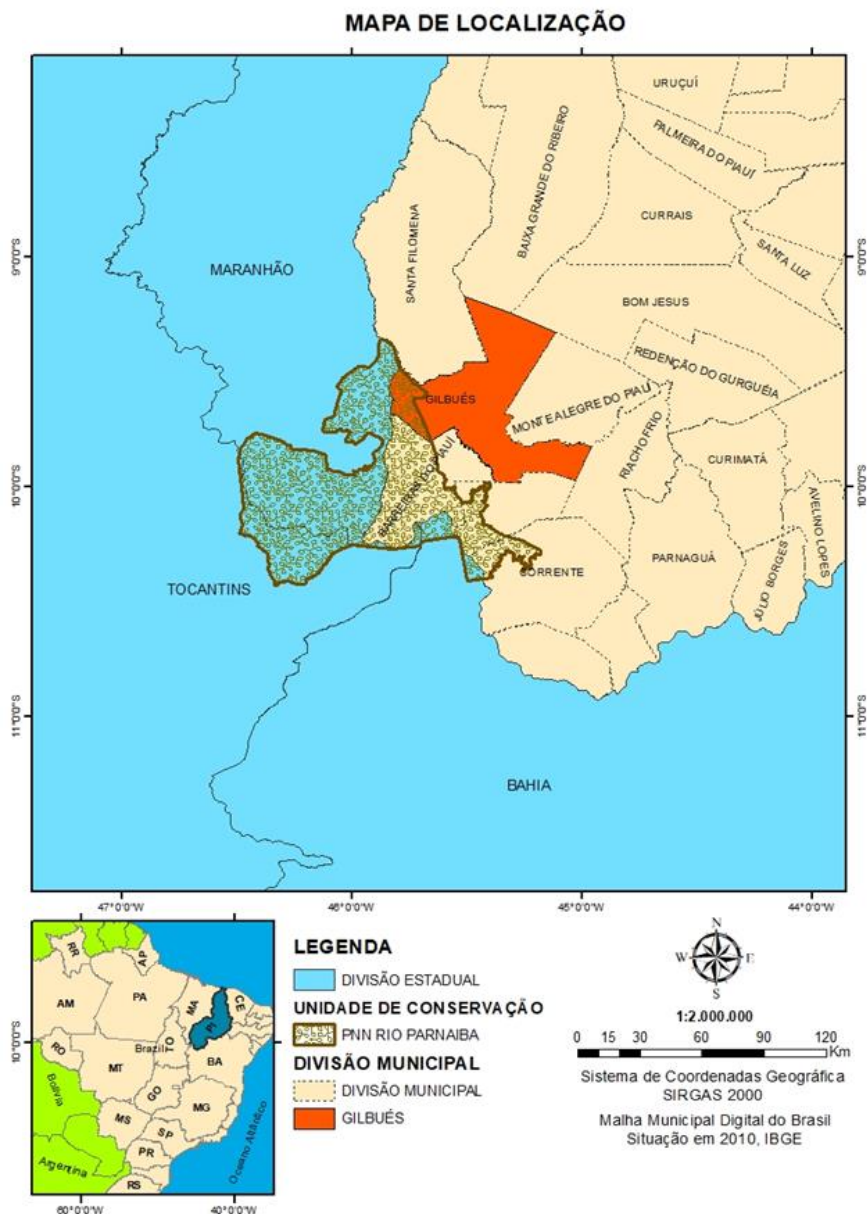


Figura 1. Localização do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, (PNNRP). **Fonte:** IBGE, 2010

A área pertence ao bioma Cerrado, que representa cerca de 22% do território brasileiro, correspondendo a aproximadamente de 2.036.448 km². Possui rica diversidade em espécies, tanto de fauna, quanto de flora e abriga uma das maiores extensões de vegetação, ainda em bom estado de conservação, sendo que as fitofisionomias predominantes são o Cerrado *Sensu Stricto* e o Cerradão. De acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizada por clima quente e úmido, temperatura média anual de 26°C e totais pluviométricos anuais em torno de 750 e 1400 mm (ICMBio, 2019; MMA, 2019).

No que diz respeito às principais associações ou classes de solos dominantes por unidade geoambiental no PNNRP são: Platô da Chapada das Mangabeiras: Latossolos; Rebordos da Chapada e área de piemont: Neossolos, Argissolos, afloramentos rochosos; Depressão subsequente: Latossolos, Neossolos e Argissolos; Veredas: Neossolos (ICMBio, 2019; SANTOS et al. 2018).

Os solos caracterizados como leves compõem 8% do território nacional, sendo que para o bioma Cerrado, 15% são representados por Neossolos Quartzarênicos, e na região do Matopiba, nos estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia, eles representam 20% do território e são constituídos principalmente por Neossolos e, parcialmente, por Latossolos e Argissolos (DONAGEMMA et al. 2016).

2.2. Descrição das fitofisionomias amostradas

2.2.1 Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba (PNNRP)

Existe grande diversidade de fitofisionomia na composição da vegetação do bioma Cerrado, proporcionando desse modo a composição de uma rica variedade em características como, por exemplo, clima, solos, qualidade ambiental, variedade de espécies de fauna e flora. Para o estudo, foram amostradas áreas de duas fitofisionomias: Cerradão (CER) e Cerrado *Sensu Stricto* (CSS) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização das fitofisionomias do Cerrado amostradas no estudo

| Fitofisionomia | Características |
|---|---|
| Cerradão | Caracteriza-se pela presença de espécies que ocorrem no Cerrado, sentido restrito, e também por espécies de mata. Do ponto de vista fisionômico, o Cerradão é uma floresta, mas floristicamente é mais similar a um Cerrado. O Cerradão apresenta dossel (copa) predominantemente contínuo e sua cobertura arbórea que pode oscilar entre 50 a 90%. A altura média do estrato arbóreo varia de 8 a 15 metros, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbustivos e herbáceos diferenciados (Figura 2a). |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> (Sentido restrito) | O Cerrado, sentido restrito, caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou |

corde. Na época chuvosa, os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes devido ao seu rápido crescimento (Figura 2b).

