

## ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB DIFERENTES TIPOS DE USO NO BIOMA CAATINGA

**Camila da Silva Campos**

Universidade do Estado da Bahia  
Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais, Salvador, BA, Brasil  
[camilacamposgeo@gmail.com](mailto:camilacamposgeo@gmail.com)

**Rozilda Vieira Oliveira**

Universidade do Estado da Bahia  
Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais, Salvador, BA, Brasil  
[rvoliveira@uneb.br](mailto:rvoliveira@uneb.br)

### RESUMO

Atividades humanas modificam a paisagem natural e promovem alterações no uso e cobertura da terra, o que gera impactos negativos e contribui para as mudanças climáticas. O mapeamento de uso e cobertura da terra é relevante para compreender como as formas de uso alteram o estoque de carbono no solo e a emissão de CO<sub>2</sub>. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a capacidade de armazenamento de carbono no solo, em diferentes classes de uso, no município de Serrolândia, Bahia. O mapa de uso foi elaborado com os dados do MapBiomass. Para a avaliação do estoque de carbono, foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, no ecossistema Caatinga e nos agroecossistemas pastagem e agricultura. Os resultados indicam predomínio de pastagens (76,08%), em contraste com a vegetação de Caatinga (18,57%). A Caatinga apresentou maior estoque de C orgânico no solo, 40,86 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida pela pastagem, 22,34 Mg ha<sup>-1</sup>, e pela agricultura, 20,71 Mg ha<sup>-1</sup>, para uma profundidade de 30 cm. A conversão da Caatinga para pastagem e lavoura resultou em perdas do estoque de C orgânico de, aproximadamente, 45,32% e de 49,32%, respectivamente, o que contribui para o aumento da emissão de dióxido de carbono.

**Palavras-chave:** Carbono orgânico. Latossolo. Semiárido. Uso da terra.

## CARBON STORAGE UNDER DIFFERENT TYPES OF SOIL USE IN THE CAATINGA (BRAZILIAN SAVANNAH) BIOME

### ABSTRACT

Human activities modify the natural landscape and promote changes in land use and cover, causing negative impacts and contributing to climate change. Mapping land use and cover is relevant to understanding in which ways the land use modifies soil carbon stock and the CO<sub>2</sub> emission into the atmosphere. This research aims to evaluate the soil carbon storage capacity under different use classification in Serrolândia municipality, Bahia State, Brazil. The usage map was drawn up based on MapBiomass data. Soil samples were collected from the surface at 0 to 10, 10 to 20, and 20 to 30 cm depths in the Caatinga (Brazilian Savannah) ecosystem and in the pasture and agriculture agroecosystems to evaluate the carbon stock. Results indicate predominance of pastures (76.08%) in contrast to the Caatinga vegetation (18.57%). The Caatinga showed a higher soil organic carbon stock with 40.86 Mg ha<sup>-1</sup> at 30 cm soil depth, followed by pasture with 22.34 Mg ha<sup>-1</sup> and agriculture with 20.71 Mg ha<sup>-1</sup>. Changing the Caatinga to pasture and farming resulted in organic carbon stock losses of approximately 45.32% and 49.32%, respectively, contributing to increased carbon dioxide emissions.

**Keywords:** Land use. Latosol. Organic carbon. Semi-arid.

### INTRODUÇÃO

É importante entender como as mudanças no uso da terra afetam o estoque de carbono orgânico no solo para promover a sustentabilidade agrícola e proteger as áreas de vegetação nativa, tendo em vista que a perda de carbono no solo contribui para a intensificação das mudanças climáticas (Medeiros *et al.*, 2021).

Essas influências são evidentes, nos espaços rurais, onde a conversão de áreas florestais em agropecuária, combinada com a aplicação de agroquímicos e a adoção de práticas agrícolas inadequadas, além de queimadas e desmatamentos, têm gerado efeitos deletérios nos ecossistemas (Stenzinger, 2016). Esses efeitos afetam a dinâmica natural do solo, no sentido de formação e ciclagem de nutrientes, comprometendo a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos. Dessa forma, é importante levar em conta a relevância do solo como serviço de suporte, considerando que ele “é a base para que os serviços ecossistêmicos sejam cumpridos e, conseqüentemente, para o bem-estar humano” (Vezzani, 2015, p. 679).

