

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**ACÚMULO DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
LATOSSOLOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA**

MARIA CATIANA DE VASCONCELOS

BOM JESUS – PI

2018

MARIA CATIANA DE VASCONCELOS

**ACÚMULO DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
LATOSSOLOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

BOM JESUS – PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial de Bom Jesus  
Serviço de Processamento Técnico

V331a Vasconcelos, Maria Catiana de.  
Acúmulo de carbono e frações da matéria orgânica em  
Latosolos sob biomas Cerrado e Caatinga. / Maria Catiana de  
Vasconcelos. – 2018.  
69 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,  
Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI,  
2018.

Orientação: “Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias”.

1. Carbono do Solo. 2. Matéria Orgânica Do Solo.  
3. Manejo de Carbono. 4. Solo - Uso. I. Título.

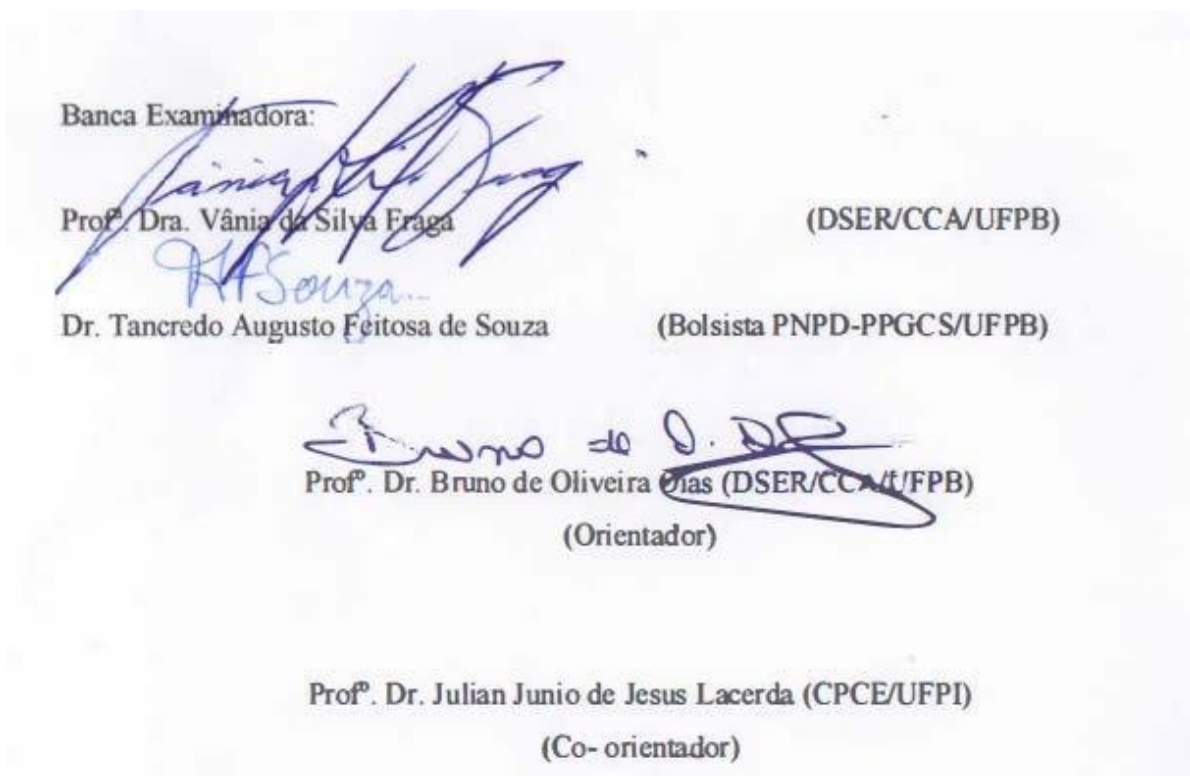
CDD 631.4

MARIA CATIANA DE VASCONCELOS

**ACÚMULO DE CARBONO E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM  
LATOSSOLOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração e Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em 30 de Julho de 2018.



## **BIOGRAFIA**

Maria Catiana de Vasconcelos, filha de José Augusto Vasconcelos e Rita de Cássia Vasconcelos, nascida em 02 de outubro de 1990 na cidade de Santana do Acaraú, CE, Tecnóloga em Irrigação e Drenagem e Técnica em Fruticultura formada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Sobral*, 2015. Em agosto de 2016, ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí.

***“Se algum dia vocês forem surpreendidos pela injustiça ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida, de engrandecê-la pela decência, de construí-la pelo trabalho.”***

***(Edson Queiroz)***

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, carinho e exemplo de vida...  
a meu namorado, pelo amor, paciência, incentivo e dedicação  
sempre. Meu muito obrigada!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e fidelidade para superar os desafios.

À flor mais bela do meu jardim, minha mãe, pela vida concedida, pela graça do nosso senhor, que sempre me incentivou nos meus estudos dando força e conselhos.

Aos meus queridos e amados pais, José Augusto e Rita de Cassia Vasconcelos, que contribuíram, desde meu nascimento até os dias atuais, para meu aprendizado.

Aos meus adorados irmãos, José Sérgio Vasconcelos, Maria Elisângela de Vasconcelos e Maria do Carmo de Vasconcelos.

Aos meus amados sobrinhos sapecas, Luís Halison, Luíza Havila, Ana Lavínia e Ana Letícia, pelo sorriso encantador de todos os dias.

Ao meu namorado, por estar comigo sempre, sendo nos momentos bons ou ruins, com sua paciência, carinho e amor que, mesmo distante, me dão forças para enfrentar os desafios da jornada acadêmica.

À Universidade Federal do Piauí – *Campus* Cinobelina Elvas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, pelo conhecimento e formação adquiridos.

À fazenda Marafon, em nome do Sr. José Marafon, e aos agricultores familiares, em nome do Sr. Pedro, pela disponibilidade das áreas para as realizações desta pesquisa.

À CAPES, pela bolsa concedida, e ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa através do projeto – Pesquisa em Mudança do Clima, com a linha temática Análise dos Estoques e Fluxos de Carbono no Solo e na Vegetação do Brasil.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias, por toda paciência, conselhos e aprendizado.

Ao meu Co-orientador, Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda, pela amizade, apoio e ajuda, principalmente nos momentos de aflição.

A todos os professores do Mestrado que repassaram os seus conhecimentos com dedicação e amor à profissão.

A todos os colegas do Mestrado, em especial ao Adriano e a Dayara, que ajudaram na execução do meu projeto.



Ao Laboratório de Matéria Orgânica da Universidade Federal da Paraíba, que me deu oportunidade para realização das minhas análises.

Aos colegas que me ajudaram nas análises, Liliane, Tales, Nabor, Belquior e Daniel.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui, seja com um sorriso, um incentivo ou simplesmente com a força positiva do pensamento em mim. Agradeço a todos vocês, com muito carinho!

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>16</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Os Biomas Cerrado e Caatinga.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Mudanças do Uso do Solo e Alterações nas Frações da Matéria Orgânica do Solo.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ESTOQUE DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS LATOSSOLOS SOB BIOMA CERRADO E CAATINGA,.....</b>	<b>25</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Localização das Áreas de Estudo.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 Descrição das Áreas de Estudo.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Amostragem do Solo.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4 Processamento das Amostras Deformadas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.1 Análise das amostras de solo.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5 Análises Estatísticas.....</b>	<b>32</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Distribuição Vertical do C na Caatinga.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Distribuição Vertical do C no Cerrado.....</b>	<b>39</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 3 – FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA E ÍNDICE DE MANEJO DO CARBONO EM LATOSSOLOS AMARELOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA.....</b>	<b>48</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1 Localização das Áreas de Estudo.....</b>	<b>51</b>
<b>2.2 Descrição das Áreas de Estudo.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3 Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo.....</b>	<b>53</b>

<b>2.4 Análise Estatística.....</b>	<b>55</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1 Distribuição Vertical do C no Bioma Caatinga.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2 Distribuição Vertical do C no Bioma Cerrado.....</b>	<b>61</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Acúmulo de carbono e frações da matéria orgânica em Latossolos sob biomas Cerrado e Caatinga**. 2018. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Planta) – Universidade Federal do Piauí, PI <sup>1</sup>.

## RESUMO GERAL

A mudança do uso do solo pode causar alterações na dinâmica da matéria orgânica, contribuindo com reduções nos teores de carbono nos diversos compartimentos e frações orgânicas. Para entender melhor a influência das práticas de uso do solo responsáveis pela dinâmica do carbono no solo em profundidade, objetivou-se avaliar o efeito do uso do solo nos biomas Caatinga e Cerrado sobre os estoques de carbono e as frações granulométricas da matéria orgânica na profundidade de 0 a 100 cm. O estudo foi realizado em dois locais no Estado do Piauí, sendo um na Serra do Quilombo, situado no município de Bom Jesus, e outro na localidade de Criuli, situado no município de Santa Luz. Para o estudo, foram selecionados dois biomas (Cerrado e Caatinga) e três formas de usos do solo (vegetação nativa, pastagem e agricultura) constituídas de sete profundidades de coleta do solo (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com três repetições, totalizando 126 amostras. A pesquisa consistiu em dois estudos: o primeiro foi caracterizar a matéria orgânica do solo (MOS) e o estoque de carbono do solo (Est C) em profundidades em Latossolos sob bioma Cerrado e Caatinga e sob distintas formas de uso do solo (pastagem, agricultura e vegetação nativa); o segundo foi determinar o fracionamento físico da matéria orgânica: matéria orgânica particulada (MOP), C- associado a matéria orgânica particulada (C-MOP), C- associado aos minerais (COM) e o índice de manejo do carbono (IMC). A conversão de vegetação nativa por sistemas agrícolas com pastagem e agricultura nos biomas Caatinga e Cerrado aumentou teores de MOS nas profundidades 0-20 cm. O uso do solo com pastagens e agriculturas nos biomas Caatinga e Cerrado afeta a distribuição vertical do C nas profundidades 0-100 cm. O uso do solo com agricultura na Caatinga e pastagem no Cerrado foram os sistemas de uso do solo que apresentaram maiores condições favoráveis à recuperação do C no solo. Mudança de ambientes naturais em áreas agrícolas teve impacto considerável na distribuição vertical do carbono das frações granulométricas nos dois biomas. No bioma Cerrado, o uso do solo com agricultura causou reduções nos teores de MOP e C-MOP. Já no bioma Caatinga, o uso do solo com pastagem e agricultura diminuiu os valores de MOP, C-MOP e COM. Nenhum desses usos teve capacidade de restaurar os valores iniciais do solo.

**Palavras-chave:** estoque de carbono do solo, frações físicas da matéria orgânica do solo, índice de manejo de carbono, uso do solo.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-Orientador: Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Carbon accumulation and organic matter fractions in Latosol in Cerrado and Caatinga biomes.** 2018. 69p. Dissertation (Master Science in Agronomy – Plant and Soils Nutrition) – Universidade Federal do Piauí, PI <sup>1</sup>.

## GENERAL ABSTRACT

The change in soil use can cause changes in the organic matter dynamics, promoting reductions in carbon contents in the several compartments and organic fractions. To better understand the influence of soil use practices responsible for soil carbon dynamics in depth, the objective of this study was to evaluate the effect of soil use on the Caatinga and Cerrado Biomes on carbon stocks and grain size fractions of organic matter at the 0 -100 cm depth. The study was carried out in two locations in the state of Piauí, one in Serra do Quilombo, located in the municipality of Bom Jesus and the other in the town of Criuli, located in the municipality of Santa Luz. Two Biomes (Cerrado and Caatinga) and three forms of land use (native forest, pasture and farming) consisting of seven soil depths (0-10;10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 and 80 -100 cm), with three replicates, totaling 126 samples. The study consisted of two studies, the first one was to characterize soil organic matter (SOM) and soil carbon stock (Est C) at depths in Latosols under Cerrado and Caatinga biomes and under different forms of soil use (pasture, farming and native forest); the second was to determine the physical fractionation of organic matter: particulate organic matter (POM), C-associated with particulate organic matter (C-POM), C-associated with minerals (MOC) and carbon management index (CMI). The conversion of native forest by agricultural systems with pasture and farming in the Caatinga and Cerrado biomes increased SOM levels in the 0-20 cm depths. Land use with pasture and agriculture in the Caatinga and Cerrado biomes affects the vertical distribution of C in the depths 0-100 cm. The use of the soil with farming in the Caatinga and pasture in the Cerrado were the systems of soil use that presented the best favorable conditions to the recovery of C in the soil. Changes in natural environments in agricultural areas had a considerable impact on the vertical distribution of carbon from the granulometric fractions in the two biomes. In the Cerrado biome, land use with farming caused reductions in POM and C-POM levels. In the Caatinga biome, the soil use with pasture and farming decreased the values of POM, C-OM and MOC. Any of those uses had the capacity to restore the initial values of the soil.

**Keywords:** carbon stock, physical fractions of soil organic matter, carbon management index, soil use.

---

<sup>1</sup> Adviser: Professor Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-adviser: ProfessorDr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2. ESTOQUE DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS LATOSSOLOS SOB BIOMA CERRADO E CAATINGA

Figura 1	Área de coleta de solo sob bioma Caatinga: (A) Caatinga preservada; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.....	28
Figura 2	Área de coleta de solo sob bioma Cerrado: (A) Cerrado preservado; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.....	29
Figura 3	Trincheira para coleta de amostras de solo. (A) Gabarito para marcação da trincheira; (B) Trincheira de 0,7 x 0,7 x 1m; (C) Detalhe da estratificação do perfil do solo em camadas para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo. Fonte: Vasconcelos, 2017.....	30
Figura 4	Coleta de amostras indeformadas de solo pelo método do anel volumétrico. Fonte: Jesus <i>et al.</i> (2016).....	31
Figura 5	Densidade do solo (Ds) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três sistemas de uso do solo (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20cm.....	33
Figura 6	Matéria orgânica do solo (MOS) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20cm.....	34
Figura 7	Estoque de carbono (Est C) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20cm.....	35
Figura 8	Distribuição vertical da densidade do solo (Ds); B – Matéria orgânica do solo (MOS); C – Estoque de carbono (Est C) em Latossolos Amarelos sob o bioma Caatinga e três formas de uso do solo (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.....	37
Figura 9	A – Distribuição vertical da densidade do solo (Ds); B – Matéria orgânica do solo (MOS); C – Estoque de carbono (Est C) em Latossolos Amarelos sob o bioma Cerrado e três formas diferentes de uso (agricultura, mata	

nativa e pastagem) nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100cm.....	40
---	----

### **CAPÍTULO 3. FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA E ÍNDICE DE MANEJO DO CARBONO EM LATOSSOLOS AMARELOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA**

Figura 1	Área de coleta de solo sob bioma Caatinga: (A) Caatinga preservada; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.....	52
Figura 2	Área de coleta de solo sob bioma Cerrado: (A) Cerrado preservado; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.....	52
Figura 3	Matéria orgânica particulada (MOP) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.....	56
Figura 4	Carbono da matéria orgânica particulada (C- MOP) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.....	57
Figura 5	Índice de manejo do carbono (IMC) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades de 0-10 e 10-20cm.....	58
Figura 6	A – Distribuição vertical da matéria orgânica particulado (MOP); B – Carbono associado à matéria orgânica particulada (C- MOP) e carbono associado aos minerais (COM) sob o bioma Caatinga e três formas distintas de usos (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.....	60
Figura 7	A – Distribuição vertical de matéria orgânica particulada (MOP); B – Carbono de matéria orgânica particulada (C- MOP) e Carbono associado aos minerais (COM) sob o bioma Cerrado e três distintas formas de usos (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

C	Carbono
CO	Carbono Orgânico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COM	Carbono Orgânico associado aos Minerais
COP	Carbono Orgânico Particulado
COT	Carbono Orgânico Total
CTC	Capacidade de Troca de Catiônica
FL	Fração Leve
FL-livre	Fração Leve livre
FLo	Fração Leve oclusa
FP	Fração Pesada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILP	Interação Lavoura Pecuária
Km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
Mg ha <sup>-1</sup>	Megagrama por hectare
Mha	Milhões de hectare
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOP	Matéria Orgânica Particulada
MOS	Matéria Orgânica do Solo
SPD	Sistema de plantio direto
Ton	Toneladas



## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A vegetação nativa consegue armazenar mais carbono no solo do que quaisquer outros ambientes no ecossistema (TEMESGEN *et al.*, 2015). Contudo, a substituição da vegetação nativa por ambientes agrícolas tem contribuído para a degradação do solo, bem como para a diminuição da matéria orgânica do solo.

O principal causador da mudança do uso do solo é o setor agrícola (KARP *et al.*, 2015), mudança essa que pode causar alterações nas propriedades físicas e nos ciclos biogeoquímicos (HUNKE *et al.*, 2015) e, conseqüentemente, reduz os teores de matéria orgânica do solo (CORBEELS *et al.*, 2016). Os sistemas agrícolas estão condicionados ao intensivo e frequente revolvimento do solo (PRAGANA *et al.*, 2012); contudo, a expansão agrícola, juntamente com o uso da mecanização, despertou olhares preocupante sobre os impactos da mudança do uso do solo.

No mundo, 22% do solo é coberto por pastagem, sendo que 67% dessa área foi modificada para o uso agrícola (RAMANKUTTY *et al.*, 2008). No Brasil, 20% de sua área foi designada ao uso de pastagem (IBGE, 2006), e boa parte dessa área se encontra em degradação (ROCHA-JÚNIOR *et al.*, 2014). Na região do Cerrado, a escassez de chuvas no inverno e as altas temperaturas (SANTANA; SOUTO, 2011), associados ao uso e manejo do solo inadequado, têm possibilitado a diminuição nos teores de matéria orgânica do solo (MOS). Na Caatinga, a alta insolação, juntamente com o déficit hídrico e a baixa umidade do ar (ANDRADE, 2017), também contribui para elevar a perda de matéria orgânica do solo.