Fonte: Andrade; Felfili; Violatti (2002); Embrapa (2019).



Figura 2. Ilustração das fitofisionomias amostradas: Cerrado *Sensu Stricto* (A) e Cerradão (B).

Fonte: ICMBio, 2019.

2.2.2. Núcleo de desertificação de Gilbués - PI

Gilbués representa um dos quatro Núcleos de Desertificação existentes no país (Gilbués-PI; Cabrobó-PE; Seridó-RN e Irauçuba-CE). No entanto, apresenta características únicas que o difere dos demais núcleos: clima subúmido seco, índice pluviométrico em torno de 1.200mm anuais e localização em embasamento sedimentar. Está localizado no sudoeste do Piauí, a cerca de 800 km da capital do estado, centrado no município de Gilbués – PI. Compõem-se ainda pelos municípios de Barreiras do Piauí, Bom Jesus, Corrente, Curimatá, Monte Alegre do Piauí, Redenção do Gurguéia e São Gonçalo do Gurguéia (CEPRANI, 2009; PATRÍCIO; SILVA; RAMOS, 2012). Os efeitos do processo de degradação de solos são particularmente severos em grande área do Município de Gilbués – PI (Figura 3 A e B).

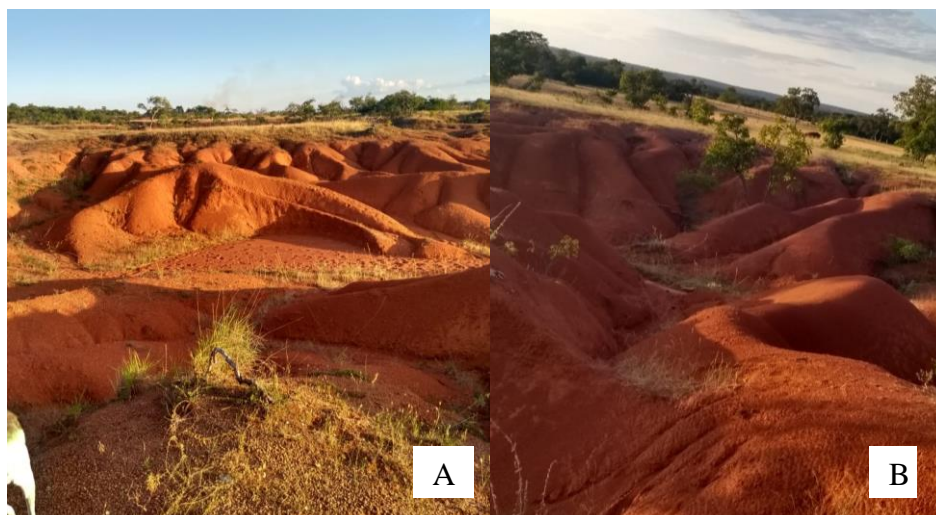


Figura 3. Área em processo de erosão (A e B) nos limites do Núcleo de desertificação de Gilbués –PI). **Fonte:** Autora, 2019.

A degradação de solos no Município de Gilbués teve como uma das principais causas a exploração de diamantes, sobretudo nas décadas de 1950 e 1960, caracterizando-se pela intensa e extensa exposição do substrato rochoso sedimentar soma-se ao fato de região apresentar características naturais de clima, relevo e solo, propícias à degradação natural, a ação antrópica, que frequentemente contribuiu para a aceleração desse processo, bem como o desmatamento, a mineração, sobrepastoreio, cultivo excessivo, à irrigação inadequada e ao latifúndio (CEPRANI, 2009; PATRÍCIO; SILVA; RAMOS, 2012).

2.3. Delineamento amostral e coleta de solo

Foram amostradas três áreas sendo duas em fitofisionomias do Bioma Cerrado, Cerradão e Cerrado *Sensu Stricto*, dentro do limite territorial do município de Barreiras do Piauí-PI; e uma terceira localizada no núcleo de desertificação de Gilbués - PI.

Para cada área delimitada conforme fitogeografias do Cerrado e do núcleo de desertificação (área degradada) foram realizadas coletas de solo referente ao período de julho de 2018, os dados coletados foram ainda comparados com análises realizadas nos anos 2013-2015. O delineamento amostral empregado foi inteiramente casualizado, constata-se de 3 áreas (tratamentos) em duas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. As unidades experimentais distribuem-se ao acaso, tendo número de repetições 15 amostras para cada área, totalizando 90 amostras (Figura 4).