O solo é um recurso que fornece diversos serviços ecossistêmicos, incluindo a produção de alimentos, a filtragem de água, a ciclagem de nutrientes e outros bens importantes para a manutenção da vida. O solo também dispõe de funções, como suporte para vegetação, armazenamento, ciclagem e fornecimento de nutrientes para as plantas e suporte para as atividades humanas de infraestrutura. Essas funções se enquadram como serviço de suporte. Outras funções são classificadas como serviços de provisão, como armazenamento de água, crescimento e produção de plantas, recursos de materiais e produtos biológicos. Como função do serviço de regulação, os solos podem controlar pragas na biota do solo, decompor e eliminar resíduos e poluentes, reter sedimentos, filtrar água, regular fluxos hidrológicos, secas e enchentes, sequestro e acúmulo de carbono, atuando na regulação climática (Vezzani, 2015).

Os indicadores do solo permitem compreender seu estado atual, avaliar os efeitos das mudanças no uso da terra e planejar práticas de manejo. Prado *et al.* (2016) salientam que indicadores das funções do solo incluem: i) Indicadores biológicos, que são relacionados aos organismos vivos presentes no solo, como a diversidade e a atividade da fauna e da flora do solo; ii) Indicadores microbiológicos, que se referem aos microrganismos presentes no solo e sua atividade, o que pode incluir análises de comunidades bacterianas e fúngicas; iii) Indicadores físico-químicos, que avaliam propriedades físicas e químicas do solo, como sua textura, porosidade, pH, capacidade de retenção de água, teor de nutrientes, entre outros; e iv) Matéria orgânica, que indica sua saúde e sua capacidade de sustentar atividades biológicas.

O solo é o maior reservatório de carbono nos ecossistemas terrestres, tendo a capacidade de armazenar mais carbono em relação à vegetação (Machado, 2005). Essa característica também se aplica quando comparado à atmosfera (Medeiros *et al.*, 2023). O estoque de C orgânico no solo também é um indicador de serviço ambiental, principalmente na abordagem das mudanças climáticas, por permitir uma análise entre diferentes práticas de manejo e uso da terra, climas, tipos de solos e biomas (Parron *et al.*, 2015). Em razão de variáveis complexas e de contextos diversos, é importante adotar abordagens locais e regionais para avaliar funções do solo, nos quais se deve levar em consideração fatores edáficos, climáticos, sociais e econômicos (Prado *et al.*, 2016).

A atividade agrícola é beneficiada pelos serviços ecossistêmicos, que contribuem para sua produtividade. Além disso, a agricultura pode desempenhar papel importante na manutenção desses serviços, tendo como base a ciclagem de nutrientes, a fertilidade do solo, o controle da erosão, o agroturismo e outros benefícios, desde que adotadas práticas de manejo adequadas (Embrapa, 2013). Entretanto o principal impacto ambiental nas florestas resulta do desmatamento, seguido pelas queimadas em grandes áreas destinadas à agropecuária (Lima; Menezes; Almeida, 2020).

O ecossistema da Caatinga está entre os mais devastados do mundo e os mais alterados por atividades humanas (Tabarelli *et al.*, 2018). Dados do relatório anual do desmatamento no Brasil, por meio do projeto MapBiomas Alerta, apontam que a Caatinga compreende 7% da área desmatada no país. Entre os seis biomas brasileiros, a Caatinga é o terceiro bioma mais desmatado. No ano de 2021, estima-se que aproximadamente 116.260 ha tenham sido desmatados (MapBiomas, 2022).

O bioma Caatinga tem enfrentado forte pressão nos últimos anos em razão das mudanças no uso do solo. Segundo um estudo desenvolvido por Campos e Oliveira (2024), ao longo de 36 anos, houve redução de 66,98 km<sup>2</sup> de área de Caatinga, no município de Serrolândia, Bahia, o que equivale a uma perda de 58,83% da área de mata nativa. Essas transformações do uso do solo trazem consequências para as mudanças climáticas pela interferência no ciclo do carbono e na capacidade de armazená-lo no solo nos diferentes tipos de uso.