No entanto, quando esses solos são usados de maneira correta, apresentam grande potencial de aumentar os teores de matéria orgânica do solo (LORI, 2017). Pesquisas realizadas evidenciaram que o uso e manejo de pastagens pode auxiliar no sequestro de carbono e de matéria orgânica do solo, proporcionando aumento na qualidade do mesmo (COMANTE; PAUSTIAN; ELLIOTT, 2001; LAL, 2004; SOUSSANA; TALLEC; BLANDFORT, 2010).

A matéria orgânica do solo pode sofrer alterações em função do sistema de uso ou manejo do solo, além de ser utilizada como indicador de qualidade do solo (BATISTA *et al.*, 2014; BALDOTTO *et al.*, 2015). O carbono é o principal componente da matéria orgânica do

solo e, também, é afetado pelo uso e manejo do solo; entretanto, somente a quantificação dos teores totais não permite obter resultados sobre alterações ocorridos em curto período de tempo. Diante disso, os compartimentos do carbono têm sido utilizados para obter mais informações, sendo a fração particulada a mais sensível em demonstrar os efeitos dos sistemas de uso e manejo do solo a curto prazo, visto que essa fração está fracamente associada aos minerais, refletindo os diferentes aportes (SOUZA *et al.*, 2009).

A avaliação de diferentes sistemas de uso do solo é importante a fim de direcionar estratégias para a manutenção do carbono no solo e diminuição das perdas de matéria orgânica, promovendo, assim, a manutenção da capacidade produtiva do solo. Diante do exposto, a pesquisa apresenta as seguintes hipóteses: o uso intensivo do solo com agricultura e pastagens altera a matéria orgânica do solo e os estoques de carbono nas profundidades de 0-100 cm, e o uso do solo com pastagens e agricultura nos biomas Cerrado e Caatinga, no sudoeste do Piauí, altera a composição das frações físicas da matéria orgânica do solo. Para entender melhor a influência das práticas de uso do solo responsáveis pela dinâmica do carbono no solo em profundidade, objetivou-se avaliar o efeito do uso do solo nos biomas Caatinga e Cerrado sobre os estoques de carbono e as frações granulométricas da matéria orgânica na profundidade de 0 a 100 cm.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Os Biomas Cerrado e Caatinga**

Segundo o IBGE (2004), os biomas Caatinga e Cerrado representam, juntos, uma área de, aproximadamente, 2,8 milhões de km<sup>2</sup> ou 35% do território brasileiro. Entretanto, os biomas estão entre os mais ameaçados, no Brasil, pelo uso e, principalmente, pelas atividades agropecuária e agricultura (RODRIGUES; MELO, 2017).

Na região do Piauí, o Cerrado ocupa uma área de 8,2 milhões de hectares, ou seja, 11% do território do Estado (EMBRAPA, 2014). O bioma apresenta propriedades físicas favoráveis à agricultura, além de alta taxa de infiltração, boa aeração e adequada quantidade de poros, dentre outros. Diante dessas características, o Estado oferece grande potencial agrícola. No Piauí, a Caatinga representa cerca de 28,4% da área total do Estado (SEMAR-PI, 2014). O bioma apresenta um imenso potencial que, de modo sustentável e bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento local e nacional (MMA, 2013). Na região do Piauí cerca de 665.377 hectares é ocupada pelo setor agrícola (IBGE, 2015). Segundo Cepro, (2015) a produção

agrícola do estado crescerá 18,68% equivalente a 3,27 milhões de toneladas. No ano agrícola de 2017 a 2018 a produção agrícola do estado foi de 4.321,5 mil toneladas (Conab, 2018). Dentre os produtos agrícolas mais exportados da região são: algodão, arroz, milho, sorgo e soja.

As pastagens plantadas no Piauí representam 185 mil hectares, sendo que 13% dessa área se encontra em degradação. Segundo o MMA (2015), o Cerrado apresenta 54,5% da área de sua vegetação natural preservada, sendo que os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins e Bahia são aqueles com maiores índices de preservação desse bioma. Ainda, foi revelado que 30% do Cerrado são ocupados, principalmente por pastagens, enquanto que a agricultura responde por apenas 8,5% do total. A Caatinga piauiense possui uma das maiores áreas de preservação brasileira, representando mais de 11% de seu território (SEMAR-PI, 2012).

## **2.2 Mudanças do Uso do Solo e Alterações nas Frações da Matéria Orgânica do Solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade do solo (GREGORICH *et al.*, 1994) e na produtividade agrícola (SMITH *et al.*, 2013). A matéria orgânica do solo é composta por frações que diferem na sua degradabilidade e nos fatores que controlam as taxas de decomposição (LI *et al.*, 2017; TIAN *et al.*, 2017).

O fracionamento físico envolve a separação da MOS em função do seu próprio tamanho ou de partículas às quais está associada. A separação, geralmente, é feita por peneiração e sedimentação (JAGADAMMA; LAL, 2010). A fração de tamanho areia ( $> 53\mu\text{m}$ ) corresponde à matéria orgânica particulada (MOP), a qual é caracterizada como partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estruturas celulares reconhecíveis e cuja permanência no solo está condicionada a proteção física desempenhada por agregados (DUXBURY; SMITH; DORAN, 1989).

A fração granulométrica de tamanho silte e argila ( $< 53\mu\text{m}$ ) corresponde à matéria orgânica associada aos minerais (COM). São separadas por sedimentação com aceleração centrífuga ou gravitacional, sendo definida como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando complexos organominerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (CHRISTENSEN, 1996; DICK *et al.*, 2008).

Os teores de matéria orgânica particulada (MOP) constituem indicadores sensíveis às alterações provocadas pelas práticas agrícolas e têm sido utilizadas para avaliar alterações de C no solo, em curto e médio prazos (LIMA *et al.*, 2008; ROUSSEAU *et al.*, 2013). Já C- associado aos minerais (COM) são menos afetados pelo sistema de manejo e uso do solo em curto período de tempo (SANTOS *et al.*, 2012), o que se deve ao fato de apresentarem, predominantemente,

material altamente decomposto e estabilizado principalmente por interações com partículas de minerais.

O fracionamento físico foi desenvolvido para a identificação e o estabelecimento dos diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo e suas funções nos mecanismos químicos, físicos e biológicos do solo. A partir dessa identificação, é possível avaliar, por exemplo, os impactos causados pelo uso e manejo inadequado nas propriedades do solo (TIVET *et al.*, 2013). Essa identificação é realizada através do índice de manejo de carbono (IMC), capaz de avaliar os impactos provocados pelos sistemas de uso e manejo do solo (BLAIR; LEFROY; LISLE, 1995). No entanto, os sistemas de manejo do solo mais sustentáveis (sistema de plantio direto) aumentam o índice de manejo do carbono para perto de 100, enquanto que os sistemas de manejo do solo que provocam impactos negativos ao solo (sistema convencional) diminuem o índice de manejo do carbono (CAMPOS *et al.*, 2013; CONCEIÇÃO *et al.*, 2014). Mudanças no uso da terra, com substituição da vegetação nativa por agricultura e pastagem, resultam em alterações nos teores de matéria orgânica, bem como nos seus compartimentos nos biomas Caatinga e Cerrado.

Diversos autores vêm relatando essas alterações: Magalhaes, Ramos e Weber (2016), estudando estoques de C em diferentes sistemas de cultivo no bioma Cerrado, relataram que nas camadas 0-10 e 10-20 cm o sistema sob pastagem estoca mais C ( $15 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) que o cerrado nativo ( $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); já Leite *et al.* (2010), analisando o sistema de plantio direto sob diferentes tempos de implantação e preparo convencional sobre atributos químicos e estoque de C de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado piauiense, evidenciaram que a implantação do sistema de plantio direto (SPD) melhorou os atributos químicos do solo, como também aumentou o estoque de carbono orgânico total (COT) e microbiano do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade.

Azevedo *et al.* (2007), estudando também solos do Cerrado, verificaram na camada de 0-5 cm maior estoque de C em solo sob SPD ( $7,72 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) comparativamente àqueles sob preparo convencional ( $5,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Leite *et al.* (2010), observando incremento progressivo do Est C ao longo do tempo, sob plantio direto (2, 4 e 6 anos) em um Latossolo Amarelo no Cerrado piauiense, relataram que o estoque de C foi maior em SPD ( $90 \text{ Mg ha}^{-1}$  Est C e  $21,9 \text{ g kg}^{-1}$  COT) quando comparado a floresta nativa ( $55,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  Est C e  $13,2 \text{ g kg}^{-1}$  COT) e ao preparo convencional ( $60,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  Est e  $15,0 \text{ g kg}^{-1}$  COT) na camada de 0-20 cm em seis anos de conversão.

Antunes *et al.* (2010), estudando o Latossolo na região de Caatinga na chapada do

Araripe, em Pernambuco, sob vegetação nativa encontraram valores médios de 17,7 Mg ha<sup>-1</sup> na camada 0-12 cm. Fracetto *et al.* (2012), comparando áreas de Caatinga nativa com áreas de plantio de mamona com diferentes tempos de implantação em solo sob Caatinga, obtiveram 93 Mg ha<sup>-1</sup> Est C (0-30 cm), já em solo sob plantio de mamona por 10 anos, os estoques de carbono foram de 39,8 Mg ha<sup>-1</sup> (0-30 cm). Sendo assim, e diante disso, podemos concluir que a mudança no uso da terra contribuiu para a perda de MOS. Sampaio e Costa (2011) estimaram estoques de C em diferentes usos da terra no Nordeste brasileiro ao considerarem reduções de 25 e 33% com a mudança na Caatinga para a agricultura (0-20 e 20-100 cm). Os estoques de C estimados foram de 100, 90, 80 e 70 Mg ha<sup>-1</sup> em áreas de Caatinga nativa, pasto nativo, pasto plantado e agricultura, respectivamente.

Corrêa *et al.* (2009) encontraram na camada 0-30 (23,2; 22,7; 17,9; 20,8 e 17,34 Mg ha<sup>-1</sup>) de estoque de C para uso de vegetação nativa, áreas abandonadas com regeneração da mata nativa, pastagem, agricultura e fruticultura, respectivamente. Com a retirada da mata nativa, houve perdas de 2, 23, 11 e 25% de C nas áreas abandonadas em regeneração, pastagem, culturas de ciclo curto e fruticultura, respectivamente.

Mittoni *et al.* (2017), analisando o fracionamento físico da matéria orgânica de um Latossolo no município de Pinhais, Paraná, com cultivo de milho no verão e nabo e aveia no inverno, encontraram na camada 0-20 cm a fração argila e silte apresentando maior capacidade de estocar C. Dessa maneira, conclui-se que a maior porcentagem de C está altamente ligada à fração menor que 53 µm, fração que está associada aos minerais, evidenciando a capacidade de interação organomineral da fração argila e silte, sendo uma das formas de estabilizar e proteger a matéria orgânica do solo. A porcentagem total de C (9,578%) no solo sem fracionamento físico foi menor em relação aos fracionados (C- 12,772%), sendo que, em média, foram encontrados 90 g kg<sup>-1</sup> de COAM e 20 g kg<sup>-1</sup> de COP.

Balin *et al.* (2017), avaliando as frações da matéria orgânica e índice de manejo do carbono de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso, encontraram valores médios para áreas com culturas anuais de manejo sob o sistema de plantio direto (2,64 e 6,08 Mg m<sup>-3</sup> e 1,23 e 4,88 Mg m<sup>-3</sup>), área com pastagem (2,48 e 5,33 Mg m<sup>-3</sup> e 2,20 e 5,11 Mg m<sup>-3</sup>), área com plantio florestal de eucaliptos (1,47 e 8,86 Mg m<sup>-3</sup> e 2,23 e 4,46 Mg m<sup>-3</sup>), área com floresta (4,84 e 1,79 Mg m<sup>-3</sup> e 2,71 e 3,78 Mg m<sup>-3</sup>) de MOP e COM nas camadas 0-5 e 20-40 cm, e o índice de manejo (21,15; 20,28; 9,57 e 100) na camada 0-5 cm (33,05; 67,53; 71,89 e 100), respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M. Floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas Caatinga. **TRIM**, v. 12, p. 11-20, 2017.

ANTUNES, P. D. *et al.* Distribuição de  $^{137}\text{Cs}$  em três solos representativos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 935-943, 2010.

AZEVEDO, D. M. P. *et al.* Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 32-40, 2007.

BALDOTTO, M. A. *et al.* Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 301-309, 2015.

BALIN, M. N. *et al.* Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos Físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 85-94, 2017.

BATISTA, I. *et al.* Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 797-809, 2014.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R.; LISLE, L. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Crop Pasture Sci**, v. 46, p. 1459-1466, 1995.

CAMPOS, L. P. *et al.* Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 304-312, 2013.

CEPRO. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. Governo do Estado do Piauí. **Conjuntura Econômica**: boletim analítico anual 2015. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/conjuntura.php>. Acesso em: 15 jun. 2018.

CHRISTENSEN, B. T. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: POWLSON, D. S.; SMITH, J. V. **Evaluation of soil organic matter models**. Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 143-159.

CONAB. Companhia de Nacional de Abastecimento: **Safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2018.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. Grazing land management and conversion into grazing land: effects of soil carbon. **Ecol. Appl.**, v. 11, p. 343-355, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C. *et al.* Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 794-800, 2014.

CORBEELS, M. *et al.* Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Sci Rep**, v. 6, p. 1-8, 2016.

CORREIA, R. M. *et al.* Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetros irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 305-314, 2009.

DICK, D. P. *et al.* Impacto da queima nos atributos químicos do solo, na composição da matéria orgânica e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v. 43, n. 5, p. 633-640, 2008.

DUXBURY, J. M.; SMITH, M. S.; DORAN, J. W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (eds.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. p. 69-95.

FRACETTO, F. J. C. *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio no solo Cultivado com mamona na caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1545-1552, 2012.

GREGORICH, E. G. *et al.* Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Can. J. Soil Sci.**, v. 74, p. 367-385, 1994.

HUNKE, P. *et al.* Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso Brazil. **Geoderma Reg**, v. 4, p. 31-43, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação, 2004**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 14 de abril 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Revela retrato do Brasil agrário, 2006**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticiascenso.html?busca=1&id=1&idnoticia=1464&t=censo-agro-2006-ibge-revela-retrato-brasil-agrario&view=noticia>. Acesso em: 14 de abril 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. **IBGE**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 1-83, jan. 2015.

JAGADAMMA, S.; LAL, R. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. **Biol Fertil Soil**, n. 46, p. 543-554, 2010.

KARP, D. S. *et al.* National indicators for observing ecosystem service change. **Glob. Environ. Chang.**, v. 35, p. 12-21, 2015.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v. 123, p. 1-22, 2004.

LEITE, L. F. C. *et al.* Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LI, C. *et al.* Elevational gradient affect functional fractions of soil organic carbon and aggregates stability in a Tibetan alpine meadow. **Catena**, v. 156, p. 139-148, 2017.

LIMA, A. M. N. *et al.* Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MGS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1053-1063, 2008.

MAGALHÃES, S. S. de A.; RAMOS, F. T.; WEBER, O. L. dos S. Carbon stocks of an Oxisol after thirty-eight years under different tillage systems. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 85-91, 2016.

MITTONI, R. V. *et al.* Fracionamento físico da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico típico pelo método de sonicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 22-29, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. **Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. **Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014-2015.

PRAGANA, R. B. *et al.* Atributos Biológicos e Dinâmica da Matéria Orgânica em Latossolos Amarelos na Região do Cerrado Piauiense Sob Sistema Plantio Direto. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 36, n. 3, p. 851-858, 2012.

RAMANKUTTY, N. *et al.* Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000, 2008.

ROCHA-JÚNIOR, P. R. *et al.* Can soil organic carbon pools indicate the degradation levels of pastures in the Atlantic forest biome. **J. Agric. Sci.**, v. 6, p. 84-95, 2014.



RODRIGUES, W.; MELO, J. A. Avaliação econômica de tecnologias de agricultura de baixo carbono em regiões de cerrado. **Igepec**, Toledo, v. 21, n. 1, p. 82-100, 2017.

ROUSSEAU, L. *et al.* Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecol. Indic.**, v. 27, p. 71-82, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, T. L. Estoques e Fluxos de Carbono no Semiárido Nordeste: Estimativas Preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1275-1291, 2011.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011.

SANTOS, D. C. dos *et al.* Agregação e proteção física da matéria orgânica em Planossolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 54-63, 2012.

SEMAR. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí. **Recursos Hídricos do Estado do Piauí**. Piauí, 2010.

SMITH, C. M. *et al.* Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to perennial biofuel crops. **Journal of Environmental Quality**, v. 42, p. 219-228, 2013.

SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T.; BLANDFORT, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal**, v. 4, p.334-350, 2010.

SOUZA, E. D. *et al.* Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

TEMESGEN, H. *et al.* A review of the challenges and opportunities in estimating above ground forest biomass using tree-level models. **Scand J For Res.**, v. 30, p. 326-335, 2015.

TIAN, J. *et al.* Response of soil organic matter fractions and composition of microbial community to ong-term organic and mineral fertilization. **Biol. Fertil. Soils**, v. 53, p. 523-532, 2017.