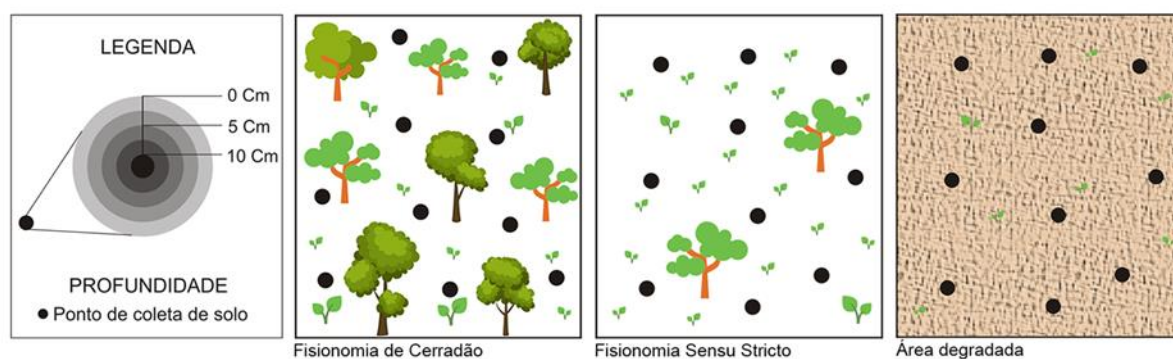


Figura 4. Representação esquemática das combinações do delineamento. **Fonte:** Adaptado Costa et al., 2018.

2.4. Determinação do Carbono Orgânico Total (COT)

O Carbono Orgânico Total (COT) foi determinado pelo método Walkly Black, por oxidação a quente com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e titulação com sulfato ferroso ($FeSO_4$), segundo método modificado de Yeomans e Bremner (1988).

2.5. Teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Os teores de matéria orgânica do solo foram obtidos aplicando-se o fator de correção de 1,724 aos valores de carbono do solo, conforme recomendado por Pribyl (2010), comumente usado para estimar o teor de MO em solos, a partir de C.

2.6 Sequestro de carbono

Os valores de estoques do COT na área de estudo foram utilizados para calcular a emissão ou sequestro de $C-CO_2$ (Estoque de COT nas fitofisionomias Cerradão e Cerrado *Sensu Stricto*). Para converter o estoque de C em CO_2 , foi utilizado o fator de conversão 3,67 (massa molar do CO_2 /massa molar do C) conforme reportado por Leite et al., (2003).

2.7. Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo

Para a realização do fracionamento das substâncias húmicas foi selecionado um horizonte superficial (0 – 5 cm) e subsuperficial (5 – 10cm) de cada solo coletado e utilizada a metodologia que se baseia na solubilidade em meio alcalino ou ácido e posterior determinação de carbono de cada fração, quais sejam, humina (C-HUM), ácido fúlvico (C-FAF) e ácido húmico (C-FAH), método adaptado de Swift (1996) por Mendonça e Matos (2005).

O índice de humificação (IH) foi calculado de acordo com método proposto por Jouraiphy et al. (2005), em que o cálculo dá-se em razão do C-fração ácido húmico (C-FAH)/CO, em percentagem.

2.8 Análise dos dados

A partir das análises de solo e o tipo de fitofisionomias, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância, por meio do programa estatístico SAEG 6.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises estatísticas realizadas constatou-se que houve diferença estatisticamente significativa a 0,1 % entre as três áreas amostradas (Cerradão, Cerrado *Sensu Stricto* e área degradada). No entanto, a variável profundidade não apresentou diferença significativa para as variáveis COT e C-CO₂, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo ANOVA para variáveis avaliadas

| FV | GL | QMresíduo | | |
|-----------------------------|----|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | COT | C | C-CO ₂ |
| Tipo de área | 2 | 2151,3720*** | 0,1399*** | 0,3864*** |
| Profundidade | 1 | 10,8924 ^{ns} | 0,0284* | 0,0376 ^{ns} |
| Tipo de área x profundidade | 2 | 85,1363*** | 0,0080 ^{ns} | 0,1787*** |
| Resíduo | 84 | 9,7118 | 0,0072 | 0,0268 |
| CV | | 26,50 | 53,27 | 2,25 |

ns, ***, **, * F não significativo e significativos a 0,1%, 1%, 5%, respectivamente.

Sendo: FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade, CV – coeficiente de variação; COT - carbono orgânico total; C-MTC - carbono presente na estrutura biótica do solo; C-CO₂ valor resultado da atividade biológica.

Fonte: Autora, 2019.

Para os teores de carbono presente na estrutura biótica do solo não houve interação significativa entre o tipo de área e a profundidade. No entanto, observou-se que entre os ambientes amostrados apresentaram diferenças estatísticas entre os teores de carbono encontrados, tendo em vista que, para fitofisionomia Cerradão o aporte de MOS é maior que aqueles observados nas fitofisionomias Cerrado *Sensu Stricto* e Área degradada, não constatando diferença entre as profundidades 0-5 e 5-10 cm. Logo, se apresentou apenas uma média da profundidade para o tipo de área, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios da concentração de carbono (C) presente na estrutura biótica do solo (g kg^{-1}) para os diferentes tipos de áreas avaliadas

| Áreas | C |
|------------------------------|-----------------------|
| Cerradão | 0,2343 \pm 0,0933 A |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> | 0,1420 \pm 0,0457 B |
| Área degradada | 0,1010 \pm 0,1075 B |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas indicam que os diferentes tipos de áreas avaliados não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora, 2019.

Segundo Costa et al., (2018), os teores altos de carbono na estrutura biótica do solo verificados nas fitofisionomias estudadas, sobretudo para Cerradão, decorre de uma maior deposição de material orgânico no solo, podendo, assim, promover uma produção equilibrada de biomassa nesses ecossistemas, configurando-os como um ciclo dinâmico estável no processo deposição vegetal de material orgânico, decomposição e incorporação nestas áreas.