É importante destacar que no semiárido a desertificação também se configura como o principal problema ambiental, causado pela exposição dos solos pela retirada da cobertura vegetal, o que empobrece o solo, evidencia a fragilidade do ecossistema e emite CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Accioly *et al.*, 2017).

Assim, o uso e manejo do solo é um fator importante na compreensão das mudanças climáticas e um dos motivos que causam impactos ambientais, em diferentes cenários, tendo em vista que o solo pode atuar como fonte ou emissor de carbono. Nesse sentido, esta pesquisa tem como questão a ser investigada o seguinte problema: Como o uso e a cobertura da terra afetam a dinâmica de carbono no solo, no bioma Caatinga?

Existem importantes dados da literatura que analisam o estoque de carbono no solo em ambiente de Caatinga. Entre esses dados, destacam-se os trabalhos de Araújo Filho *et al.* (2018), Santana *et al.* (2019), Menezes *et al.* (2021), Silva *et al.* (2021), Santana *et al.* (2022) e Macedo *et al.* (2023). Esses trabalhos são importantes, para conduzir pesquisas sobre os estoques de carbono e ampliar as investigações, pois a Caatinga está associada a diferentes paisagens que compõem uma diversidade de solos (Araújo Filho, 2011). Entretanto os estudos que avaliam essa dinâmica do estoque do carbono na Caatinga ainda são escassos na literatura, em razão da natureza endêmica e diversificada desse bioma, o que torna suas características menos estudadas em comparação com outros biomas brasileiros.

O município de Serrolândia, Bahia, está situado no “Polígono das Secas”, região semiárida do Nordeste brasileiro, caracterizada pelo bioma Caatinga. No município não há registros de pesquisas sobre o uso e a cobertura da terra e suas influências no estoque de carbono, tornando imprescindível a realização de estudos dessa natureza, uma vez que é evidente o aumento das atividades antrópicas no município. Os resultados desta pesquisa fornecem contribuições relevantes para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas no município, auxiliando na elaboração de estratégias de mitigação dos impactos ambientais.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de estoque de carbono no solo, no bioma Caatinga, em função das alterações no uso e na cobertura das terras no município de Serrolândia, Bahia.