TIVET, M. *et al.* Assessing humification and organic C compounds by laser-induced fluorescence and FTIR spectroscopies under conventional and no-till management in Brazilian Oxisols. **Geoderma**, v. 207-208, p. 71-81, 2013.

## CAPÍTULO 2

### ESTOQUE DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS LATOSSOLOS SOB BIOMA CERRADO E CAATINGA

#### RESUMO

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Estoque de matéria orgânica dos Latossolos sob bioma Cerrado e Caatinga**. 2018. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Solos e Nutrição de Planta) – Universidade Federal do Piauí, PI <sup>12</sup>

A substituição da vegetação nativa por sistema agrícola pode levar a mudanças quantitativas e qualitativas da matéria orgânica e nos seus compartimentos. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos das mudanças de uso do solo de vegetação nativa para diferentes usos agrícolas (pastagem e agricultura) nos biomas Caatinga e Cerrado nas alterações dos teores de matéria orgânica e estoque de carbono dos Latossolos Amarelos no Sudoeste do Piauí. As amostras foram coletadas em duas áreas distintas: a primeira área, na Serra do Quilombo, situada no município de Bom Jesus e a segunda área, na localidade de Criuli, situada no município de Santa Luz em dois biomas (Cerrado e Caatinga) em três formas de usos do solo (mata nativa, pastagem e agricultura) constituídas de sete profundidades de coleta do solo no perfil (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm), com três repetições. Foram determinadas a matéria orgânica do solo (MOS) para, posteriormente, quantificar os estoques de carbono (Est C). A conversão de vegetação nativa por sistemas agrícolas com pastagem e agricultura nos biomas Caatinga e Cerrado aumentou teores de MOS. O uso do solo com pastagens e agriculturas nos biomas Caatinga e Cerrado afeta a distribuição vertical do C nas profundidades 0-100 cm. O uso do solo com agricultura, na Caatinga, e pastagem, no Cerrado, foram os sistemas que apresentaram maiores condições favoráveis à recuperação do C nosolo.

**Palavras-chave:** agricultura, mudança de uso do solo, pastagem, qualidade do solo.

---

<sup>1</sup> Orientador – Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-Orientador – Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

## CHAPTER 2

### ORGANIC MATTER STOCK IN LATOSOL IN CERRADO AND CAATINGA BIOME

#### ABSTRACT

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Organic matter stock in Latosols in Cerrado and Caatinga biome**. 2018.68p. Dissertation (Master Science in Agronomy – Plant and Soils Nutrition) – Universidade Federal do Piauí, PI<sup>12</sup>.

The replacement of native vegetation by farming system may result in quantitative and qualitative changes of the organic matter and its compartments. The objective of this study was to evaluate the effects of changes in soil use of native vegetation for different agricultural uses (pasture and agriculture) in the *Caatinga* (Brazilian dry forest) and *Cerrado* biomes on the changes in organic matter contents and carbon stock of Yellow Latosols in the Southwest of Piauí. The samples were collected in two distinct areas, the first area in Serra do Quilombo, located in the municipality of Bom Jesus, and the second area in the locality of Criuli, located in the municipality of Santa Luz in two biomes (Cerrado and Caatinga) and three forms of soil use (native forest, pasture and farming) with seven soil collection depths in the profile (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 and 80-100 cm) with three replicates. This study determined soil organic matter (SOM) for a further quantification of carbon stocks (Est C). The conversion of native vegetation by farming systems with pasture and agriculture in the Caatinga and Cerrado biomes increased SOM levels. Soil use with pasture and agriculture in the Caatinga and Cerrado biomes affects the vertical distribution of C in the 0-100 cm depths. The use of the soil with farming in the Caatinga and pasture in the Cerrado, were the systems of use of the soil that presented the best conditions that promote the recovery of the C in the soil.

**Key-words:** farming; pasture; soil use change; soil quality.

---

<sup>1</sup> Adviser – Professor Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-adviser – Professor Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agrícolas na região do Piauí são caracterizados por intensivos e frequentes revolvimentos do solo (PRAGANA *et al.*, 2012). Diante disso, a elevada expansão agrícola nesse Estado, submetida ao uso de fertilizantes e maquinários, levantou preocupação sobre os impactos provocados pela mudança do uso da terra para ambientes agrícolas (FU *et al.*, 2015). A matéria orgânica do solo apresenta um papel fundamental na atividade agrícola dos biomas Caatinga e Cerrado, então, quantificar a matéria orgânica e seus estoques de carbono são importantes para fornecer subsídios para o melhor uso e manejo agrícola, a fim de reduzir os impactos causados pelo uso da agricultura e, principalmente, em solos de baixa aptidão agrícola.

Apesar do aumento significativo de instituições, pesquisadores e projetos de pesquisas desenvolvidas no Nordeste brasileiro, ao longo dos tempos, dados ou artigos relacionados aos estoques de carbono, com suas frações e compartimentos em solos na região de estudo, principalmente nos biomas Cerrado e Caatinga, são escassos. Além disso, as poucas informações disponíveis são provenientes de trabalhos realizados com protocolos variados, sendo a grande maioria apenas nas camadas superficiais do solo (0-40 cm). No entanto, vários pesquisadores no Brasil e no mundo relataram que a mudança do uso da terra causa perdas da matéria orgânica do solo (MARCHÃO *et al.*, 2009; SIQUEIRA-NETO *et al.*, 2010; ZOTARELLI *et al.*, 2012; SALTON *et al.*, 2014; CORBEELS *et al.*, 2016; SANT-ANNA *et al.*, 2017; COSER *et al.*, 2018; GMACH *et al.*, 2018).

Costa Júnior *et al.* (2011), comparando estoque de C na vegetação nativa e pastagem, observaram que a vegetação natural apresentou 46,34 Mg ha<sup>-1</sup> e a pastagem 37,08 Mg ha<sup>-1</sup> na camada 0-20 cm em solos de Cerrado, respectivamente. A diminuição do estoque de C no uso com pastagem pode ser atribuída à baixa produtividade da gramínea, indicando que a adição insuficiente de resíduos vegetais levou ao declínio do estoque de C no solo. Contrariando o estudo realizado por Costa Júnior *et al.* (2011), Magalhães, Ramos e Weber (2016), estudando solos sob o mesmo sistema de uso, observaram para o uso do solo com pastagem 15 Mg ha<sup>-1</sup> estoque de C e para o Cerrado nativo, 10 Mg ha<sup>-1</sup> estoque de C, na camada 0-20 cm. Fracetto *et al.* (2012), comparando áreas de Caatinga nativa com áreas de plantio de mamona com diferentes tempos de implantação, em solo sob Caatinga, obtiveram 93 Mg ha<sup>-1</sup> Est C (0-30 cm), já em solos sob plantio de mamona, por 10 anos, os estoques de carbono foram de 39,8 Mg ha<sup>-1</sup>(0-30 cm). Os estoques de carbono, nessa área, diminuíram no decorrer do tempo de implantação da cultura.

Esse estudo testou a hipótese de que o uso intensivo do solo com agricultura e pastagens altera a matéria orgânica do solo e os estoques de carbono nas profundidades de 0-100 cm. Sendo assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos das mudanças de uso do solo de vegetação nativa para diferentes usos agrícolas (pastagem e agricultura) nos biomas Caatinga e Cerrado nas alterações dos teores de matéria orgânica e estoque de carbono de Latossolos Amarelos no Sudoeste do Piauí.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

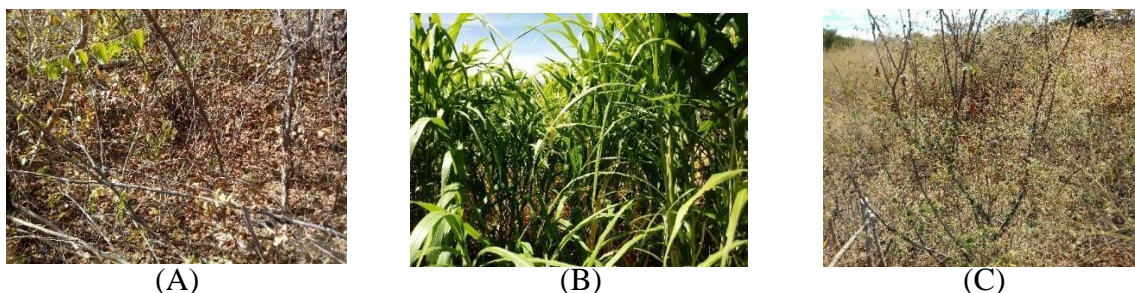
### 2.1 Localização das Áreas de Estudo

O estudo foi realizado em dois locais do Estado de Piauí (Brasil), sendo um na Serra Quilombo ( $9^{\circ}16.747'S$   $44^{\circ}52.415'O$ ), com altitude de 660 m, situada no município de Bom Jesus, sob o domínio do bioma Cerrado, e outro na localidade de Crioli, no município de Santa Luz ( $08^{\circ} 57' 14'' S$   $44^{\circ} 07' 46'' W$ ), com altitude de 345 m, sob o domínio do bioma Caatinga, localizados na região semiárida piauiense.

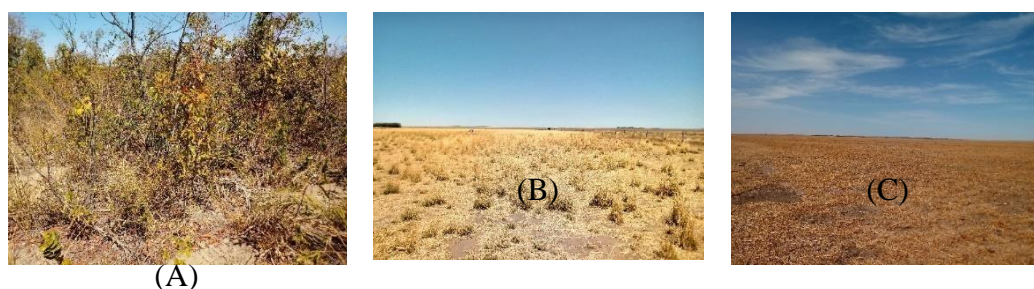
Os solos das áreas estudadas foram classificados como Latossolo Amarelo Distrófico. A região possui duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, que engloba os meses de outubro a maio, e a outra seca, que vai de junho a setembro. O clima semiárido e quente do tipo Aw (Köppen), com temperatura média de  $26,5^{\circ}C$ , e precipitação média anual de 1.200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo de janeiro a março o trimestre mais chuvoso (SILVA-FILHO; LIMA; FERREIRA, 1994).

### 2.2 Descrição das Áreas de Estudo

Para o estudo, foram selecionados dois biomas (Cerrado e Caatinga) e três formas de uso do solo: mata nativa, pastagem e agricultura (figuras 1 e 2). Em cada área selecionada, em função das formas de uso, foram coletadas amostras de solo em sete profundidades na trincheira (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com três repetições, totalizando 126 amostras. A Tabela 1 apresenta o histórico de uso do solo das áreas em estudo.



**Figura 1.** Área de coleta de solo sob bioma Caatinga: (A) Caatinga preservada; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.



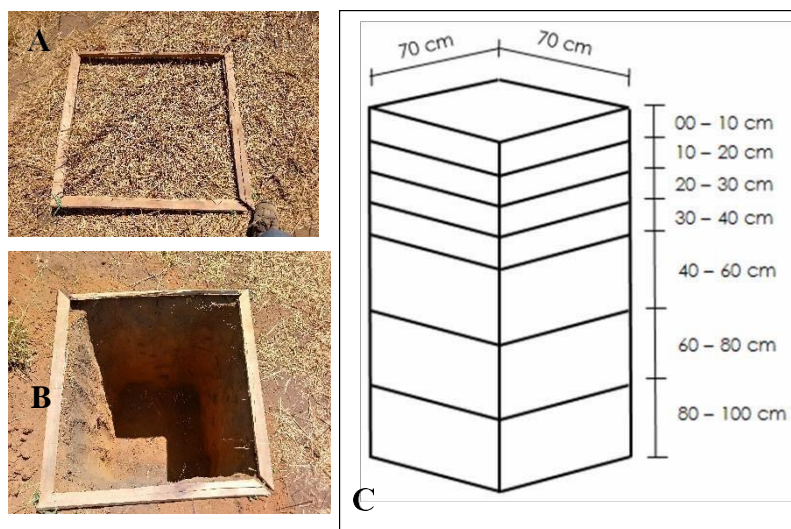
**Figura 2.** Área de coleta de solo sob bioma Cerrado: (A) Cerrado preservado; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.

**Tabela 1.** Histórico e descrição das áreas experimentais em Latossolo Amarelo Distrófico no Cerrado e Caatinga piauiense.

Sistema de manejo e uso do solo	Histórico
<b>Cerrado Nativo</b>	Composta por plantas de porte arbóreo e arbustivo-arbóreo. As principais espécies encontradas nas áreas são: <i>Plathymenia reticulata</i> (pau-de-candeia), <i>Simarouba versicolor</i> , <i>Qualea grandiflora</i> (Pau-terra), <i>Copaifera langsdorffii</i> (Copaíba), etc.
<b>Pastagem</b>	Área desmatada em 1999, e, no ano de 2000, foi aplicada 1 tonelada e meia de calcário dolomítico utilizando subsolagem. Nos anos agrícolas de 2002/2005, foram utilizados 100 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 100 kg ha <sup>-1</sup> K na linha do plantio, distribuídos antes do plantio da soja. Nos anos agrícolas de 2006/2007, foram usados 400 kg ha <sup>-1</sup> de superfosfato simples (08-24-12) na linha do plantio, para o plantio de milho. Em 2008/2011, foi realizado o plantio de soja. No ano de 2012, foi aplicada mais 1 tonelada e meia de calcário superficialmente. Em 2014, foi realizado plantio de pasto ( <i>Panicum maximum</i> cv. Massai).
<b>Agricultura</b>	Área desmatada em 1999, e, no ano de 2000, foi aplicada 1 tonelada e meia de calcário dolomítico utilizando subsolagem. Nos anos agrícolas de 2002/2003, foram usados 400 kg/ha de superfosfato simples (08-24-12) e 100 kg ha <sup>-1</sup> de N antes do plantio do milho. Em 2004, aplicaram-se mais 2 toneladas de calcário dolomítico. Nos anos agrícolas de 2004/2005, foi realizado o plantio de soja. Em 2006, aplicaram-se mais 2 toneladas de calcário. Nos anos agrícolas de 2012/2013, foi realizado o plantio de milho + braquiária. Entre 2014/20017, foi realizado o plantio de soja.
<b>Caatinga nativa</b>	Composta por plantas de porte arbóreo e arbustivo-arbóreo. As principais espécies encontradas nas áreas são: <i>Mimosa hostilis Benth</i> (Jurema), <i>Miconia albicans</i> (caneva de velho), <i>Combretum duarteanum Cambess</i> (vaqueta), <i>Acacia glomerosa Benth</i> (espinho preto), etc.
<b>Agricultura</b>	Área desmatada em 2011. Entre 2012/2013, plantio de milho e feijão. No ano de 2014 foi realizado o plantio de mandioca. Em 2016, plantio de milho.
<b>Pastagem</b>	Área desmatada em 2013. No ano de 2015 foi realizado o plantio do pasto ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach – capim elefante). Área irrigada, irrigação por aspersão. Não utilizou nenhum fertilizante químico.

### 2.3 Amostragem do Solo

As amostras de solos foram realizadas em trincheira aberta nos locais pré-identificados de 0,7 × 0,7 m, com profundidade de 1 m. Foram coletadas as amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (FIGURA 3).

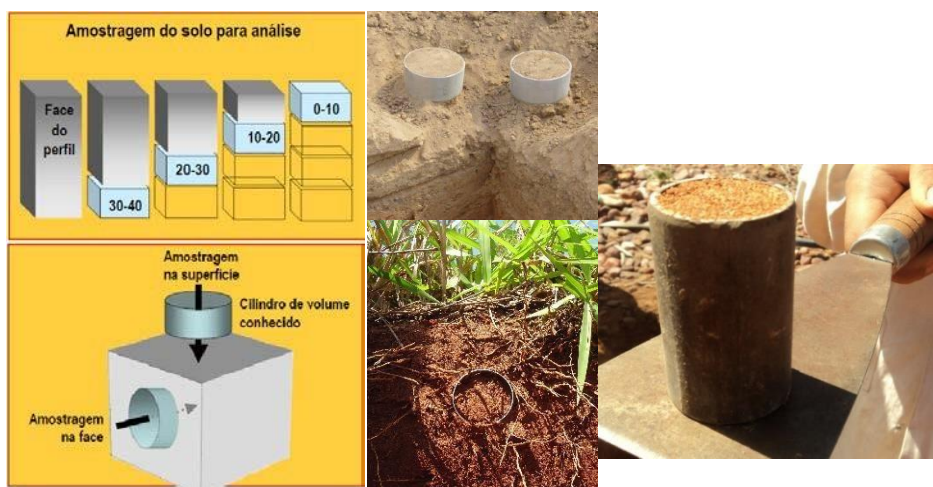


**Figura 3.** Trincheira para coleta de amostras de solo. (A) Gabarito para marcação da trincheira; (B) Trincheira de 0,7 x 0,7 x 1m; (C) Detalhe da estratificação do perfil do solo em camadas para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo. Fonte: Vasconcelos, 2017.

As amostras coletadas foram de dois tipos: amostras deformadas indeformadas (FIGURA 4). Antes da abertura da trincheira, foi realizada a limpeza da área em que as amostras de solo foram coletadas para a determinação da densidade do solo de cada camada amostrada com três repetições, utilizando-se o método do anel volumétrico, descrito em EMBRAPA (1997).