Dessa forma, verifica-se a capacidade de equilíbrio das áreas de Cerrado nativo quanto ao aporte de matéria orgânica em seus solos, contribuindo para a manutenção natural da qualidade do mesmo dentro da mesma fitofisionomia (COSTA et al., 2018). No entanto, entre fitofisionomias diferentes e a Área degradada, os teores de MOS apresentaram diferença, em que os solos do Cerrado *Sensu Stricto* e da Área degradada apresentaram teores mais próximos, no que diz respeito concentração de C na estrutura biótica.

Constatou-se teores baixos de MOS na área degradada, resultado da erosão proporcionada pelas atividades antrópicas ao longo dos anos, tais como a retirada da vegetação, que deixa o solo exposto, favorecendo a redução do aporte de resíduos orgânicos sobre o solo, a médio e longo prazo e, conseqüentemente, contribuindo para redução dos teores de matéria orgânica. Conforme Gomide, Silva, Soares, (2011), os resultados evidenciam que, para esse atributo do solo analisado, o mesmo foi sensível às alterações no ambiente, podendo servir de indicador para o monitoramento da dinâmica de ambientes degradados.

De modo que ressalta-se a necessidade de preservação da cobertura vegetal e manejo adequado do solo, de modo a conferir a esse recurso maiores teores de matéria orgânica, tendo em vista sua importância para manutenção dos ecossistemas. Assim, Rodrigues (2016) reforça a valoração ambiental das Unidades de Conservação (UCs) que desempenham um papel fundamental na conservação de importantes recursos naturais, como os solos, no entanto,

quando sujeitos à ação de processos que ocasionam degradação ambiental têm sua estrutura biótica comprometida.

Conforme corroborado por Costa et al. (2018) as diferenças nas distribuições dos sistemas radiculares e da capacidade de exsudação, de compostos orgânicos, ao longo do perfil do solo de cada uma das fitofisionomias, pode variar e explicar a disponibilidade de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, conseqüentemente, a pouca mobilidade e solubilidade de carbono, conforme verificado no estudo.

Assim, constata-se a importância das UCs, que servem para equilibrar as perdas de áreas alteradas, pois conseguem manter os atributos das áreas em condição de equilíbrio, favorecendo o acúmulo de MOS, que é um importante indicador de qualidade do solo e sensível às mudanças de uso da terra (ARAÚJO et al. 2008).

A partir das análises de solo das três áreas em estudo (Cerradão, Cerrado *Sensu Stricto* e área degradada), foi possível constatar que, para as taxas de Carbono Orgânico Total (COT), a profundidade do solo não apresentou efeito estatisticamente significativo, porém, houve interação significativa entre o tipo de área e a profundidade (Tabela 4).

Tabela 4. Carbono Orgânico Total (COT) médio (g kg^{-1}) para cada profundidade, nos diferentes tipos de áreas avaliadas

| Áreas | Profundidade (cm) | |
|------------------------------|-------------------|-----------------|
| | 0,0 a 5 | 5 a 10 |
| Cerradão | 19,59 ± 2,07 aA | 21,72 ± 1,42 aA |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> | 13,07 ± 4,77 aB | 8,64 ± 4,17 bB |
| Área Degradada (AD) | 3,67 ± 1,06 aC | 3,89 ± 3,27 aC |

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas indicam que, para o tipo de área avaliada, as profundidades não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas indicam que, para a profundidade avaliada, os tipos de áreas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora, 2019.

Os maiores valores de COT foram observados nas camadas mais profundas, a exceção da área Cerrado *Sensu Stricto*. No entanto, é sabido que a parte aérea contribui com o maior estoque de biomassa, seguida por raízes e serapilheira, o que não foi constatado nesse estudo. De acordo com Costa Junior et al. 2011; Costa et al., 2018, geralmente os maiores teores de COT correspondem às camadas superficiais (0 – 5 cm), diminuindo com a profundidade (5 – 10 cm), pois são resultado da deposição de resíduos vegetais em superfície com posterior decomposição e deslocamento do C para as camadas mais profundas .

Os dados encontrados por Morais et al. (2013), estão em desacordo com as análises obtidas a partir das áreas estudadas (Cerradão e Cerrado *Sensu Stricto*) no PNNRP, tendo em vista que demonstraram que, quando o solo é subdividido em camadas igualmente espessas, 10 cm para este caso, o teor de carbono na camada superior do solo é cerca de 5 vezes maior do que na camada mais profunda do solo. Se comparado com a segunda camada (10-20 cm), o teor de carbono na camada superior é mais do que duas vezes maior do que na camada seguinte.

No entanto, como já era de se esperar, as áreas nativas de Cerradão e Cerrado *Sensu Stricto* apresentaram aporte maior de COT quando comparados com os valores da AD, tendo em vista o teor de MOS também ser maior para essas áreas, observou-se que as mudanças no uso da terra alteram a qualidade dos solos, podendo dessa forma diminuir os teores de COT em decorrência da erosão desse recurso (PRIMIERY, MUNIZ, LISBOA, 2017).

Lal (1999) aborda que as taxas de diminuição de C do solo podem ser explicadas pelo aumento nos processos de degradação e perda da qualidade do solo. Portanto, os teores de C estão atrelados às formas de manejo e uso do solo.

Para a relação C-CO₂, a profundidade do solo não apresentou diferença estaticamente significativa, mas houve interação significativa entre o tipo de área e a profundidade (Tabela 5).