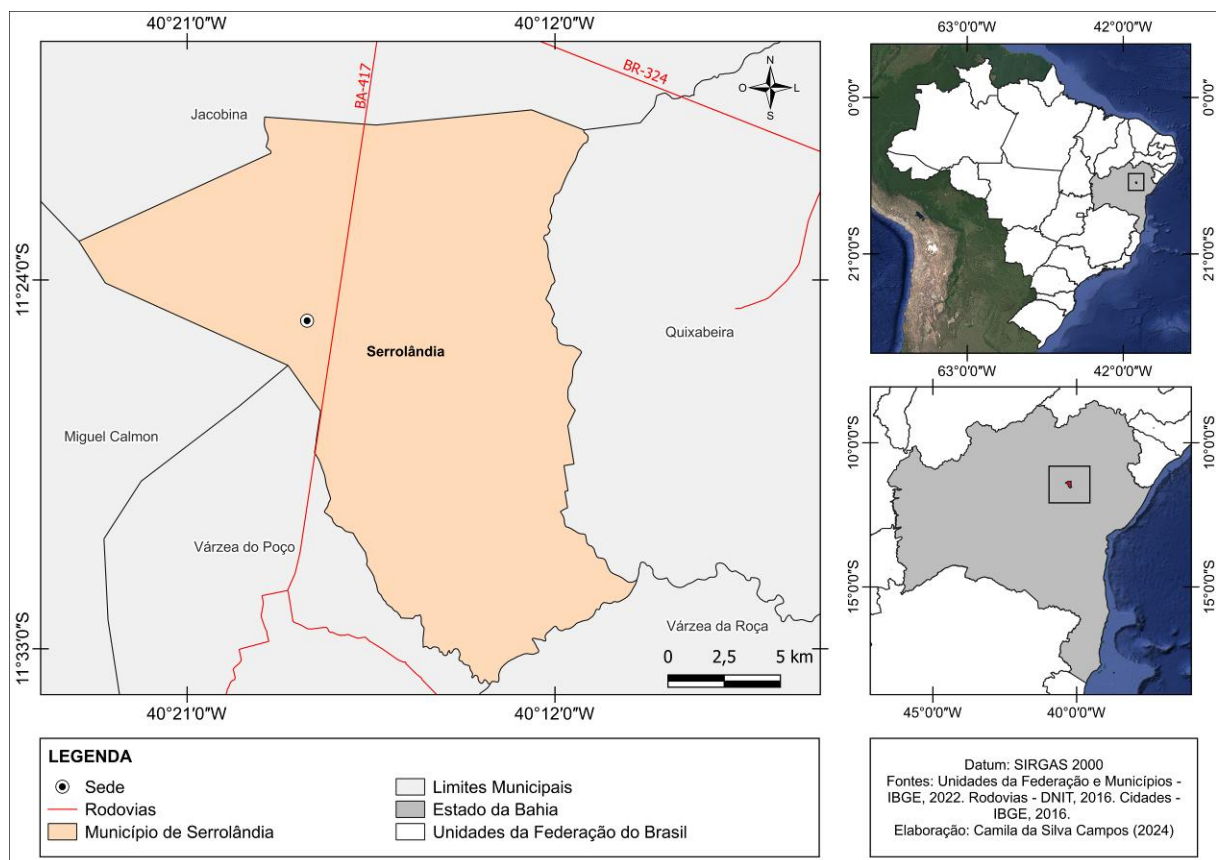
## METODOLOGIA

### ***Localização e caracterização da área de estudo***

A pesquisa foi conduzida, no município de Serrolândia-BA, distante, aproximadamente, 320 km de Salvador, capital do estado. A área em questão localiza-se numa região de clima semiárido, na Mesorregião do Centro Norte Baiano e Microrregião de Jacobina (IBGE, 2021) (Figura 1). A sede do município está localizada nas coordenadas 11° 25' 7" S e 40° 17' 40" O (Datum SIRGAS 2000), correspondente às folhas topográficas de Caldeirão Grande (SC.24-Y-D-I) e Mundo Novo (SC.24-Y-D-IV). O município tem área de 322,022 km<sup>2</sup> e faz limites ao Norte com Jacobina, ao Sul com Várzea da Roça, a Leste com Quixabeira e a Oeste com Miguel Calmon e Várzea do Poço (IBGE, 2023).

Quanto ao meio físico, o município de Serrolândia está inserido nas unidades litoestratigráficas Caraíba e Cobertura Detrito-Lateríticas ferruginosas, as quais representam 72% da área do município. O complexo Caraíba, do período Neoarqueano, é constituído principalmente de charnockítico e ortognaisse granulítico enderbítico. De formação mais recente, do período Cenozoico tem-se a Cobertura Detrito-Lateríticas Ferruginosas. Essa unidade geológico-ambiental é composta de sedimentos argiloarenosos de cor amarelada, cauliniticos, alóctones e autóctones, parcial ou totalmente pedogenizados, gerados por processos aluviocoluviais, contendo Areia, Argila, Laterita, Silte e Aglomerados como litótipos (CPRM, 2024). As classes de relevo predominantes são plano e suave ondulado, representando 75% da área total. A maior parte do município tem altitude na faixa de 400 a 500 metros, equivalendo a 92,68% da sua área. A hidrografia predominante é do tipo intermitente, com padrão de drenagem fluvial dendrítica ou arborescente, estando as correntes tributárias distribuídas ao longo da superfície do terreno (Campos; Oliveira, 2024). Os principais rios que drenam o território de Serrolândia são o Rio Jacuípe, Riacho Inchu, o Riacho da Fome, o Riacho Caiçara, o Rio do Peixe de Cima ou Pedra D'Água e o Açude Serrote, importante corpo hídrico do município, localizado próximo à área urbana, que abasteceu a população nos períodos de estiagem nas últimas décadas (BAHIA, 2015).