As amostras indeformadas foram secas em estufa a 105°C por 72 horas para posterior determinação da massa. Já as amostras deformadas de solo foram secas ao ar e, inicialmente, passadas em peneira de 2 mm para posteriores análises das frações físicas do solo, e em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para determinação dos teores de C. As análises de C foram realizadas por meio de auto analisador de C – LECO, modelo CHN 600, na Embrapa Solos – Rio de Janeiro.





**Figura 4.** Coleta de amostras indeformadas de solo pelo método do anel volumétrico. Fonte: Jesus *et al.* (2016).

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi, então, determinada pela equação:

$$D_s = m / V$$

Onde:

$D_s$  é a densidade solo ( $\text{g cm}^{-3}$ );

$m$  é a massa do solo seco a  $105^\circ\text{C}$  por 72 horas (g); e,

$V$  é o volume do cilindro utilizado para obtenção das amostras indeformadas de solo ( $\text{cm}^{-3}$ ).

#### 2.4 Processamento das Amostras Deformadas

As amostras de solo foram preparadas no Laboratório de Matéria Orgânica da Universidade Federal da Paraíba, Campus-Areia. Os torrões maiores foram quebrados manualmente e, em seguida, fez-se o revolvimento da amostra para agilizar a secagem. As amostras foram secas a  $40^\circ\text{C}$  em estufas com circulação de ar. A temperatura de secagem não excedeu a  $40^\circ\text{C}$ , pois temperaturas mais elevadas poderiam acarretar alterações nos teores de carbono, dentre outros elementos. Após a moagem, as amostras foram passadas em peneira com malha de 2 mm e, posteriormente, determinadas as concentrações de COT. As determinações se deram pelo método da combustão seca, utilizando-se um analisador elementar CHN.

### 2.4.1 Análise das amostras de solo

#### *Cálculo dos estoques de C do solo*

Os estoques totais de COS ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) para cada profundidade amostrada foram calculados utilizando-se a massa de solo equivalente ajustada à espessura do solo, como descrito por Ellert, Janzen e McConkey (2001) para correção dos erros introduzidos em virtude da variação na densidade do solo ( $D_s$ ). Desta maneira, os estoques totais foram calculados pela seguinte equação (1):

$$\text{Estoque COS (Mg ha}^{-1}\text{)} = C_{\text{conc.}} * D_s * E * 10 \quad (1)$$

Onde:

$C_{\text{conc.}}$  = concentração de C ( $\text{kg Mg}^{-1}$ );

$D_s$  = densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ); e,

$E$  = espessura da camada.

#### *Cálculo da matéria orgânica do solo*

$$\text{Matéria orgânica (g kg}^{-1}\text{)} = C \text{ (g kg}^{-1}\text{)} \times 1,724$$

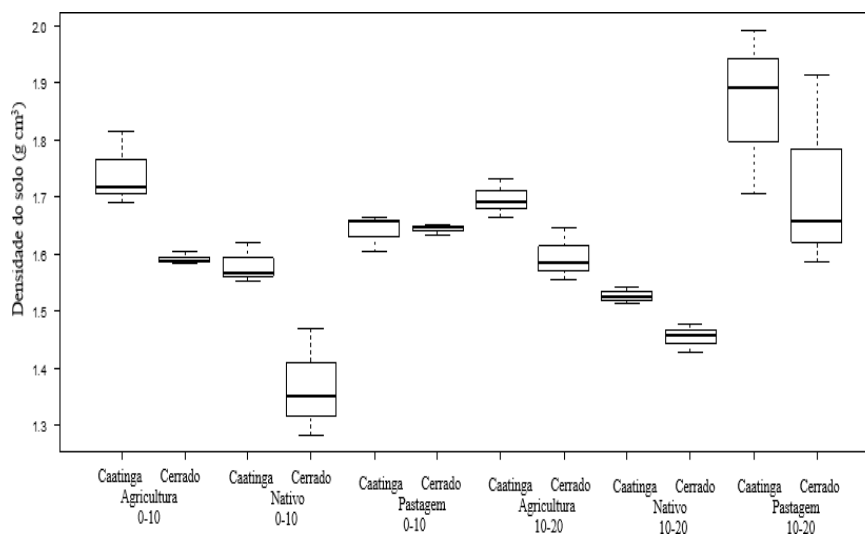
## 2.5 Análises Estatísticas

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar se os dados de matéria orgânica, carbono orgânico total e estoques de carbono do solo seguiam uma distribuição normal. Todos os dados foram transformados em raiz quadrada previamente às análises estatísticas e apresentados nas figuras e tabelas na sua escala normal. Para avaliar as diferenças existentes entre os compartimentos da matéria orgânica nos solos dos biomas Caatinga e Cerrado foi empregado o teste t pareado.

Já para investigar as diferenças existentes entre os compartimentos da matéria orgânica no solo entre os biomas, os manejos e a profundidade foi empregada uma ANOVA *three-way*. Em cada bioma, separadamente, foi realizada uma ANOVA *two-way* para investigar a distribuição vertical de C em diferentes profundidades dentro de cada manejo adotado. Os resultados foram apresentados em *box-plot* para melhor visualização da distribuição dos dados. Para a realização do teste t, da ANOVA (*two* e *three-way*) e dos *box-plots*, foram usados os pacotes “stats” e “ggplot2” do *software* livre R studio.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No bioma Caatinga observou-se uma densidade do solo (Ds) maior que no bioma Cerrado. Diferenças significativas ( $F_{1,2} = 9,75$ ,  $p \leq 0,05$ ) entre os biomas (Caatinga e Cerrado) e sistema de usos do solo (vegetação nativa, agricultura e pastagem) foram encontrados, consoante Figura 5.

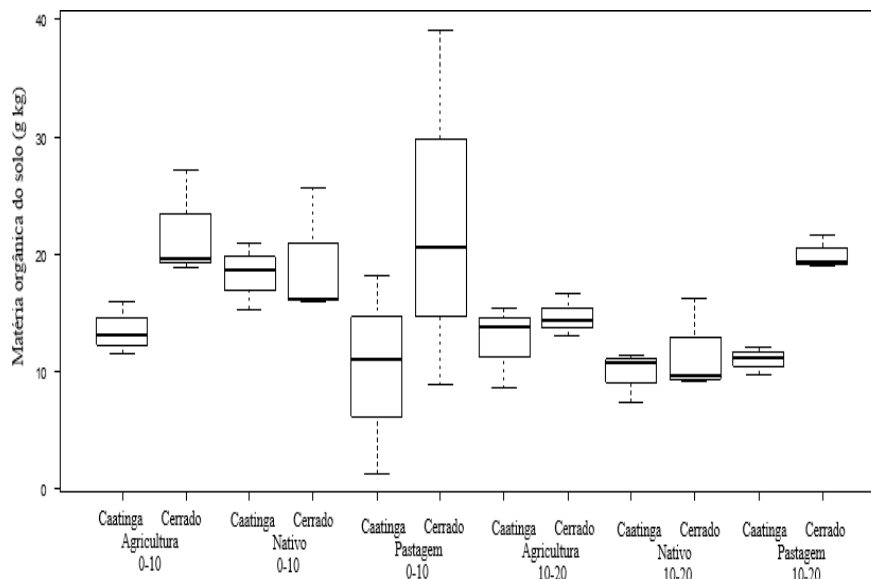


**Figura 5.** Densidade do solo (Ds) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três sistemas de uso do solo (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Os maiores valores de Ds foram observados no uso do solo com agricultura e pastagem no bioma Caatinga, 1,7 e 1,9 g cm<sup>3</sup> respectivamente. Esse efeito negativo é resultado do tráfego de máquinas (agricultura) e do pisoteio de animais em sistema de uso com pastagem, os quais atuam diretamente sobre a estrutura física do solo (MION *et al.*, 2012). Os menores valores de Ds foram encontrados nas áreas com vegetações nativas.

O sistema de plantio direto adotado na área do Cerrado, sob o uso do solo com agricultura, pode ter contribuído para os menores valores de Ds. Na pastagem do Cerrado, o uso da braquiária, que possui um sistema radicular bem desenvolvido que favorece a agregação do solo e um maior acúmulo de matéria orgânica pelo sistema radicular das plantas, causa um aumento na porosidade do solo e, conseqüentemente, uma redução nos valores de Ds. Segundo Mendonça *et al.* (2013) e Costa *et al.* (2015), a rotação de culturas, principalmente com o consórcio do milho com espécies forrageiras, pastagem (braquiária) e cultura da soja, obteve uma melhoria na qualidade dos atributos físicos do solo.

A conversão de vegetação nativa para sistemas agrícolas nos biomas Caatinga e Cerrado induziu o aumento de teores de matéria orgânica do solo (MOS) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de profundidades, respectivamente (FIGURA 6).

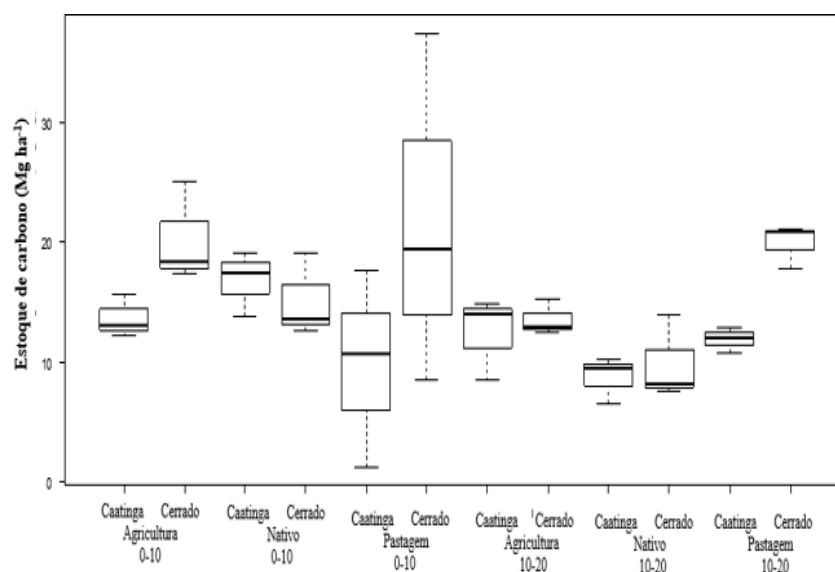


**Figura 6.** Matéria orgânica do solo (MOS) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Nas profundidades 0-10 e 10-20 cm os maiores valores de MOS foram observados no bioma Cerrado sob o uso do solo com agricultura e pastagem. O uso do solo com pastagens e agricultura, tanto no bioma Caatinga como no Cerrado, apresentou valores superiores aos das vegetações nativas. Independentemente dos biomas, o uso do solo com pastagens apresentou os maiores teores de MOS do que nos demais usos, e isso se deve, possivelmente, a vários fatores, sendo um deles a alta produção de biomassa e ao efeito de proteção da matéria orgânica pela argila desses solos associadas às boas práticas de manejo.

Segundo Gazolla *et al.* (2015), o consórcio do milho com a braquiária propiciou a deposição de resíduos de vegetais com degradação mais lenta, favorecendo maiores aportes de matéria orgânica pelo sistema radicular das culturas. Já para Guareschi, Pereira e Perin (2012) e Loss *et al.* (2013), é visível que, em razão do tempo de implantação, o SPD em culturas anuais promove vários benefícios ao solo, tais como o aumento da matéria orgânica, melhorando seus atributos físicos e químicos.

A mudança do uso do solo por sistemas agrícolas aumentou os estoques de carbono no solo nos dois biomas em estudo (FIGURA 7).



**Figura 7.** Estoque de carbono (Est C) sob os biomas Caatinga e Cerrado e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Na profundidade de 0-10 cm, nas vegetações nativas do Cerrado e Caatinga, havia um estoque de  $15,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  à  $16,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$ , respectivamente. O uso do solo com agricultura e pastagens no Cerrado estocou mais carbono do que na Caatinga com os mesmos usos, tendo sido encontrados  $20,2$  e  $21,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  a  $13,6$  e  $9,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$ , respectivamente. Na profundidade de 10-20 cm, o estoque de C na vegetação nativa foi de  $8,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  e  $9,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  na Caatinga e Cerrado, correspondendo a um estoque acumulado de  $25,5$  e  $25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  na profundidade 0-20 cm; ambos os estoques das vegetações nativas apresentaram valores de estoque semelhantes. De acordo com Leite *et al.* (2013), a vegetação nativa é atribuída ao elevado aporte de resíduos, além das menores taxas de mineralização em ambientes não modificados pelo homem.

Na profundidade de 0-20 cm, o estoque de C nos sistemas com agricultura e pastagens nos biomas Caatinga e Cerrado variou de  $26,1$  e  $21,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$  a  $35,8$  e  $41,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$ , respectivamente. Contudo, os estoques de C foram alterados com a conversão da vegetação nativa nos dois biomas em estudos. De maneira geral, a pastagem no Cerrado superou todos os sistemas de usos adotados nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A implantação de pastagens representa um uso típico na região do Cerrado do Estado do Piauí. Maia *et al.* (2009), os usos do solo com pastagens podem aumentar os níveis de matéria orgânica no solo, podendo atingir semelhanças ao da vegetação original. A pastagem apresenta, assim, grande capacidade de produção de biomassa quando são bem manejadas, melhorando o acúmulo de MOS,

principalmente nas camadas superficiais do solo (0-30 cm), além da sua numerosa quantidade de raízes quando comparada com a agricultura (soja e milho).

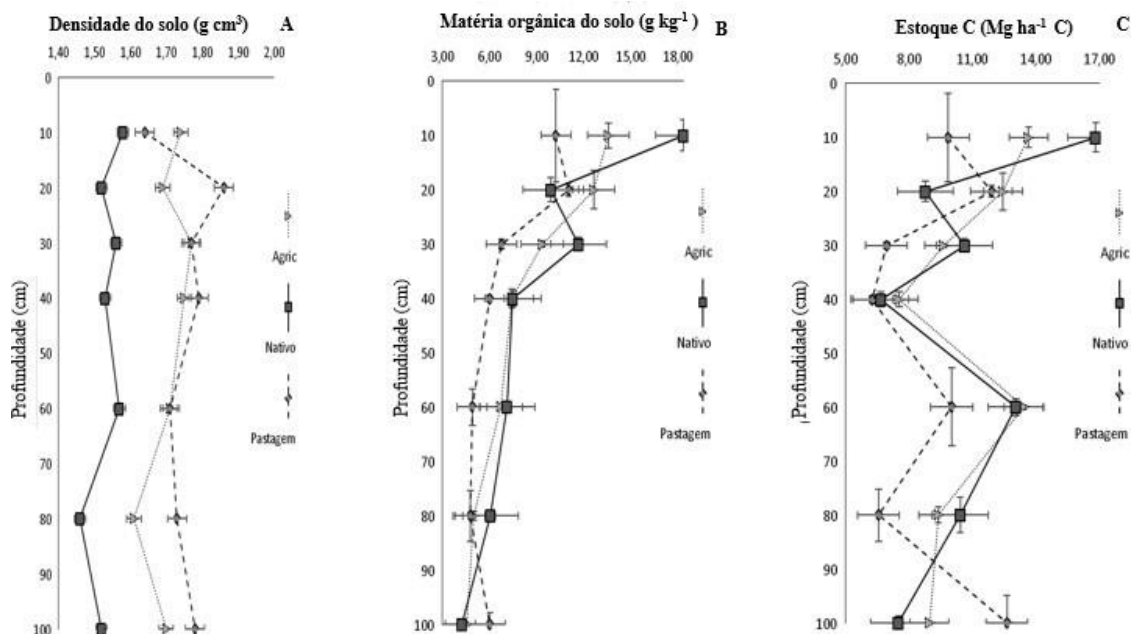
Em nosso estudo, a pastagem no Cerrado apresentou maiores estoques de C. O maior acúmulo de C no Cerrado foi resultado da deposição de resíduos de gramíneas e a rotatividade do sistema radicular, além da não perturbação do solo que preserva os resíduos orgânicos na superfície do solo (GMACH *et al.*, 2018).

### 3.1 Distribuição Vertical do C na Caatinga

A densidade do solo (Ds) foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior nos sistemas de usos do solo em todas as profundidades amostradas de 0 a 100 cm (FIGURA 9A). Os maiores valores de Ds foram encontrados na área com pastagem, e os menores valores na vegetação nativa. A compactação do solo em ambientes naturais é menor devido ao seu alto teor de MOS, além da diversidade de plantas presente na superfície do solo (FERREIRA *et al.*, 2016) (FIGURA 9B).

O incremento na Ds causada pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, pisoteio de animais e redução da MOS tem sido relado por diversos autores em sistemas com pastagem (OLIVEIRA; SEVERIANO; MELLO, 2007; SEVERIANO *et al.*, 2009; SALES *et al.*, 2010). Segundo Rocha Júnior *et al.* (2014), o uso do solo com pastagem altera a densidade do solo, ocasionado pelo pisoteio dos animais, provocando compactação do solo, além de contribuir para uma redução na macroporosidade, aumentando a Ds e reduzindo a infiltração de água. Calonego *et al.* (2012) relataram que, normalmente, os solos naturais, ou seja, sem ação antrópica, apresentam menores valores de densidade do solo e maiores volumes de poros.

Independentemente dos sistemas de usos, a Ds do solo aumenta com o avanço da profundidade. Freitas *et al.* (2018) afirmaram que a densidade do solo aumenta com o aumento da profundidade causada por pouca matéria orgânica nas camadas subjacentes, menor agregação, menor penetração das raízes, maior compactação ocasionada pelo volume das camadas sobrejacentes, diluição da porosidade total devido a eluviação e argila. Os menores valores de Ds foram encontrados na superfície do solo em todos os tratamentos. De acordo com Denardin *et al.* (2014), na superfície do solo há um maior acúmulo de biomassa proporcionado pelas diferentes espécies vegetais que favorecem os menores valores de Ds.