Tabela 5. Valor resultado da atividade biológica C-CO₂

| Áreas | Profundidade (cm) | |
|------------------------------|-------------------|-----------------|
| | 0-5 | 5 a 10 |
| Cerradão | 7,36 ± 0,18 a A | 7,28 ± 0,13 a A |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> | 7,41 ± 0,12 a A | 7,24 ± 0,16 b A |
| Área degradada | 7,09 ± 0,09 b B | 7,22 ± 0,25 a A |

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas indicam que para o tipo de área avaliada, as profundidades não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas indicam que para a profundidade avaliada, os tipos de áreas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora, 2019.

Constatou-se que, para a fitofisionomia Cerrado *Sensu Stricto* e Área degradada, a variável profundidade influenciou nos números obtidos para o sequestro de C, tendo em vista a profundidade entre 0 – 5 cm, em que se verificaram valores médios maiores para as áreas nativas. No entanto, a área de Cerradão foi a que apresentou uma maior taxa de sequestro de C, independente da profundidade analisada. Isso pode ser explicado por ocorrer maior aporte de material orgânico sendo depositado nessa área. O Cerradão é uma floresta, em que

apresenta dossel (copa) predominantemente contínuo e sua cobertura arbórea, que pode oscilar entre 50 a 90% (ICMBio, 2019), pode apresentar teor de MOS maior em relação as outras áreas analisadas, como constatado para o estudo em questão.

Rosendo e Rosa (2012) compararam os estoques totais de C existente no cerradão (CER) e vegetação nativa com áreas de Pastagem Degradada (PDE) na região da bacia hidrográfica do Rio Araguari. Estes autores constataram que a quantidade de C na PDE foi substancialmente menor que no CER, indicando perda de C. Assim, pode-se considerar que, a PDE atuou como fonte de C-CO₂ à atmosfera, na profundidade 0 a 20 cm, apesar da tendência de acúmulo de C, embora de maneira muito discreta, na profundidade de 20 a 40 cm.

O baixo estoque de C nas coletas realizadas na área de desertificação pode ser explicado, conforme Rosendo; Rosa (2012), em virtude da área degradadas apresentar maior nível de erosão, além de considerável área de solo exposto.

No intuito de verificar os estoques de carbono ao logo dos anos, compararam-se os dados obtidos no intervalo de 2013 a 2018 para os valores COT, em que foi verificada uma redução nos valores médios de C para a área degradada (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de Carbono Orgânico Total (COT) médio (g kg⁻¹) nos diferentes tipos de áreas avaliadas para os anos de 2013 a 2018

| Áreas | 2013 | 2015 | 2018 | 2013 | 2015 | 2018 |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | 0-5cm | | | 5-10cm | | |
| Cerradão (CER) | 21,09Aa | 20,11Aa | 19,59Aa | 22,33Aa | 22,11Aa | 21,72Aa |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> (CSS) | 12,01Ba | 12,88Ba | 13,07Bab | 7,72BCa | 8,01Ba | 8,64Ba |
| Área Degradada (ADC) | 6,34Ca | 4,45Cbc | 3,67Cc | 5,43Ca | 4,07Cbc | 3,89Cc |

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas indicam que para o tipo de área avaliada, as profundidades não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas indicam que para a profundidade avaliada, os tipos de áreas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora, 2019.

A partir das análises, constatou-se que, para os anos de 2013 a 2018, não houve diferença estatisticamente significativa para as fitofisionomias CER e CSS. No entanto, houve diferença significativa ao longo dos anos em estudo para ADC. Nas três áreas estudadas, observou-se comportamento linear dos seus respectivos conteúdos de COT nos primeiros 10 cm do solo (Figura 05).

A redução dos conteúdos de C na ADC pode ser explicada pelo agravamento do processo de erosão na área de desertificação, tendo em vista que não foram promovidas ações

no sentido de recuperar de forma efetiva a área. Além disso, uma vez iniciada o processo de perda de C na área, há uma tendência do agravamento dos processos de degradação, ainda que seja considerada a ocorrência de processos de restauração natural, porém a velocidade das perdas extrapola a capacidade de regeneração.

A MOS, representada por aproximadamente 58% de C, é o principal componente que descreve a qualidade do solo, correlacionando-se ao seu comportamento físico, químico e biológico, logo com a redução contínua desses conteúdos de C, há uma evolução acelerada dos processos de degradação ambiental (VEZZANI, 2009).

Ao que se verificou ainda que nos últimos seis anos, tanto as áreas de CER quanto de CSS, mantiveram-se estáveis os conteúdos de C, diferentemente da área degradada do cerrado (ADC), que se verificou a diferença significativa entre as médias, tanto na camada de 0-5 cm, como 5-10 cm.

O comportamento ao se comparar as três áreas em relação ao conteúdo de C, denota maior capacidade de sequestro de carbono da área de CER em relação à área de CSS e ADC. De acordo com Lima et al. (2012), esse comportamento vincula-se às estruturas de vegetação estratificadas dessas áreas, garantindo um tempo de decomposição diferenciado com capacidade de aporte constante, ainda que nas condições ambientais de maior ciclagem desses materiais.

Sob CSS, pelo próprio arranjo dos seus componentes florestais, há maior comprometimento dos aportes e estoques de C, pois ocorrem estruturalmente formações bastante espaçadas, quando até mesmo a ocorrência de clareiras. Esse ambiente é naturalmente propício a uma exposição do conteúdo de matéria orgânica do solo, com elevada ciclagem e baixa capacidade de estoque, porém garante o fluxo equilibrado entre o carbono emitido e o carbono aportado (DLJ, 2017).