Figura 1 - Município de Serrolândia (BA): Localização, 2024



Fontes: IBGE (2016); DNIT (2016); IBGE (2022a). Elaboração: as autoras (2024).

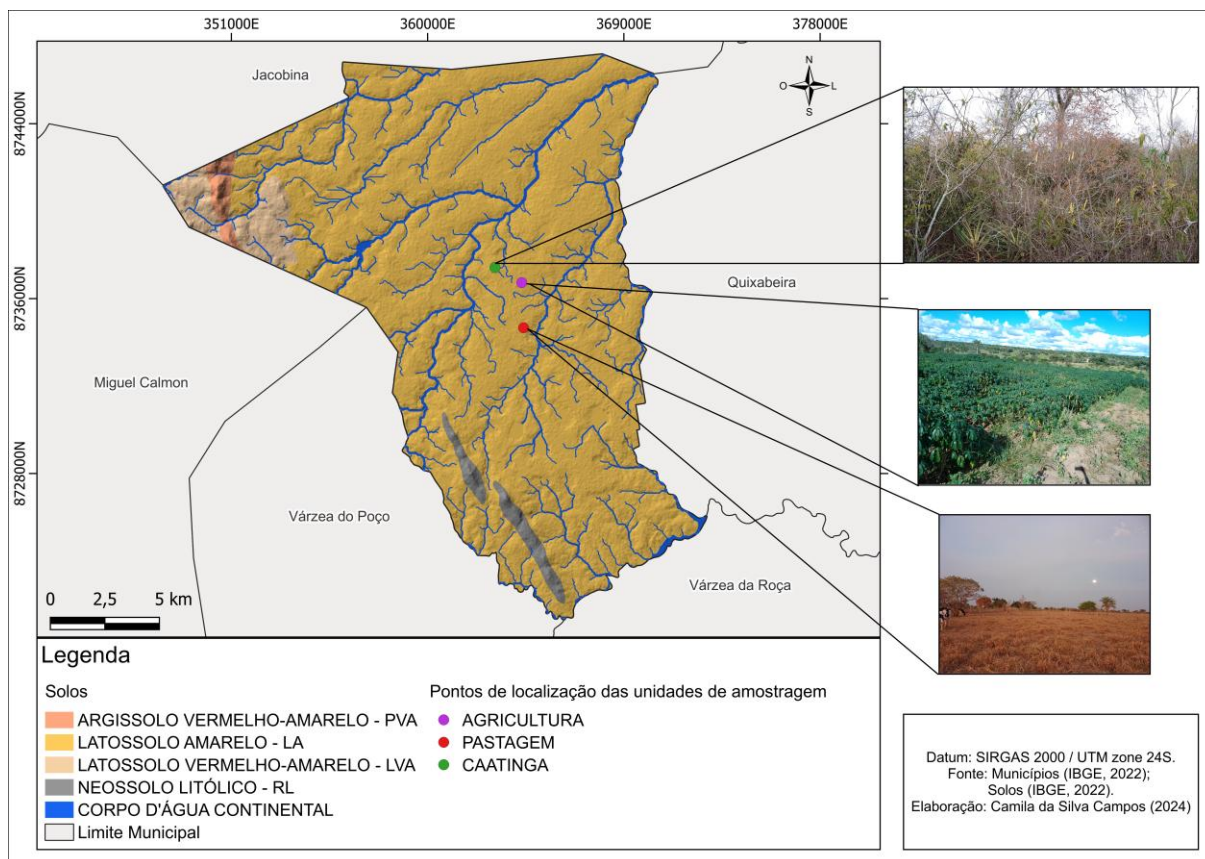
O município de Serrolândia apresenta clima semiárido, com precipitação média anual de 660 mm e precipitação média mensal de 55 mm, observadas no período de 30 anos. A estação chuvosa se estende de dezembro a abril (precipitação > 60 mm em cada mês, no período em questão), e os meses secos vão de maio a novembro (precipitação ≤ 60 mm em cada mês, no período em questão), sendo setembro e outubro os meses mais secos do ano, com média de 29 e 33 mm, respectivamente e incidência de altas temperaturas, com máximas de 28 e 30 graus Celsius, respectivamente. A temperatura média anual é superior a 18°C, com média anual de 24° C, sendo as mínimas entre 17° C e 21° C e as máximas entre 25° C e 30° C (CLIMATEMPO, 2024).