**Figura 8.** A – Distribuição vertical da densidade do solo (Ds); B – Matéria orgânica do solo (MOS); C – Estoque de carbono (Est C) em Latossolos Amarelos sob o bioma Caatinga e três formas de uso do solo (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

A conversão da vegetação nativa para sistemas agrícolas provocou reduções nos teores de matéria orgânica do solo nas profundidades de 0-100 cm, exceto na profundidade 10-20 cm (FIGURA 9B).

Em todos os tratamentos observados, os teores de MOS foram menores nas camadas mais profundas, mas as diferenças entre os sistemas agrícolas diminuíram com a profundidade. Analisando os teores de MOS em profundidades nos sistemas agrícolas, o uso do solo com agricultura apresenta os maiores teores de MOS, exceto na profundidade de 80-100 cm. Na agricultura, a adoção de rotação de cultura na área (milho, feijão e mandioca) (TABELA 1), além da ausência do revolvimento do solo e a permanência dos resíduos culturais na superfície contribuíram para os incrementos nos teores de matéria orgânica do solo.

Nascente *et al.* (2014), estudando os atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas, concluíram que as rotações de culturas utilizadas nos diferentes manejos de solo sob plantio direto proporcionaram melhoria da fertilidade do solo, com valores de matéria orgânica iguais ou superiores aos teores iniciais. Segundo Loss *et al.* (2013), é provável que, em razão do tempo de implantação da cultura, a rotação de culturas anuais promove benefícios ao solo, tais como o aumento da matéria orgânica

do solo melhorando os atributos físicos, químicos e biológicos (BEUTJER *et al.*, 2015). Na pastagem, a ausência do manejo, o pastoreio intensivo e as condições climáticas da região – com temperaturas médias de 26,5°C –, aliadas às práticas da irrigação, favorecem a rápida mineralização do material orgânico (TABELA 1).

Os estoques de C do solo apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos sistemas de usos do solo (FIGURA 9C). Na camada de 0-30 cm, a vegetação nativa acumulou 36,4 Mg ha<sup>-1</sup> C. Nos sistemas agrícolas, as variações foram de 35,7 e 28,6 Mg ha<sup>-1</sup> C para agricultura e pastagem, respectivamente. (FIGURA 9C). A vegetação nativa estocou mais C que os sistemas agrícolas na profundidade de 0-30 cm. Consoante Leite *et al.* (2013), os maiores estoques de C na vegetação nativa estão condicionados às quantidades elevadas de resíduos vegetais, proporcionados pelas plantas e menores taxas de mineralização, principalmente pelo não revolvimento do solo.

Na profundidade de 30-60 cm, a vegetação nativa favoreceu o estoque de 30,3 Mg ha<sup>-1</sup> C, correspondendo a um estoque acumulado de 66,7 Mg ha<sup>-1</sup> C na camada 0-60 cm. Na profundidade de 0-60 cm, o uso do solo com agricultura e pastagem estocaram 66,2 e 51,8 Mg ha<sup>-1</sup> C, respectivamente. Estudos parecidos (BARROS; CHAVES; PEREIRA, 2015) encontraram, para diferentes sistemas de manejo (vegetação nativa e agricultura), uma variação nos estoques de 35,1 para 46,4 Mg ha<sup>-1</sup> C para uma profundidade de solo de 0-40 cm.

Na profundidade de 60-100 cm, um acúmulo de 30,8 Mg ha<sup>-1</sup> foi observado na vegetação nativa acumulando um estoque total de 97,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Entre os sistemas de usos agricultura e pastagem, as variações foram de 31,7 e 29,9 Mg ha<sup>-1</sup>, acumulando 101,9 e 80,4 Mg ha<sup>-1</sup> nas profundidades de 0-100 cm, respectivamente.

O uso do solo com agricultura estocou mais C que pastagem e vegetação nativa nas profundidades 0-100 cm. De maneira geral, a conversão da Caatinga nativa proporcionou um aumento nos estoques de carbono na área com agricultura. Esses maiores valores de MOS na agricultura estão atribuídos a rotação de culturas (plantio de milho, feijão e mandioca) na área (TABELA 1). De acordo com Silva *et al.* (2007), a rotação de culturas produz quantidades elevadas de resíduos culturais do solo e são essenciais para garantir a sustentabilidade agrícola.

No entanto, esse incremento não ocorreu na área com pastagem, sendo que a conversão reduziu 17,53% do estoque total da pastagem. Para todos os tratamentos, os maiores valores de estoques de C foram encontrados nas camadas superficiais do solo, exceto para pastagem na profundidade de 80-100 cm. Segundo Gazolla, Guareschi e Perin (2013), o estoque acumulado nas camadas profundas do solo pode ser explicado pelos menores efeitos dos fatores climáticos, pelas características intrínsecas do resíduo e pela menor perturbação do solo. Ferreira *et al.*



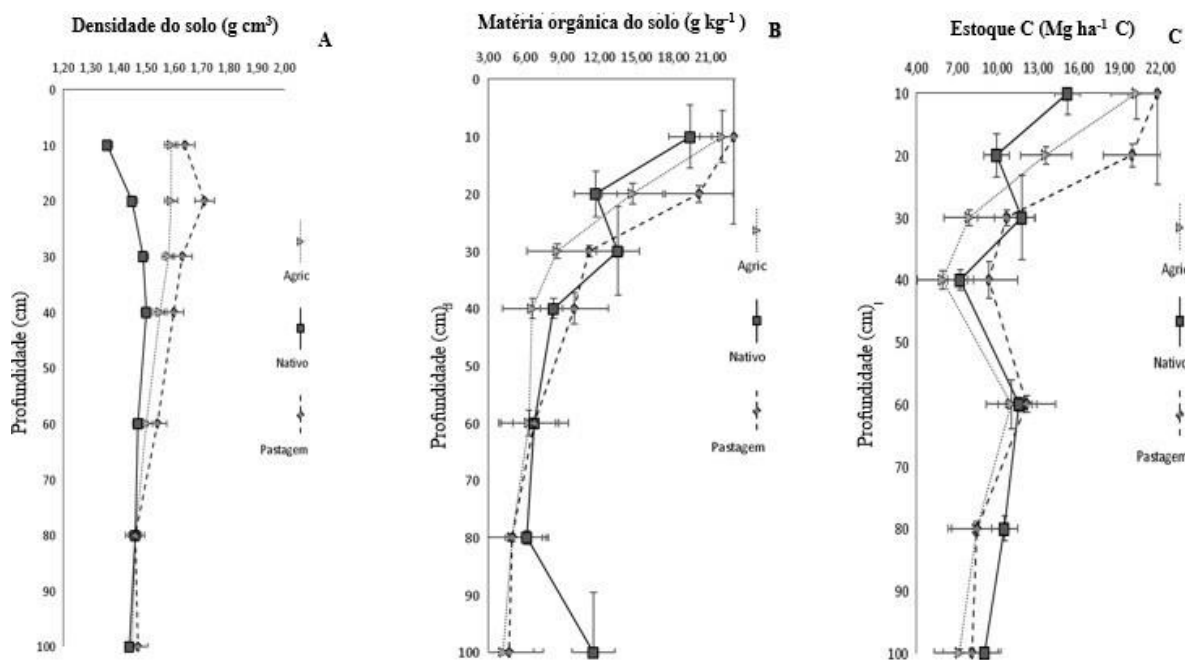
(2016), estudando estoques de carbono há 31 anos com substituição da vegetação nativa para sistemas agrícolas, concluíram que, em decorrência do aumento das profundidades, há uma diminuição nos estoques de C no solo.

### **3.2 Distribuição Vertical do C no Cerrado**

Em todos os tratamentos agrícolas, a densidade do solo (Ds) foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que a vegetação nativa do Cerrado a uma profundidade de 0-100 cm. A mudança no uso do solo realizado nas áreas contribuiu para a compactação do solo, provavelmente pelo uso de maquinário agrícola nas lavouras, semeadura e colheita e pelo uso intensivo (TABELA 1) (MENTGES *et al.*, 2010) que ocasionam maior pressão no solo.

Nos sistemas agrícolas, o uso do solo com pastagem apresentou maiores valores de Ds e menores na área com agricultura, sendo que os maiores valores de Ds foram observados nas primeiras profundidades do solo. Ao contrário do nosso estudo, Wendling *et al.* (2012) não encontraram diferenças significativas em Ds em áreas de vegetação nativa do Cerrado e pastagem.

Na área com agricultura, os menores valores de Ds podem estar relacionados a técnica utilizada com subsolagem na área (TABELA 1). Essa técnica é muito utilizada na região por que melhora as condições físicas, proporcionando benefícios na infiltração de água, disponibilidade de nutrientes, redução da resistência do solo à penetração radicular e na aeração, além da descompactação do solo.



**Figura 9.** A – Distribuição vertical da densidade do solo (Ds); B – Matéria orgânica do solo (MOS); C – Estoque de carbono (Est C) em Latossolos Amarelos sob o bioma Cerrado e três formas diferentes de uso (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades de 0-10, 10- 20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

A transformação de ambiente natural em sistema agrícola induziu no aumento de teores de matéria orgânica do solo nas profundidades de 0-100 cm (FIGURA 10B). Nos sistemas agrícolas, os maiores teores de MOS foram encontrados na área com pastagem. Nas camadas 0-10 e 10-20 cm, os teores de MOS foram de 22,8 e 20,0 Mg ha<sup>-1</sup> C a 21,9 e 14,6 Mg ha<sup>-1</sup> C para pastagem e agricultura, respectivamente. A MOS na vegetação nativa foi de 19,3 e 11,7 Mg ha<sup>-1</sup> C. A conversão da vegetação nativa nas camadas de 0-20 cm proporcionou um aumento 18,3 e 70,9% e 21,9 e 24,7% na pastagem e agricultura, respectivamente.

Nas profundidades de 40-60 e 60-80 cm houve pouca variação nos teores de MOS para os sistemas agrícolas de 6,7 e 4,9 Mg ha<sup>-1</sup> C a 6,3 e 4,9 Mg ha<sup>-1</sup> C para pastagem e agricultura, respectivamente. No entanto, esses valores foram semelhantes ao da vegetação nativa, mostrando equilíbrio entre os sistemas de uso do solo. Na profundidade de 80-100 cm não houve diferença significativa entre os sistemas agrícolas, porém a vegetação nativa do Cerrado aumentou os teores de MOS na camada de 80-100 cm.

No geral, o uso do solo com pastagem elevou os teores de MOS do solo. Esse resultado está atribuído ao maior efeito da complexação de Al<sup>3+</sup> (calagem, TABELA 1) proporcionada pelos compostos orgânicos resultantes do maior teor de matéria orgânica nas camadas

superficiais do solo. O alto teor de MOS encontrado na área com pastagem está de acordo com Kluthcouski, Stone e Aidar (2003), que concluíram que os solos sob pastagem (braquiária) possuem altos teores de matéria orgânica, sendo superiores aos solos do Cerrado nativo nas camadas mais profundas do solo. Na área com agricultura, o tempo de implantação do sistema de plantio direto (TABELA 1), além das condições climática da região, com verão quente com temperaturas médias acima de 26,5°C e precipitação média anual de 1.200 mm, favoreceram a rápida mineralização da MOS.

Segundo Matias *et al.* (2009), os solos do Cerrado apresentam umidade e temperatura altas, a maior parte do ano, o que é responsável pela aceleração no processo de decomposição da MOS. Resultados pospostos por Rossetti e Centurion (2015) foram contrários aos obtidos na presente pesquisa, uma vez que, ao determinarem o efeito do sistema de plantio direto sobre o estoque de C e os atributos físicos em solos cultivados com soja e milho, comparando com a vegetação nativa, identificaram maiores concentrações de MOS sob a mata nativa. Sendo assim, os autores concluíram que o aumento da MOS está associado à deposição contínua de serapilheira e ausência de ação humana.

A transformação dos ambientes naturais para cultivos agrícolas tem provocado degradação do solo em consequência da exploração inadequada. No entanto, a prática de sistema de manejo conservacionista, como o sistema de plantio direto, tem sido considerada uma opção na sustentabilidade agrícola. Como podemos observar, o uso do solo com pastagem no Cerrado piauiense pode elevar os níveis de MOS no solo, superando a vegetação nativa nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Podemos considerar, ainda, que nas primeiras profundidades do solo (0-20 cm) o uso do solo com agricultura apresentou superioridade com a vegetação nativa, diminuindo com o aumento das profundidades. O sistema com agricultura, o tempo de implantação da cultura, o uso de fertilizantes e as altas temperaturas, além da baixa biomassa acumulada pela raiz das plantas, podem ter ocasionado baixos teores de MO nas camadas mais profundas do solo (TABELA 1).

A diferença entre as formas de uso do solo seguiu em ordem crescente de acúmulo de MOS, sendo vegetação nativa < agricultura < pastagem. Nas profundidades de 0-30 cm havia um estoque de 36,8 Mg ha<sup>-1</sup> C na vegetação nativa; os sistemas de usos do solo apresentaram valores de 41,7 e 52,4 Mg ha<sup>-1</sup> C para agricultura e pastagem, respectivamente. (FIGURA 10C). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Rosendo e Rosa (2012), ao compararem estoque de C na pastagem e vegetação nativa no Cerrado, mostrando que a pastagem na camada de 0-20 cm apresentou estoque de carbono de 43,92 Mg C ha<sup>-1</sup>, enquanto no Cerrado foi de 38,05 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Sales *et al.* (2017) relataram que os solos sob sistemas de plantio direto apresentaram maiores teores de carbono, especialmente aqueles cultivados com milho e sorgo, quando comparados com os solos sob sistemas convencionais na camada de 0,00-0,10 m. Os teores de carbono no solo do SPD foram de 12,73 g kg<sup>-1</sup> e floresta nativa de 12,88 g kg<sup>-1</sup>. Os autores ainda revelam que as raízes do milho, por serem profundas, aumentaram o C na camada. Leite *et al.* (2010) constataram, neste sentido, que os estoques de carbono na camada 0-20 cm em Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense foram maiores em áreas que adotaram o plantio direto, quando comparadas com plantio convencional e floresta nativa.

Na profundidade de 30-60 cm, o estoque de C na vegetação nativa foi de 30,5 Mg ha<sup>-1</sup>, acumulando um estoque de 67,3 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 0-60 cm. O estoque de C nos sistemas de usos do solo variou de 24,8 e 32,1 Mg ha<sup>-1</sup> C para agricultura e pastagem, respectivamente. Na profundidade 60-100 cm, a vegetação nativa estocou 31,1 Mg ha<sup>-1</sup> C acumulando, no total, 98,4 Mg ha<sup>-1</sup> C. Nos sistemas de usos do solo, as variações nos estoques de C foram de 26,6 e 28,7 Mg ha<sup>-1</sup> C, no total acumulado de 93,1 e 113,1 Mg ha<sup>-1</sup> C para agricultura e pastagem, respectivamente. De acordo com Marinho *et al.* (2016), os solos que foram substituídos por sistemas de cultivo, geralmente, apresentam baixos estoques de C do que ecossistemas naturais; no entanto, Braz *et al.* (2013) afirmam que, dependendo do manejo, esses estoques podem ser parecidos ou maiores em solos sob pastagem.

A substituição da vegetação nativa por sistema de cultivo alterou a qualidade e a quantidade da MOS, bem como nos seus estoques, causada pela alta temperatura do ar, do uso de fertilizantes e dos implementos agrícolas (TABELA 1) que aceleraram a oxidação do C. A incorporação de resíduos culturais e a alteração no solo nos sistemas convencionais podem aumentar a oxidação da MOS, reduzindo seus estoques (SÁ *et al.*, 2014).

#### 4 CONCLUSÃO

O uso do solo com pastagens e agriculturas nos biomas Caatinga e Cerrado afeta a distribuição vertical do C nas profundidades de 0-100 cm. A mudança do uso do solo por sistemas agrícolas na região do Cerrado reduziu os teores de MOS nas profundidades de 0-100 cm. No entanto, o uso do solo com agricultura apresentou maiores teores de MOS que o solo com pastagem. Ainda, o uso do solo com agricultura armazenou mais C no solo que a pastagem e a vegetação nativa em todas as profundidades.

O uso intensivo do solo com agricultura e pastagens no bioma da Caatinga alterou a matéria orgânica do solo e os estoques de carbono nas profundidades de 0-100 cm. O uso do solo com pastagem acumulou mais C que os outros tratamentos, em média, em 113,1 Mg ha<sup>-1</sup> C nas camadas de 0-100 cm. Portanto, o uso do solo com agricultura na Caatinga e pastagem no Cerrado foram os sistemas de uso do solo que apresentaram maiores condições favoráveis à recuperação do C no solo.

## REFERÊNCIAS

BRAZ, S. P. *et al.* Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Brachiaria Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 914-928, 2013.

BARROS, J. D. S.; CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, W. E. Carbon and nitrogen stocks under different management systems in the Paraiban “Sertão”. **African Journal Agricultura Research**, v. 10, n. 3, p. 130- 136, 2015.

BEUTLER, S. J. *et al.* Humic Substances and Phosphorus Fractions in Areas with Crop-Livestock Integration, Pasture and Natural Cerrado Vegetation in Goiás, Brazil. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 18, p. 11-25, 2015.

CALONEGO, J. C. *et al.* Estoque de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012.