Para a ADC, o decaimento ao longo dos 6 anos em estudo reporta que a área ainda encontra-se em alta vulnerabilidade, com elevada exposição dos baixos conteúdos de matéria orgânica ainda presentes nesse solo. Além disso, esse período de avaliação, pelo comportamento dos conteúdos de matéria orgânica, indica que esse ambiente tem comprometido sua capacidade de regeneração dos seus atributos. Yada et al., (2015) aponta que os baixos índices de C do solo estão associados a remoção da vegetação de cobertura, assim como reviramento das camadas superficiais do solo.

Analisando os valores de CO₂ para as três áreas (CER/CSS/ADC), verificou-se que as maiores diferenciações ocorreram na ADC (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios de CO₂ (Mg ano⁻¹) para os anos de 2013 a 2018 nas profundidades 0-5 cm e 5- 10 cm para as três áreas avaliadas

| Áreas | 2013 | 2015 | 2018 | 2013 | 2015 | 2018 |
|------------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 0-5cm | | | 5-10cm | | |
| Cerradão (CER) | 7,88Ca | 7,67Ba | 7,36Aa | 7,65Aa | 7,48Aa | 7,28Aa |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> (CSS) | 8,01Ba | 7,89Bab | 7,41Ab | 7,56Aa | 7,55Aa | 7,24Aa |
| Área Degradada (ADC) | 9,02ABa | 8,22Ab | 7,09Ac | 6,98Bb | 7,01Aa | 7,22Aa |

Fonte: Autora, 2019.

Avaliando-se as médias dessas taxas ao longo dos seis anos, observou-se que na camada superficial os valores estiveram estáveis, diferindo da camada em sub-superfície, cujo comportamento linear apontou uma redução das taxas nas áreas de CER e CSS, e de incremento na área degradada (ADC).

Primieri, Muniz e Lisboa (2017) apontam que em ambientes alterados ocorrer uma maior perda de CO₂, em relação a áreas de vegetação nativa de cobertura. Assim as áreas degradadas tendem a reduzir sua capacidade de incorporação do C-CO₂, emitindo mais CO₂ (SANTOS et al., 2018), que decorre da maior exposição desses conteúdos orgânicos as atividades metabólicas.

Nas áreas sob CER e CSS, observou-se uma maior de capacidade de estabilização dos conteúdos de carbono, enquanto solos mais estáveis e unidade de conservação que tem atendido aos objetivos de proteção do uso dessas áreas.

Com o fracionamento da matéria orgânica do solo nas áreas amostradas constatou-se que as frações húmicas da MOS nas três áreas avaliadas foram significativamente superiores àquelas observadas nas áreas de Cerradão, nas duas profundidades estudadas (Tabela 7).

Tabela 8. Valores médios das frações da Matéria Orgânica do Solo para as profundidades de 0 – 5 e 5 – 10 cm para as três áreas analisadas

| Áreas | HUM | AFH | AHU | HUM | AFH | AHU |
|------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|
| | (dag/Kg) | (dag/Kg) | (dag/Kg) | (dag/Kg) | (dag/Kg) | (dag/K) |
| | 0-5cm | | | 5 - 10 cm | | |
| Cerradão (CER) | 1,34aA | 0,89aA | 1,1aA | 1,22aA | 0,8aA | 1,15aA |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> (CSS) | 1,09bB | 0,38bB | 0,65bB | 0,98aA | 0,33bB | 0,73aA |
| Área Degradada (ADC) | 0,19cC | 0,08cC | 0,28cC | 0,13cC | 0,11cC | 0,23cC |

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas indicam que para o tipo de área avaliada, as profundidades não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas indicam que para a profundidade avaliada, os tipos de áreas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

A fração Humina (HUM) foi predominante para os solos amostrados nas áreas das fitofisionomias Cerradão, Cerrado *Sensu Stricto*. No entanto para a Área Degradada, houve uma variação de modo que os valores de ácidos húmicos (AH) foram superiores a HUM e o ácido fúlvico (AF). Ressalta-se que a matéria orgânica é um dos principais indicadores de qualidade do solo, não somente em se tratando dos seus conteúdos totais, sobretudo as suas frações húmicas (ROSA et al. 2017).

Em relação às frações húmicas, a maior fração química da matéria orgânica encontrada, na camada de 0-5 e 5- 10 cm do solo foi a humina para fitofisionomia CER e CSS, podendo ser explicado pela não exposição a ações antrópicas e grande aporte de material orgânico para esse tipo de fitofisionomia (MADARI, 2007). No entanto, constata-se que a ADC apresentou menor valor para fração humina em decorrência dos processos erosivos que sofreu ao logo dos anos. A humina na maioria dos solos tropicais, em decorrência de apresentar baixa reatividade, é responsável por mecanismos de agregação de partículas representando a maior parte do carbono humificado do solo (BENITES et al. 2003).

No entanto, constatou-se que, para as CER e CSS, à medida que ocorre incrementos nos valores absolutos de humina, ocorre redução valores de ácidos fúlvicos e húmicos para duas profundidades analisadas. Segundo Souza Junior, Ribeiro e Vilani, (2013), os níveis de ácidos húmicos e fúlvicos tendem a diminuir quando confrontados o aumento na quantidade de humina por apresentarem alta correlação com a fração humina.

Em relação ao comportamento das frações nas profundidades do solo, verificou-se que houve comportamentos diferenciados para cada área, sendo que e nas áreas de CER e CSS, os maiores valores ocorreram nas camadas mais superficiais, enquanto na área de ADC, os maiores conteúdos ocorreram na camada de subsuperfície. Esses dados corroboraram com Fontana et al. (2017), que verificou maiores ocorrências dos conteúdos de MOS e suas frações nos horizontes superficiais dos solos, destacados pelo decréscimo abrupto em relação aos demais horizontes.

No que diz respeito aos índices de humificação, verificou-se, nas três áreas avaliadas, boa ação de recalcitrância da MOS ainda que nas primeiras camadas de solo (Tabela 9). Este resultado está em desacordo com os estudos desenvolvidos por Favoreto et al. (2008), que observaram aumento dos índices de humificação com incrementos da profundidade.

Tabela 9. Índice de Humificação para as três áreas avaliadas

| Áreas | Índice de Humificação (%) | |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|
| | 0 - 5 cm | 5 - 10 cm |
| Cerradão (CER) | 67,15 | 58,44 |
| Cerrado <i>Sensu Stricto</i> (CSS) | 56,12 | 50,13 |
| Área Degradada (ADC) | 33,27 | 20,11 |

A diferenciação nessas áreas em estudo pode estar relacionada ao comportamento químico dos solos típicos de Cerrado, com baixa presença de matéria orgânica, sendo esta, concentrada nas camadas mais superficiais. Conforme Fontana et al. (2017), o comportamento das argilas atua de forma efetiva na dinâmica da matéria orgânica do solo.

Ao que se verificou, existe um processo inferior de humificação na área degradada, correlato à perda de conteúdos absolutos de matéria orgânica lábil e não lábil, que colabora com o decaimento dos processos de decomposição e transformação da MOS, até o estado de estabilização em frações húmicas. Diferentemente das áreas sob floresta nativa do cerrado, cujo nível de humificação foi superior.

Assim, reforça-se o entendimento de que os índices de humificação estão associados a ambientes com maior equilíbrio ambiental. Signor et al. (2016), apontou que em áreas degradadas houve uma redução significativa dos índices de estabilização da MOS comparado aos índices em áreas com manejo conservacionista.

4. CONCLUSÃO

Foi evidenciada que o fator profundidades para as áreas amostradas não influenciou significativamente entre as fitofisionomias Cerradão e Cerrado *Sensu Stricto*, em virtude de maior aporte de matéria orgânica do solo (MOS) para áreas nativas ocorrer nas camadas superficiais.

Constatou-se que os conteúdos de carbono contido no solo das áreas nativas, sob as duas fitofisionomias, foram superiores àquela da área degradada, de modo que a fitofisionomia Cerradão assumiu o papel principal na estocagem de carbono.

Verificou-se, ainda que, para os valores resultado da atividade biológica C-CO₂, não houve interação significativa entre as profundidades para mesma fitofisionomias, porém houve interação significativa entre o tipo de área e a profundidade, sendo que as áreas degradadas apresentaram maiores potenciais de emissão de CO₂.

As áreas sob a fitofisionomia de Cerradão possuem um potencial de humificação da MOS superior para todas as frações, denotando forte relação entre a Humina e as áreas superficiais, favorecendo maior formação de frações mais recalcitrantes e a presença maior de humina em números absolutos.

A estrutura florestal das fitofisionomias Cerrado *Sensu Stricto* podem ser um dos fortes fatores de influência ao longo da estabilização da MOS, sendo a densidade, biodiversidade e arranjo dos componentes da cobertura vegetal importantes nesse processo.

Um dos processos que amplia o estado de degradação das áreas já vulneráveis do Cerrado sul piauiense, está na redução considerável dos conteúdos mais estáveis da MOS, os conteúdos humificados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 2, 2002.
- ARAÚJO, A. S. F. de; LEITE, L. F. C.; NUNES, L. A. P. L.; CARNEIRO, R. F. V. **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina: EDUFPI, 1. ed., 2008.
- BARBOSA, R. R. N.; SILVA, A. A.; GALVÃO, M.; GALVÃO, N. A. R. A.; NETO, C. F. O. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, 2013.
- BATISTA, M. C. **Estoque de carbono e frações da matéria orgânica em áreas sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste Paraibano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Areia-PB, Universidade Federal da Paraíba, 2017.
- BRADY, N. R., WEIL, R. R. **Elementos da atmosfera e propriedades dos solos**. 3ed. São Paulo, Bookman, 2013.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: Um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2003.
- CARVALHO, C. S. Matéria orgânica, agregação e proteção física em solos tratados com lodo de esgoto. **Tese (Doutorado)**, Agricultura Tropical e Subtropical- Instituto Agronômico. 2015
- CLEMENTE, E. DE P., OLIVEIRA, F. S., MACHADO, M. RE., SCHAEFER, C. E. G. R. Fracionamento da Matéria Orgânica e Micromorfologia dos Solos da Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, 2018.
- COSTA JÚNIOR, C.; Piccolo, M. C de.; Neto, M. S.; Camargo, P. B de.; Cerri, C.C.; Bernoux, M. Carbono total e $\delta^{13}C$ em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35, 1241- 1252, 2011.
- COSTA, T. G. A.; IWATA, B. de F.; TOLEDO, C. E.de; COELHO, J. V.; CUNHA, L. M.; CLEMENTINO, G. E. dos S.; LEOPOLDO, N. C. M. Dinâmica de Carbono do Solo em

Unidade de Conservação do Cerrado Brasileiro sob diferentes fitofisionomias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.l.], v. 7, n. 4. 2018.

CREPANI, E. O Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIX, 2009, Natal, **Anais [...]**. Natal, 2009.

CIDIN, A. C. M. **Estoque de carbono em solos brasileiros e potencial de contribuição para mitigação de emissões de gases de efeito estufa**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, Araras, 2016.

DONAGEMMA, G. K. FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, 2016.