CORBEELS, M. *et al.* Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-8, 2016.

COSER, T. R. *et al.* Short-term buildup of carbon from a lowproductivity pastureland to an agrisilviculture system in the Brazilian savannah. **Agricultural Systems**, v. 166, p. 1-12, oct. 2018.

COSTA, R. N. *et al.* Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.

COSTA JÚNIOR, C. *et al.* Carbono total e  $\delta^{13}C$  em agregados do solo sob Vegetação nativa e pastagem no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1407-1419, 2011.

DENARDIN, R. B. N. *et al.* Carbon stock in soil under different forest formations, Chapecó,

Santa Catarina state. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014.

ELLERT, B. H.; JANZEN, H. H.; McCONKEY, B. G. Measuring and comparing soil carbon storage. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. A. (eds.). **Assessment Methods for Soil Carbon**. Boca Raton: Lewis Publishers, 2001. p. 131-146.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FERREIRA B. A. E. *et al.* Carbon Stocks in Compartments of Soil Organic Matter 31 Years After Substitution of Native Cerrado Vegetation by Agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 50-59, 2016.

FRACETTO, F. J. C. *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio no solo Cultivado com mamona na caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1545-1552, 2012.

FREITAS, L. *et al.* Latosols (oxisols) carbon storage in natural and altered managements. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

FU, B. *et al.* Ecosystemservices in changing land use. **Journal of Soils and Sediments**, v. 15, p. 833-843, 2015.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 229-235, 2013.

GAZOLLA, P. R. *et al.* Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-697, mar./abr. 2015.

GMACH, R. M. *et al.* Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 14, p. 178, sep. 2018.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 1-10, 2012.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

LEITE, L. F. C. *et al.* Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LEITE, L. F. C. *et al.* Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1257-1263, 2013.

LOSS, A. *et al.* Oxidizable carbono and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no livestock in the Brazilian Cerrado. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 11, n. 1, p. 217-231, 2013.

MAGALHÃES, S. S. de A.; RAMOS, F. T.; WEBER, O. L. dos S. Carbon stocks of an Oxisol after thirty-eight years under different tillage systems. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 85-91, 2016.

MAIA, S. M. F. *et al.* Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, v. 149, n. 1-2, p. 84-91, 2009.

MARCHÃO, R. L. *et al.* Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated croplivestock management systems. **Soil Till. Res.**, v. 103, n. 2, p. 442-450, 2009.

MARINHO, A. C. C. S. *et al.* Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different 61 agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 10, n. 1, p. 32-41, 2016.

MATIAS, M. D. C. B. *et al.* Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum – Agronomy.**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.

MENDONÇA, V. Z. *et al.* Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

MENTGES, M. I. *et al.* Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de hastes escarificadora em Argissolo compactado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 315-321, 2010.

MION, L. R. *et al.* Spatial variability of total porosity, moisture and soil resistance to penetration of a yellow ultisol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

NASCENTE, A. S. *et al.* Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de cultura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 153-163, out./dez. 2014.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de**

**Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 265-270, 2007.

PRAGANA, R. B. *et al.* Atributos Biológicos e Dinâmica da Matéria Orgânica em Latossolos Amarelos na Região do Cerrado Piauiense Sob Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 851-858, 2012.

ROCHA JÚNIOR, J. P. *et al.* Can soil organic carbon pools indicate the degradation levels of pastures in the Atlantic forest biome. **Journal Agricultural Science.**, v. 6, p. 84-95, 2014.

ROSENDO, S. J.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de cerrado. **Soc. & Nat., Uberlândia**, v. 24, n. 2, p. 359-376, 2012.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronossequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 252-258, mar. 2015.

SÁ, J. C. M. *et al.* Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, p. 38-50, mar. 2014.

SALES, L. E. O. *et al.* Qualidade física de neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.

SALES, R. P. *et al.* Organic matter fractions of an irrigated oxisol under no-till and conventional tillage in the Brazilian semi-arid region. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 303-312, 2017.

SALTON, J. C. *et al.* Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture Ecosystems Environment.**, v. 190, p. 70-79, jun. 2014.

SANT-ANNA, S. A. C. *et al.* Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutr Cycl Agroecosyst**, v. 108, p. 101-120, 2017.

SEVERIANO, E. C. *et al.* Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia, GO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 159-168, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (eds.). Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p. 275-374, 2007.

SILVA, A. A. D. *et al.* Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SILVA-FILHO, J. P.; LIMA, E. F.; FERREIRA, D. G. Avaliação do Consumo de energéticos



florestais no Município de Gilbués, Piauí, Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1994. p. 1.

SIQUEIRA-NETO, M. *et al.* Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: an on-farm synchronic assessment. **Soil Till. Res.**, v. 110, n. 1, p. 187-195, 2010.

ZOTARELLI, L. *et al.* Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. F. **Crop. Res.**, v. 132, p. 185-195, 2012.

WENDLING, B. *et al.* Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.

## CAPÍTULO 3

### FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA E ÍNDICE DE MANEJO DO CARBONO EM LATOSSOLOS AMARELOS SOB BIOMAS CERRADO E CAATINGA

#### RESUMO

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo do carbono em Latossolos Amarelos sob biomas Cerrado e Caatinga.** 2018. 68 p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI<sup>1 2</sup>.

Alterações provocadas pelo uso ou manejo do solo podem ser identificadas pelas frações mais lábeis da matéria orgânica, dentre elas aquelas quantificadas através do fracionamento físico. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar as frações físicas da matéria orgânica do solo e o índice de manejo de carbono (IMC) de Latossolos Amarelos sob diferentes formas de uso do solo nos biomas Cerrado e Caatinga. As amostras foram coletadas em duas áreas distintas: a primeira área na Serra do Quilombo, situada no município de Bom Jesus, no bioma Cerrado, e a segunda área na localidade de Criuli, situada no município de Santa Luz, pertencente ao bioma Caatinga, em três formas de usos do solo (mata nativa, pastagem e agricultura) constituídas de sete profundidades de coleta do solo no perfil (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com três repetições. Foi determinado o fracionamento físico da MOS: matéria orgânica particulada (MOP), C- associado a matéria orgânica particulada (C- MOP), C- associado aos minerais (COM) e o índice de manejo do carbono (IMC). No bioma Cerrado, o uso do solo com agricultura causou reduções nos teores de MOP e C-MOP. Já no bioma Caatinga, o uso do solo com pastagem e agricultura diminuiu os valores de MOP, C-MO e COM. Assim, nenhum desses usos teve capacidade de restaurar os valores iniciais encontrados nas áreas de vegetações nativas.

**Palavras-chave:** Índice de manejo de carbono, estabilidade de agregados, frações orgânicas, qualidade do solo.

---

<sup>1</sup> Orientador – Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-orientador – Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

## CHAPTER 3

### ORGANIC MATTER PHYSICAL FRACTIONATION AND CARBON MANAGEMENT INDEX IN YELLOW LATOSOL IN CERRADO AND CAATINGA BIOAMS

#### ABSTRACT

VASCONCELOS, MARIA CATIANA DE. **Organic Matter Physical Fractionation and Carbon Management Index in Yellow Latosol in Cerrado and Caatinga**. 2018. 68 p. Dissertation (Master Science in Agronomy – Plant and Soils Nutrition) – Universidade Federal do Piauí, PI<sup>1</sup> <sup>2</sup>.

Changes caused by the use or management of the soil can be identified by the more labile fractions of organic matter, among them those quantified through physical fractionation. The objective of this work was to evaluate the physical fractions of soil organic matter and the carbon management index (CMI) of Yellow Latosols under different forms of land use in the Cerrado and Caatinga biomes. The samples were collected in two distinct areas, the first area in Serra do Quilombo, located in the municipality of Bom Jesus, in the Cerrado Biome, and the second area in the town of Criuli, located in the municipality of Santa Luz, belonging to the Caatinga biome and three forms of land use (native forest, pasture and farming) with seven soil collection depths in the profile (0-10;10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 and 80-80) with three replicates. The soil is composed of seven soil depths (0-10,10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 and 80- 100 cm) with three replicates. This work determined the physical fractionation of SOM: particulate organic matter (POM), C - associated with the particulate organic matter (C - POM), C - associated with minerals (COM) and carbon management index (BMI). In the Cerrado biome, land use with farming caused reductions in POM and C-POM levels. In the Caatinga biome, land use with pasture and farming decreased the values of POM, C-OM and MOC. None of those uses had the capacity to restore the initial values found in native vegetation areas.

**Keywords:** Aggregate stability, Carbon management index, organic fractions, soil quality.

---

<sup>1</sup> Adviser – Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – UFPB/Areia.

<sup>2</sup> Co-adviser – Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus.

## 1 INTRODUÇÃO

Em sistemas naturais, o solo apresenta um conteúdo de carbono orgânico estável que reflete as condições ambientais, principalmente pelas características do próprio solo. Contudo, esse estado passa a ser modificado quando o solo, com suas devidas características originais, é convertido para uso agrícola (BRAIDA; REICHERT, 2014). Quando o solo passa a perder carbono devido ao uso ou manejo, a redução nos teores de matéria orgânica do solo gera uma diminuição de sua qualidade (LAL, 2015).

Diante desse cenário de importância, as diferentes frações da matéria orgânica do solo, tais como o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono associado aos minerais (COM), vêm sendo utilizados como indicadores de qualidade do solo. Essas frações são diferentes por serem mais sensíveis às alterações de uso ou manejo do solo do que o carbono orgânico, assim como diversos autores relataram essa importância, conforme pode-se observar em Salton *et al.* (2012), Kunde *et al.* (2016), Leal *et al.* (2016) e Faccin *et al.* (2017).

Ao considerar a fração carbono orgânico particulado e carbono associado aos minerais da matéria orgânica do solo como indicadores de qualidade do solo, muitos pesquisadores adotaram o índice de manejo do carbono (IMC) para comparar os sistemas de manejo realizado na área de plantio quanto a sua capacidade de melhorar a qualidade do solo, no qual, quanto maior o valor de índice de manejo do carbono (IMC), maior será a qualidade do manejo realizado na área (LEAL *et al.*, 2016), também conforme o relatado por Conceição *et al.* (2014), em que o índice de manejo do carbono visa determinar os efeitos dos sistemas de manejos na qualidade e na quantidade da matéria orgânica do solo em conjunto.

Rossi *et al.* (2012), estudando frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo no Cerrado em dois experimentos, sendo o primeiro em março e o segundo em outubro de 2007, encontraram para a rotação com soja, Brachiaria/soja, rotação soja/sorgo/soja e Cerrado nativo: 10,6, 5,7 e 2,8 g kg<sup>-1</sup> de MOP e 9,1, 11,3 e 17,1 g kg<sup>-1</sup> de COM, respectivamente, e, no segundo, 8,4, 3,6 e 2,8 g kg<sup>-1</sup> de MOP e 9,1, 11,3 e 17,0 g kg<sup>-1</sup> de COM na camada de 10-20 cm, respectivamente. Segundo os autores supracitados, a introdução de braquiária no cultivo da soja em sistema de plantio direto apresentou efeito positivo ao acúmulo de frações no solo.

Materchera (2014), avaliando o solo na savana do sul da África, encontrou que os maiores teores de MOP foram identificados na área com pastagem e savanas não perturbadas na profundidade de 0-20 cm. De acordo com Loss *et al.* (2012), a pastagem apresenta grande

quantidade de MOP provocada pelo extenso sistema radicular e biomassa de plantas forrageiras. Neste sentido, experimento realizado por Salton *et al.* (2011) também concluiu que os sistemas com pastagem apresentavam mais MOP do que os solos sob vegetação natural ou agrícolas.

Gmach *et al.* (2018), estudando mudanças do uso da terra com fins agrícolas no Estado do Piauí, afirmaram que o uso do solo com pastagem apresentou teores de MOP e COM semelhantes ao da vegetação nativa na camada superficial do solo. Concluíram, ainda, que essa semelhança está associada a deposição de resíduos de gramíneas juntamente com o sistema radicular da mesma.

Nesse sentido, a pesquisa testou a hipótese de que o uso do solo com pastagem e agricultura nos biomas Cerrado e Caatinga no sudoeste do Piauí altera a composição das frações físicas da matéria orgânica do solo. Objetivou-se, então, com este trabalho, avaliar as frações físicas da matéria orgânica do solo e o índice de manejo de carbono (IMC) de Latossolos Amarelos sob diferentes formas de uso do solo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

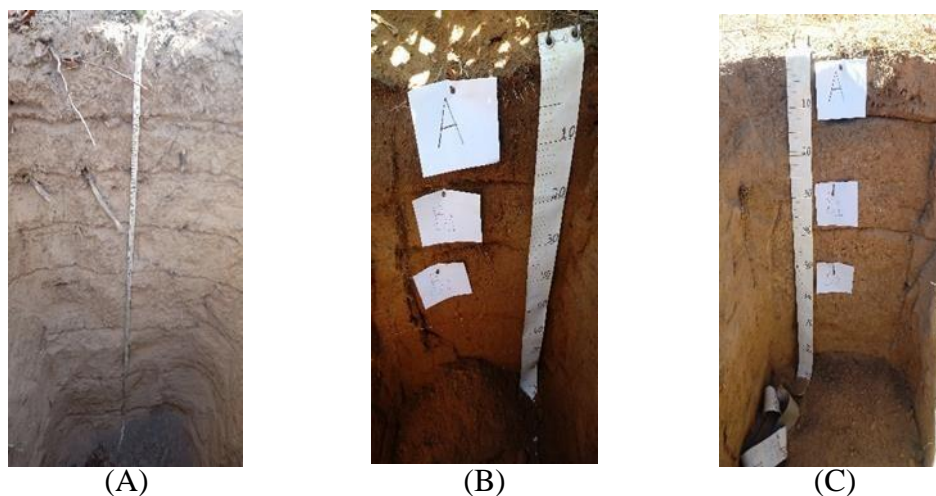
### **2.1 Localização das Áreas de Estudo**

O estudo foi realizado em dois locais do Estado do Piauí (Brasil), sendo um na Serra Quilombo (9°16.747'S 44°52.415'O), com altitude de 660 m, situada no município de Bom Jesus, sob o domínio do bioma Cerrado, e outro na localidade de Crioli, no município de Santa Luz (08°57'14"S 44°07'46"W), com altitude 345 m, sob o domínio do bioma Caatinga, localizados na região semiárida piauiense.

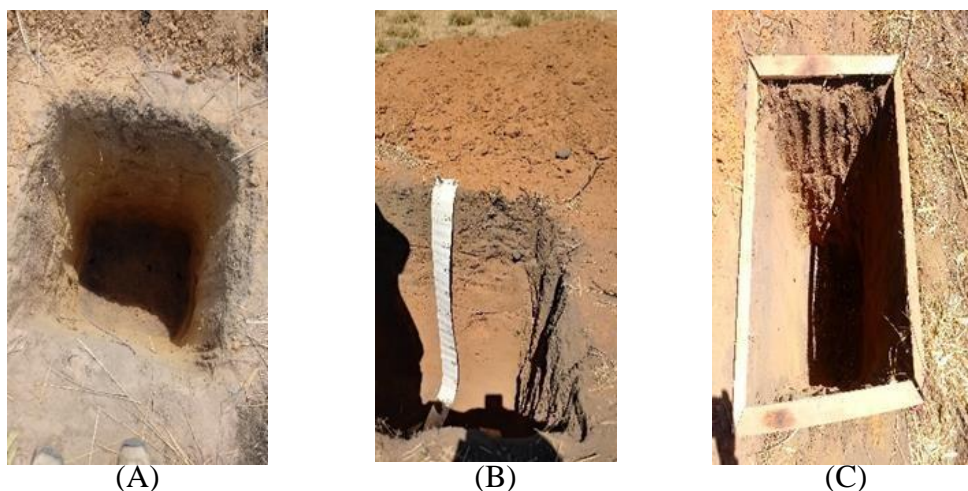
Os solos das áreas estudadas foram classificados como Latossolos Amarelos Distróficos. A região possui duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, que engloba os meses de outubro a maio, e a outra seca, que vai de junho a setembro. O clima semiárido e quente do tipo Aw (Köppen), com temperatura média de 26,5°C e precipitação média anual de 1.200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo de janeiro a março o trimestre mais chuvoso (SILVA-FILHO; LIMA; FERREIRA, 1994).

## 2.2 Descrição das Áreas de Estudo

Para o estudo foram selecionados dois biomas (Cerrado e Caatinga) e três formas de usos do solo (mata nativa, pastagem e agricultura) (figuras 1 e 2). Em cada área selecionada, em função do uso do solo, foram coletadas amostras de solo em sete profundidades na trincheira (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com três repetições, totalizando 126 amostras. A Tabela 1 apresenta o histórico de uso do solo das áreas em estudo.



**Figura 1.** Área de coleta de solo sob bioma Caatinga: (A) Caatinga preservada; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.



**Figura 2.** Área de coleta de solo sob bioma Cerrado: (A) Cerrado preservado; (B) Pastagem; (C) Agricultura. Fonte: Vasconcelos, 2017.

**Tabela 1.** Histórico e descrição das áreas experimentais em Latossolo Amarelo Distrófico no Cerrado e na Caatinga piauiense.

Sistema de Manejo e Uso do Solo	Histórico
<b>Cerrado Nativo</b>	Composta por plantas de porte arbóreo e arbustivo-arbóreo. As principais espécies encontradas nas áreas são: <i>Plathymenia reticulata</i> (pau-de-candeia), <i>Simarouba versicolor</i> , <i>Qualea grandiflora</i> (pau-terra), <i>Copaifera langsdorffii</i> (copaíba), etc.
<b>Pastagem</b>	Área desmatada em 1999, no ano de 2000 foi aplicado 1 tonelada e meia de calcário dolomítico utilizando subsolagem. Nos anos agrícolas (2002/2005), foram utilizados 100 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 100 kg ha <sup>-1</sup> K na linha do plantio, distribuídos antes do plantio da soja. No ano agrícola de 2006/2007, foram usados 400 kg ha <sup>-1</sup> de superfosfato simples (08-24-12) na linha do plantio, para o plantio de milho. Em 2008/2011 foi realizado o plantio de soja. No ano de 2012 foi aplicado mais 1 tonelada e meia de calcário, superficialmente. Em 2014 foi realizado plantio de pasto ( <i>Panicum maximum</i> cv. <b>Massai</b> ).
<b>Agricultura</b>	Área desmatada em 1999, no ano de 2000 foi aplicado 1 tonelada e meia de calcário dolomítico utilizando subsolagem. No ano agrícola 2002/2003, foram usados 400 kg/ha de superfosfato simples (08-24-12) e 100 kg ha <sup>-1</sup> de N antes do plantio do milho. Em 2004, aplicou-se mais 2 toneladas de calcário dolomítico. No ano agrícola 2004/2005, foi realizado o plantio de soja. Em 2006 aplicou-se mais 2 toneladas de calcário. No ano agrícola 2012/2013, foi realizado o plantio de milho + braquiária. Em 2014/2017 foi realizado o plantio de soja.
<b>Caatinga nativa</b>	Composta por plantas de porte arbóreo e arbustivo-arbóreo. As principais espécies encontradas nas áreas são: <i>Mimosa hostilis</i> Benth (jurema), <i>Miconia albicans</i> (caneva de velho), <i>Combretum duarceanum</i> Cambess (vaqueta), <i>Acacia glomerosa</i> Benth (espinho preto), etc.
<b>Agricultura</b>	Área desmatada em 2011. Em 2012/2013, ocorreu plantio de milho e feijão. No ano de 2014 foi realizado o plantio de mandioca. Em 2016, plantio de milho.
<b>Pastagem</b>	Área desmatada em 2013. No ano de 2015 foi realizado o plantio do pasto ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach – capim elefante). Área irrigada, irrigação por aspersão. Não utilizou nenhum fertilizante químico.

### 2.3 Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo

O fracionamento físico granulométrico foi determinado segundo metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Foram pesados 15 g de TFSA, sendo adicionado 45 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>). As amostras foram homogeneizadas por 16 horas em agitador horizontal a 180 rotações por minuto e, após essa etapa, as amostras foram peneiradas utilizando-se peneira com malha de 53 µm, com auxílio de jatos de água injetados com uma pisceta.

O material que ficou retido na peneira consiste no carbono orgânico particulado (COP) associado a fração de areia, e o que passou na peneira foi denominado de carbono orgânico associado ao silte + argila (COam). Todo o material que ficou retido na peneira foi transferido para a placa de petri e seco em estufa (60°C) por 24 horas. Após essa etapa, o material foi moído

em gral de porcelana e analisado o teor de carbono orgânico segundo metodologia da Embrapa (1997). O teor de CO na COam foi obtido por diferença entre o CO do solo e aquele do COP.

***Cálculos do teor de carbono na fração particulada da matéria orgânica do solo (COP)***

$$C\text{- Total} = (A) * (\text{molaridade e do SFA}) * (0,003) * 100 / \text{peso da amostra (g)}$$

Onde:

$$A = (BA-S) * (BNA-BA) + (BA-S) / BNA$$

A = Fator de correção;

Molaridade do SFA = Molaridade do sulfato ferroso amoniacal (0,4 mol L<sup>-1</sup>);

BA = Média da leitura dos brancos aquecidos;

S = Média da leitura das amostras (repetições analíticas);

BNA = Média da leitura dos brancos sem aquecimento;

0,003 = Referente à razão [(0,001 x 12)/4], onde 0,001 é o fator para transformar em g mmol<sup>-1</sup>; 12 é o peso atômico do carbono e 4 é o número de elétrons transferidos no processo de oxidação [C(0) → C(IV)]; e,

100 = transformar o resultado para %.

***Cálculo do carbono orgânico associado aos minerais***

$$COM = COT - COP$$

COM = Carbono orgânico associado aos minerais (dag.kg<sup>-1</sup>);

COT = Carbono orgânico total do solo (dag.kg<sup>-1</sup>); e,

COP = Carbono orgânico particulado (dag.kg<sup>-1</sup>)

Para a estimativa do índice de manejo do carbono (IMC), utilizou-se a seguinte fórmula:  $IMC = IEC \times IL \times 100$ , sendo IEC o índice de estoque de carbono, calculado através da relação entre os estoques de carbono da área com diferentes formas de uso do solo em relação a área de referência ( $IEC = C_{trat}/C_{ref}$ ), considerando, neste caso, a área de cerrado nativo (ACN), e IL o índice de labilidade da matéria orgânica, sendo determinada pela labilidade das áreas com diferentes formas de uso e labilidade da área de referência ( $IL = L_{trat}/L_{ref}$ ). A labilidade (L) será determinada pela fórmula:  $L = Es_{COP}/Est_{COam}$ , sendo EsCOP os estoques de matéria orgânica particulada e Est COam os estoques de matéria orgânica associada à silte + argila (BLAIR *et al.*, 1995).



## 2.4 Análise Estatística

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar se os dados de matéria orgânica, carbono orgânico total e estoques de carbono do solo seguiam uma distribuição normal. Todos os dados foram transformados em raiz quadrada previamente às análises estatísticas e apresentados nas figuras e tabelas na sua escala normal. Para avaliar as diferenças existentes entre os compartimentos da matéria orgânica nos solos dos biomas Caatinga e Cerrado foi empregado o teste t pareado.

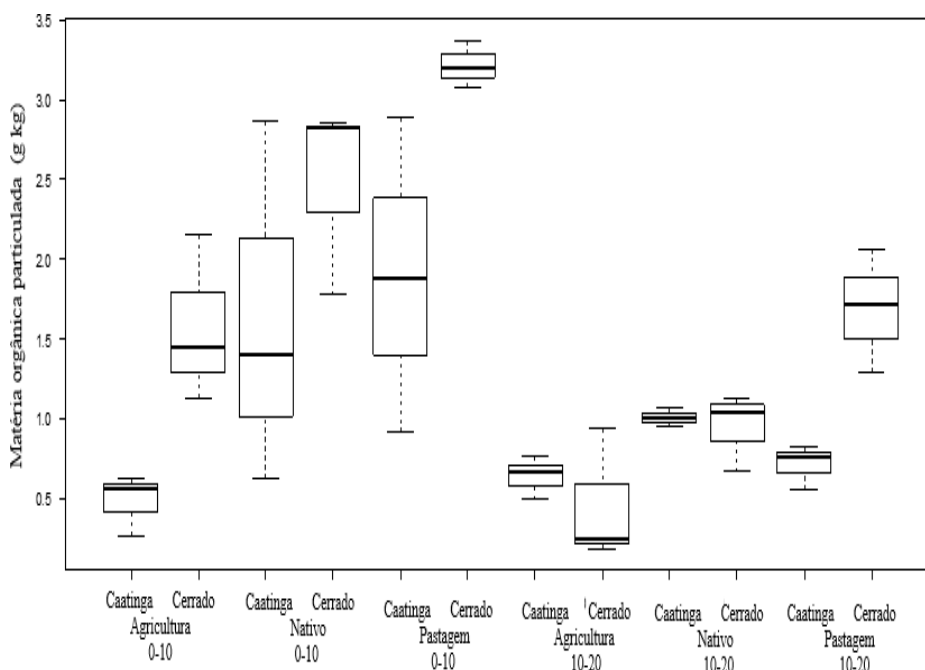
Já para investigar as diferenças existentes entre os compartimentos da matéria orgânica no solo entre os biomas, os manejos e a profundidade, foi empregada ANOVA *three-way*. Em cada bioma, separadamente, foi realizada ANOVA *two-way* para investigar a distribuição vertical de C em diferentes profundidades dentro de cada manejo adotado. Os resultados foram apresentados em box-plot para melhor visualização da distribuição dos dados. Para a realização do teste t, da ANOVA (*two-* e *three-way*) e dos box-plots foram usados os pacotes “stats” e “ggplot2” do *software* livre R studio.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fracionamento físico da MOS mostrou maior conteúdo de C na fração matéria orgânica particulada (MOP) para todos os usos do solo na camada 0-20 cm, exceto para o uso com agricultura (FIGURA 3). Na profundidade de 0-10 cm, os valores mais altos de MOP foram encontrados para agricultura, pastagem e vegetação nativa na Caatinga (1,5; 3,2 e 2,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Na profundidade superficial do solo (10-20 cm), a agricultura e a vegetação nativa na Caatinga apresentaram os maiores valores de MOP (0,6 e 1,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente). No entanto, o uso do solo com pastagem no Cerrado foi maior que a pastagem na Caatinga.

No geral, os maiores valores de MOP foram encontrados no bioma Cerrado sob todas as formas de uso do solo. No bioma Cerrado, a adoção do sistema de plantio direto indica que, possivelmente, esta área vem recebendo contínuo aporte de material orgânico, proporcionado pelo cultivo de plantas como o milho e a soja (TABELA 1). A presença dessas plantas apresenta grande potencial de produção primária líquida, e seus resíduos influenciam na quantidade de carbono orgânico no solo (KUMAR *et al.*, 2013).

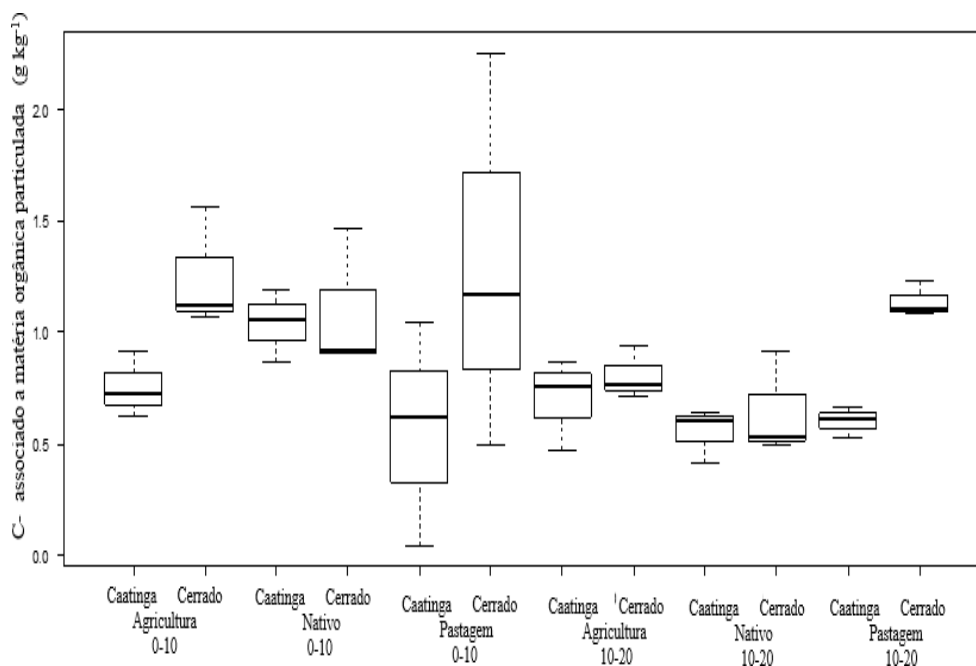
Os contínuos e variados aportes de MOS, aliados ao efeito de estabilidade dos macrogregados e à intensiva aplicação de fertilizantes, possivelmente explicam os resultados. As pastagens nos dois biomas superaram as vegetações nativas e os solos com agriculturas, provavelmente devido a deposição contínua dos resíduos de gramíneas (braquiária) e aos sistemas radiculares das mesmas, que têm a função de proteger o C. Resultados parecidos foram encontrados por Gmach *et al.* (2018) no Cerrado piauiense, quando o uso do solo com pastagem apresentou resultados semelhantes ao da vegetação nativa para a variável MOP devido ao acúmulo de resíduos proporcionados pelas gramíneas.



**Figura 3.** Matéria orgânica particulada (MOP) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram encontradas no conteúdo de C na fração da MOP para todos os usos dos solos (FIGURA 4). Na profundidade 0-10 cm, os maiores valores de C-MOP foram encontrados para vegetação nativa e pastagem, no Cerrado; no entanto, agricultura na Caatinga não superou a agricultura no Cerrado. Na profundidade 10-20 cm, os sistemas de usos mostraram variações nos conteúdos de C- MOP para todos os tratamentos. Todavia, na profundidade de 0-20 cm, o uso do solo com agricultura e pastagem na Caatinga apresentaram maiores conteúdo de C- MOP.

A conversão da vegetação nativa em ambientes agrícolas proporcionou aumentos nos teores de C- MOP para os dois biomas em estudo, exceto na pastagem no Cerrado. O sistema de plantio direto e a rotação de culturas, aliados às práticas de não revolvimento do solo, devido a acumulação de resíduos, elevou o C em fração das partículas neste compartimento. De acordo com Culman *et al.* (2013), a permanência de MOP no solo é essencial em função de sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas e estimular a atividade dos microrganismos presentes no solo.

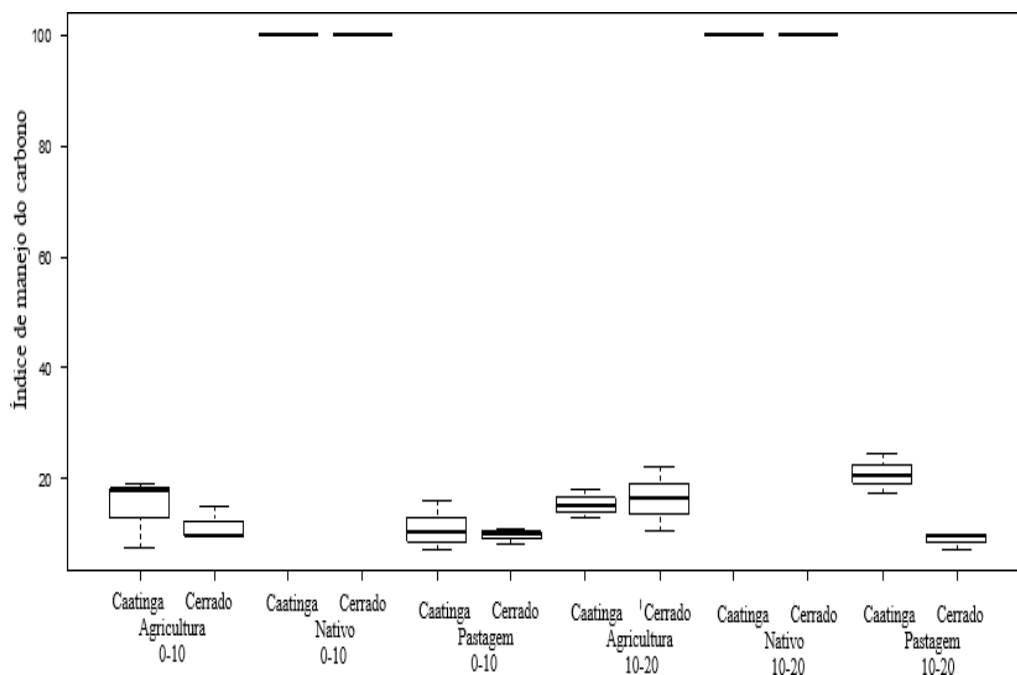


**Figura 4.** Carbono da matéria orgânica particulada (C- MOP) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

É recomendado que o solo apresente quantidade adequada de C- MOP, sendo que essa quantidade melhora o fluxo de C para o solo e a manutenção da atividade microbiológica. Caso contrário, o solo que não apresenta C- MOP suficiente para suprir suas necessidades apresenta uma redução do estoque de carbono, o que provavelmente iniciará o processo de perda e de degradação do solo (CAUSARANO *et al.*, 2008; SALTON *et al.*, 2011).

Todos os tratamentos apresentaram valores de IMC inferiores ao das vegetações nativas independentes do bioma (FIGURA 5); valores de IMC inferiores a 100 (vegetação nativa) são índices negativos das práticas de manejo sobre a MOS. Nos sistemas agrícolas, o uso do solo

com pastagem e agricultura na Caatinga apresentou maiores valores de IMC. Na profundidade de 10-20 cm, agricultura no Cerrado superou a agricultura na Caatinga.



**Figura 5.** Índice de manejo do carbono (IMC) sob os biomas (Caatinga e Cerrado) e três formas de uso da terra (agricultura, vegetação nativa e pastagem) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

No bioma Caatinga, embora apresentando valores muito inferiores ao da mata nativa, são os sistemas de uso que mostram maior potencial para preservação e recuperação do carbono e seus compartimentos no solo. Kunde *et al.* (2016), estudando frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado, relataram que os maiores valores de IMC foram obtidos na área com vegetação nativa (100), sendo que as áreas cultivadas apresentaram menores valores de IMC (79,69) na camada de 0-20 cm.

Sales *et al.* (2017), avaliando o índice de manejo do carbono em Latossolo do semiárido brasileiro sob diferentes sistemas de manejo com diferentes culturas irrigadas, concluíram que os sistemas de cultivos com milho, soja e girassol apresentaram IMC menores que os solos com vegetação natural, evidenciando o impacto negativo dos sistemas de manejo do solo sobre a qualidade da MOS. Em média, as culturas apresentaram 84,2, 75,3, 66,8 e 100 na camada de 0-40 cm, respectivamente.