ESCOBAR, L. F. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo em solo do Planalto Médio do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – UFSM, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA CERRADOS (EMBRAPA). **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. 2019**.

FAVORETTO, C. M., GONÇALVES, DA., MILORI, D. M. B. P., ROSA, J.A., LEITE, W. C., BRINATTI, A. M.; SAAB, S. DA C. Determinação da humificação da matéria orgânica de um Latossolo e de suas frações organo-minerais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, 2008.

FONTANA, A., PEREIRA, M. G., LOSS, A., CUNHA, T. J.F., S., J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, 2006.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 567-577, Apr. 2011.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1503-1510, 2012.

GRUTZMACHER, P. **Estoque de Carbono no solo e emissão de gases de efeito estufa em sistema de produção de milho com uso de lodo de esgoto**. 2016. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas: São Paulo, 2016..

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Fitofisionomias cerradão**.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Parna das Nascentes do Rio Parnaíba. 2019**.

JOURAIPHY, A.; AMIR, S.; EL GHAROUS, M.; REVEL, J. & HAFIDI, M. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. *Inter. Biodet. Biodegr.*, 56:101-108, 2005.

- LAL, R. Worlds soils and the greenhouse effect. **Global Climate NeWletter**, v. 37, 1999
- LEITE, L. F. C., MENDONÇA, E. S., NEVES, J. C. L., MACHADO, P. L. O. A., GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003
- LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B.J. R. MACHADO, P. L. O. DE A. URQUIAGA, S. **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.S; MADEIRA, N. R.; SILVA, J. DA; GUEDES, Í. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.51, n.4, abr. 2016.
- LOPES, R.B.; MIOLA D. T. B. Sequestro de Carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. **SynThesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v.2, n.2, 127-143, nov. 2010.
- MADARI, B. E. Matéria orgânica de Terra Preta do Índio da Amazônia: características e o papel da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G. et al (Ed.). **Terra Preta, este volume**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S.. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. Viçosa: UFV, 2005.
- MILHOMEM, M. M. **Emissões de dióxido de carbono e compensação ambiental com plantio de espécies arbóreas nativas do Cerrado**: Um estudo de caso. Brasília, Monografia (Bacharel em Gestão Ambiental) – UnB, 2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **O Bioma Cerrado**. 2019. Disponível em <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 10 de out de 2018.
- MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. A.; JOSÉ M. DE M.; GOMIDE, L.R.; OLIVEIRA, A. D. de . Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **CERNE**, Lavras, v. 19, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 de jan de 2019.
- PATRÍCIO, M. DA C. M.; SILVA, V. M. DE A.; RAMOS, A. R. D. GILBUÉS - NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO PIAUÍ, Caracterização Física, Variabilidade Climática e Impactos Ambientais. **POLÊMICA**, [S.l.], v. 11, n. 3, 2012.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. DE; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- PRIBYL, D.W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 156:75-83, 2010.
- PRIMIERI, S.; MUNIZ, A.r W.; LISBOA, H. de M. Dinâmica do Carbono no Solo em Ecossistemas Nativos e Plantações Florestais em Santa Catarina. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 24, 2017.

REIS, C. E. S. DOS; DICK D. P.; CALDAS, J. DA S., BAYER, C. Carbon sequestration in clay and silt fractions of Brazilian soils under conventional and no-tillage systems. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 71, n. 4, 2014.

ROSA, D. M., NÓBREGA, L.H. P., MAULI, M. M., LIMA, G. P. DE, PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 48, n. 2, 2017. ROSENDO, J. DOS S.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado. **Soc. nat.**, Uberlândia, vol. 24 n. 2, 2012.

SANTOS, H. G.DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, T. E. B. DOS; MELO, M. A. DE; RAMOS, T. V.; SOUZA, A. G. V.; BRANDÃO, T. P. Comportamento da Comunidade Microbiana no Sistema Silviagrícola na Região de Cerrado. **Revista agro tecnologia**, Goiás, v. 9 n. 2, 2018. SIGNOR, D. CZYCZA, R. V., MILORI, D. M. B. P., CUNHA, T. J. F., CERRI, C. E. P. Atributos químicos e qualidade da matéria orgânica do solo em sistemas de colheita de cana-de-açúcar com e sem queima. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.9, 2016.

SILVA I. R., MENDONÇA E.S.. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS RF et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p. 275-37, 2007.

SOUTO, P. C., Souto, J. S., Santos, R.V., Araújo, G. T.e, Souto, L. S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, 2005 .

SOUZA JÚNIOR, J. A. DE, RIBEIRO, G. A. A., VILLANI, F. T. Determinação das Frações Húmicas da Matéria Orgânica do Solo em Latossolos que receberam doses crescentes de Carvão Vegetal. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, v.7 – n. 1, 2013.

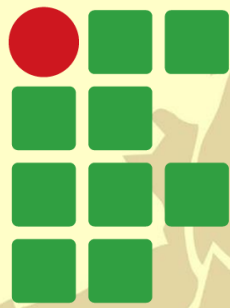
SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, O.L., (Ed.) **Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. n. 5, cap. 35, p.1011-1020.

TONIELLO, Ariana Desie. **Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção e decomposição de liteira e das frações de C do solo em pastos de Capim-Marandu**. 2019.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, Aug. 2009

YADA, M. M.; M., F. L. C.; MELO, W. J. DE; MELO, G. P. DE; MELO, V. P. DE; LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. Atributos Químicos e Bioquímicos em Solos Degradados por Mineração de Estanho e em Fase de Recuperação em Ecossistema Amazônico. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, 2015.

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



INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus
Urutaí