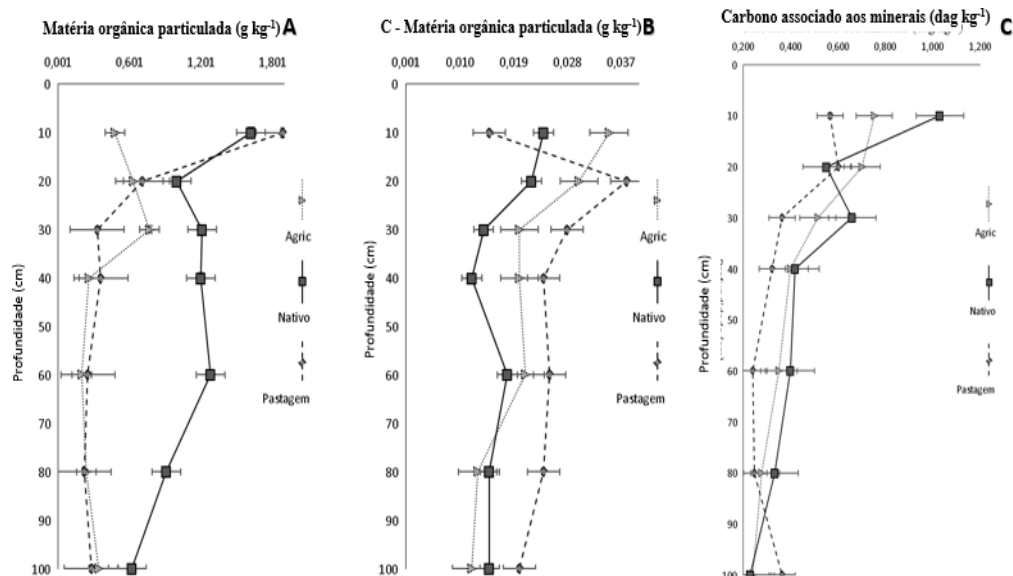
### 3.1 Distribuição Vertical do C no Bioma Caatinga

A substituição da vegetação nativa por sistemas de uso agrícola causou reduções nos teores de matéria orgânica particulada (MOP) e C- associado aos minerais (COM). No entanto, essa mudança aumentou os teores de C- associado à matéria orgânica particulada (C- MOP) (FIGURA 6A, 6B e 6C).

Na camada superficial do solo (0-30 cm), os maiores valores de MOP foram encontrados para pastagem e vegetação nativa (FIGURA 6A). Na camada subsuperficial (40-100 cm), a vegetação nativa apresentou maiores valores, enquanto os outros sistemas de usos do solo apresentaram valores significativamente menores. Nos sistemas agrícolas, os maiores valores de MOP foram encontrados na pastagem na camada de 0-100 cm, já os menores valores de MOP foram encontrados no sistema com agricultura; esse resultado pode estar associado ao menor aporte de biomassa em razão da queima dos restos culturais na área. Essa prática é comum na região do estudo, uma vez que os pequenos agricultores, em decorrência da falta de assistência técnica, acabam realizando o manejo incorreto. Na vegetação nativa, o aporte constante de resíduos vegetais na superfície do solo e o seu não revolvimento contribuíram para o acúmulo de MOP (ROSSETI *et al.*, 2014).

O fracionamento físico da MOS mostrou variação nos teores de C na fração MOP para todos os usos do solo na camada de 0-100 cm (FIGURA 6B). Nos sistemas agrícolas, o maior teor de C- MOP foi encontrado no uso do solo com agricultura ( $0,035 \pm 0,014$  e  $0,015 \pm 0,013$  g kg<sup>-1</sup> para agricultura e pastagem, respectivamente). Nas camadas de 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, os valores mais altos de C- MOP foram observados na área com pastagem. Segundo Carneiro *et al.* (2013), a pastagem está associada ao elevado aporte de material vegetal presente na superfície do solo. No entanto, a utilização de diferentes culturas apresenta diversos acúmulos de carbono no solo (DIEKOW *et al.*, 2005).

Os menores teores de C fração C- MOP foram encontrados na vegetação nativa. Nas regiões de clima tropical, como o nosso estudo, a decomposição do solo é acelerada devido as altas temperaturas e umidade. Segundo Salton (2005), nos ambientes de climas tropicais a fração mais grosseira da matéria orgânica (C- MOP) representa 20% da MO total do solo. A concentração de C- MOP, então, diminuiu com o aumento da profundidade nos tratamentos, exceto para pastagem, onde elevou o C nas camadas mais profundas.



**Figura 6.** A – Distribuição vertical da matéria orgânica particulado (MOP); B – Carbono associado à matéria orgânica particulada (C- MOP) e carbono associado aos minerais (COM) sob o bioma Caatinga e três formas distintas de usos (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

Os maiores teores de C na fração COM foram encontrados nos solos com vegetação natural (FIGURA 6C). A substituição da vegetação nativa por sistemas de uso agrícola causou reduções nos teores de COM na profundidade de 0-100 cm. Nos sistemas agrícolas, na camada superficial do solo (0-30 cm), os maiores valores ( $p < 0,05$ ) foram encontrados na agricultura. Nas camadas de 40-60 e 60-80 cm, a agricultura também apresentou resultados superiores a pastagem, exceto na camada de 80-100 cm em que a pastagem superou a agricultura.

No geral, as vegetações nativas foram as que apresentaram maiores teores de C na fração COM (3,6; 3,2 e 2,7 dag kg<sup>-1</sup>) na camada de 0-100 cm. Este resultado deve-se, possivelmente, a qualidade dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo ecossistema natural em relação aos diferentes sistemas de usos (BALIN *et al.*, 2017). Segundo Ferreira *et al.* (2016), o C armazenado em MOP representa menos de 18% do COT; na região do estudo, onde o clima é tropical, a decomposição é acelerada devido as altas temperaturas e umidade.

Os maiores teores de COM apresentados na agricultura e pastagem devem-se, possivelmente, a maior recalcitrância molecular dos compostos apresentados pelos tratamentos sob uso agrícola. Ou seja, no caso da pastagem, as gramíneas que compõem o sistema de uso tendem a possuir maior teor de lignina, o que dificulta o ataque microbiano desta molécula

orgânica, sendo que resultados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2014) e Ribeiro *et al.* (2016). Por outro lado, no ambiente de mata nativa, naturalmente, há uma maior diversidade de espécies vegetais com deposição de resíduos em quantidades e qualidades diferentes, onde ocorre maior ciclagem pela maior presença de outros organismos (BRADY; WEILL, 2013).

### 3.2 Distribuição Vertical do C no Bioma Cerrado

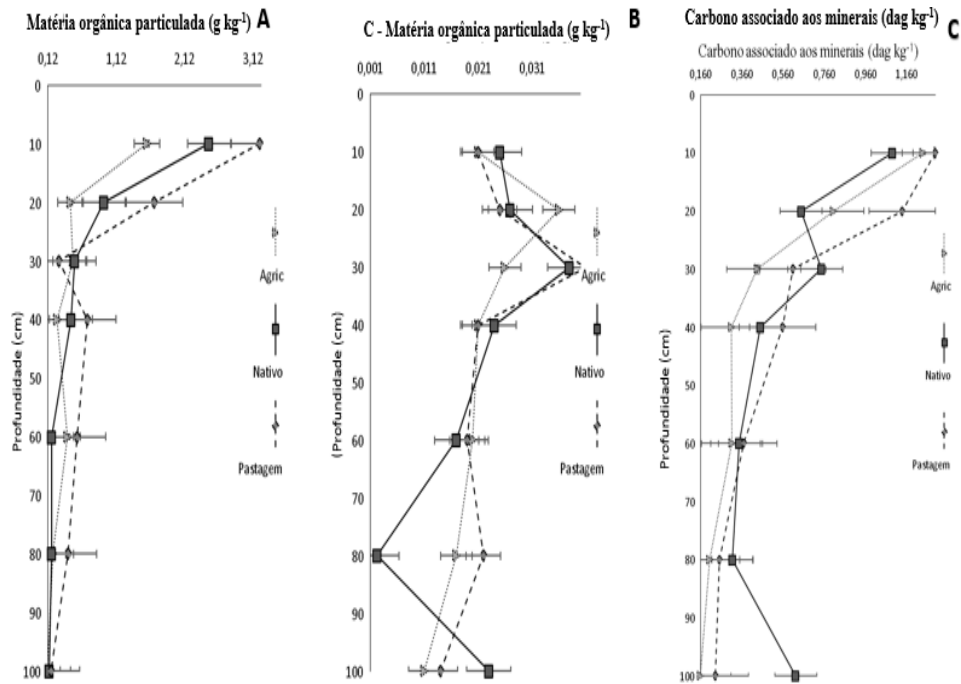
Diferenças significativas são observadas para MOP, C- MOP e COM em todos os tratamentos ( $p < 0,05$ ) (FIGURAS 7A, B e C). Nos sistemas agrícolas há variação no teor de MOP, sendo que a substituição da vegetação por sistemas de uso agrícola causou reduções na MOP, ao passo que o uso do solo com pastagem elevou a MOP.

A concentração de MOP diminuiu com o aumento da profundidade em todos os sistemas. Nas camadas superficiais do solo (0-10 e 10-20 cm), os maiores valores de MOP foram encontrados para pastagem e os menores com agricultura. Na camada de 20-30 cm, os valores mais altos foram observados na área com agricultura. Nas camadas de 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, a pastagem teve valores mais altos, enquanto que os outros usos do solo apresentaram valores menores. Santos *et al.* (2013) revelaram que os sistemas naturais, por apresentarem baixa intervenção antrópica e não perturbação do solo, possuem a maior capacidade de proteger as frações orgânicas no interior dos agregados.

A substituição da vegetação nativa por sistemas de usos do solo elevou os teores de C na fração C- MOP para todas as profundidades (FIGURA 7B). Os sistemas de usos agrícolas não apresentaram diferenças significativas na camada de 0-10 cm; na camada de 10-20 cm, os valores mais altos de C- MOP foram encontrados no uso com agricultura, enquanto que nas camadas de 20-30 e 80-100 cm a pastagem superou a agricultura. De maneira geral, os sistemas de usos apresentaram valores semelhantes ou iguais ao da vegetação nativa e, com o aprofundamento da camada de solo, nota-se uma diminuição nos teores de C na fração C- MOP.

Na agricultura, a adição de fertilizante (TABELA 1) e as altas temperaturas associadas a níveis elevados de pluviometria aceleraram o processo de decomposição na MOS, portanto, diminuiram a MOP e a C- MOP. Resultados parecidos foram encontrados por Moura *et al.* (2017), em que a adição de fertilizante mineral acelerou a decomposição da MOS, diminuindo a fração de C lábil. Ferreira *et al.* (2016), estudando solos de diferentes sistemas de manejo com uma rotação soja-milho, relataram que o teor de C- MOP variou de 7,36-2,21 mg kg<sup>-1</sup> nos sistemas convencional e de planto direto. Ainda, concluíram que a substituição da vegetação

nativa por sistemas de uso agrícola causou reduções de  $5,9 \text{ mg kg}^{-1}$  no C- MOP na camada de 0-30 cm.



**Figura 7.** A – Distribuição vertical de matéria orgânica particulada (MOP); B – Carbono de matéria orgânica particulada (C- MOP) e Carbono associado aos minerais (COM) sob o bioma Cerrado e três distintas formas de usos (agricultura, mata nativa e pastagem) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

A distribuição vertical do C- matéria orgânica associada aos minerais (COM) apresenta variação nos conteúdos de C nos tratamentos em estudo (FIGURA 7C). Nos sistemas agrícolas, as maiores concentrações de COM foram encontradas no uso do solo com pastagem, em médias de  $4,4 \text{ dag kg}^{-1}$  na camada de 0-10 cm. No entanto, as maiores concentrações de COM foram observadas nas camadas superficiais do solo, diminuindo com o avanço das profundidades.

A mudança da vegetação nativa por ambientes agrícolas aumentou o COM no uso do solo com pastagem. Este resultado deve-se, possivelmente, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados na parte superficial do solo dos diferentes sistemas de uso em relação a vegetação nativa. Essa positividade não foi observada na agricultura, pois o sistema de uso causou redução na COM. Os teores mais elevados de COM na superfície do solo podem estar associados a maior estabilidade dos agregados, o que contribuiu para a maior estabilização da MOS.



Além disso, a maior permanência do carbono nas frações mais recalcitrantes pode ser explicada pela interação dos complexos organominerais que se formam em Latossolos, o que resulta em fortes associações da matéria orgânica humificada com argilas cauliniticas e oxídicas, características desses solos (FACCIN *et al.*, 2017). Essa associação de argilominerais no solo promove a proteção contra a decomposição da MOS por microrganismos, o que pode levar a maior estabilidade do COM e a sua permanência no solo (HARTMAN *et al.*, 2014).

Na região do estudo, o clima tropical e o preparo frequente do solo com máquinas (TABELA 1) aumentaram a participação dos minerais associados ao carbono (COM) em Latossolos com elevados teores de óxidos de Fe, o que foi atribuído a alta adsorção de matéria orgânica e partículas de minerais que nem mesmo a utilização de máquinas foram capazes de quebrá-los.

#### 4 CONCLUSÕES

A conversão de ambientes naturais em sistemas agrícolas afetou a distribuição vertical do carbono nos dois biomas estudados. Nossos resultados mostraram que a mudança de ambientes naturais em áreas agrícolas teve impacto considerável na distribuição vertical do carbono das frações granulométricas nos dois biomas. No bioma Cerrado, o uso do solo com agricultura causou reduções nos teores de MOP e C- MOP. No entanto, o uso do solo com pastagem teve a capacidade de aumentar o COM nas profundidades de 0-100 cm, ultrapassando os valores iniciais do solo.

Já no bioma Caatinga, o uso do solo com pastagem e agricultura diminuiu os valores de MOP, C- MO e COM. Nenhum desses usos teve a capacidade de restaurar os valores iniciais do solo, dificultando a proteção dessas frações no solo; entre os usos do solo, a pastagem mostrou-se mais adequada, com potencial de manter o C protegido nas frações do solo devido a suas raízes como principais fontes de armazenamento do carbono no solo.

O uso do solo com pastagem e agricultura apresentaram índices de manejo de carbono inferiores a 100, o que indica impacto negativo do manejo do solo sobre a qualidade física dessas áreas.

## REFERÊNCIAS

BALIN, M. N. *et al.* Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos Físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 85-94, 2017.

BLAYR, G. J.; LEFROY, R. D. E.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index, for agricultural systems. **Austr. Jour. Agric. Res.**, v. 46, p. 1459-1466, 1995.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookmann Editora Ltda., 2013.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e comportamento mecânico para fins de manejo de solo. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. **Agricultura Conservacionista no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 309-361.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.

CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Atributos indicadores de qualidade em solos de Cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1857-1868, 2013.

CAUSARANO, H. J. *et al.* Soil organic carbon fractions and aggregation in the Southern Piedmont and coastal plain. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 1, p. 221-230, 2008.

CONCEIÇÃO, P. C. *et al.* Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 794-800, 2014.

DIEKOW, J. *et al.* Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and Soil**, v. 268, n. 1, p. 319-328, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de método de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FACCIN, F. C. *et al.* Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 2000-2009, 2017.

FERREIRA B. A. E. *et al.* Carbon Stocks in Compartments of Soil Organic Matter 31 Years After Substitution of Native Cerrado Vegetation by Agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 50-59, 2016.

GMACH, R. M. *et al.* Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 14, p. 178, 2018.

HARTMAN, D. da C. *et al.* Evidências de saturação de carbono em solos sob plantio direto em agro-ecossistemas subtropical e tropical no Brasil. **Synergismus Scyentifica**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2014.

KUMAR, R. *et al.* Soil aggregation dynamics and carbono sequestration. **Journal of Applied and Natural Science**, n. 5, p. 250-267, 2013.

KUNDE, R. J. *et al.* Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1520-1528, 2016.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015.

LEAL, O. D. A. *et al.* Initial Recovery of Organic Matter of a Grass-Covered Constructed Soil after Coal Mining. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, n. 1, p. 1-16, 2016.

LOSS, A. *et al.* Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Res.**, v. 50, p. 685-693, 2012.

MATERECHERA, S. A. Influence of agricultural land use and management practices on selected soil properties of a semi- arid savanna environment in South Africa. **J Arid Environ**, v. 102, p. 98-103, 2014.

RIBEIRO, B. R. *et al.* Assessing mammal exposure to climate change in the Brazilian Amazon. **PLOS ONE**, v. 11, n. 11, p. e0165073, 2016.

ROSSETI, K. de V. *et al.* Agregação de um Latossolo em função de diferentes ciclos de cultivo de cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. **Revista Agro@mbiente**, v. 8, n. 1, p. 10-17, 2014.

ROSSI, C. Q. *et al.* Fractions of organic matter in cropping system with straw of brachiaria and Sorghum. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 38-46, jan./mar. 2012.

SALES, R. P. *et al.* Organic matter fractions of an irrigated oxisol under no-till and conventional tillage in the brazilian semi-arid region. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 303-312, 2017.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. Porto Alegre: 2005. 158p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

SALTON, J. C. *et al.* Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2012.

SANTOS, D. C. *et al.* Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 838-844, 2013.

SANTOS, I. L. D. *et al.* Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under no-tillage in the cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1874-1881, 2014.

SILVA-FILHO, J. P.; LIMA, E. F.; FERREIRA, D. G. Avaliação do Consumo de energéticos florestais no Município de Gilbués, Piauí, Bras il. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFIC AÇÃO, 1994, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 11 p. 1 CD-ROM.