No município estão presentes os tipos de solos Latossolo Amarelo Distrófico (92,9%), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (3,8%), Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (1,0%) e Neossolo Litólico Eutrófico (1,8%) (IBGE, 2022b) (Figura 2).

Os Latossolos Amarelos Distróficos ocupam 92% da área do município, apresentam classe textural franco-arenosa, acidez e disponibilidade de macronutrientes baixa a média (Campos; Oliveira, 2024). Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos apresentam baixa saturação por bases (inferior a 50%), sendo solos profundos e bem drenados. Os Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos e os Neossolos Litólicos Eutróficos, por sua vez, apresentam saturação por bases superior a 50%. O Neossolo é classificado como raso ou muito raso e ocorre, em áreas de relevo mais acidentado, enquanto o Argissolo é mais profundo e apresenta argila de baixa atividade (Shinzato; Teixeira; Mendes, 2010).



Figura 2 - Município de Serrolândia (BA): Mapa de classes de solos, 2023



Fontes: IBGE (2022a); IBGE (2022b). Elaboração: as autoras (2024).

### Unidades de amostragens e coleta de amostras de solo

Para avaliação dos teores de carbono orgânico no solo, foram selecionadas três classes de uso e cobertura da terra, com três repetições: I) Caatinga, livre de ação antrópica; II) Pastagem; e III) Agricultura temporária. Para definição das unidades de amostragem, foram observados os seguintes critérios de homogeneidade: cor, textura, topografia, vegetação e umidade do solo.

As áreas de Caatinga - Contato Savana-Estépica/Floresta Estacional - não têm relatos de uso da terra ou de desmatamento e permaneceram inalteradas por, pelo menos, 50 anos. As áreas de pastagem têm, em média, 25 anos de uso, com cultivo de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) para criação de gado leiteiro. O manejo é feito por aração com trator, sem aplicação de fertilizante químico, adubação ou correção de solo. O serviço de capina é feito com manutenção do material vegetal sobre o solo. As pastagens estavam em condições de degradação moderada do tipo biológica, conforme a classificação de Dias Filho (2017). As áreas de agricultura têm, em média, seis anos de uso, sendo utilizadas como lavoura temporária de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O manejo do solo é feito por aração com trator a cada dois anos e capina manual, com incorporação ao solo de resíduo vegetal. Também não há correção do solo, adição de fertilizante químico, adubação ou irrigação. Houve emprego de fogo na limpeza de algumas áreas.

Para identificar o histórico e o sistema de manejo do solo nas unidades, foram realizadas entrevistas com o consentimento dos proprietários e produtores rurais, mediante a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob parecer nº 6.333.321 e CAAE nº 71169623.7.0000.0057.

O estoque de C do solo foi avaliado na profundidade padrão de 0 a 30 cm, conforme sugere o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em seu regulamento (IPCC, 2019).

Todas as unidades de amostragem se situam em áreas de Latossolo Amarelo Distrófico, de classe textural franco-arenosa, na condição de relevo plano a suave ondulado. Conforme descrito por Campos (2024), as características físicas e químicas dos solos da área de estudo são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Município de Serrolândia (BA): Parâmetros da estatística descritiva para medidas de posição, dispersão e teste de normalidade para os atributos do solo, na profundidade de 0 a 30 cm, 2023

	Unidade	Média	Mediana	CV%	Mínimo	Máximo	W	p <sup>1</sup>
<b>pHH<sub>2</sub>O</b>	-	5,0±0,05	5,0	4,0	4,7	5,5	0,94	0,12
<b>C org</b>	g kg <sup>-1</sup>	6,1±0,5	5	41,0	3,5	12,6	0,80	< 0,001
<b>MO</b>	g kg <sup>-1</sup>	10,6±0,8	8,5	40,6	6,0	21,7	0,80	< 0,001
<b>P</b>	mg dm <sup>-3</sup>	3,4±0,12	3,0	17,6	3,0	5,0	0,66	< 0,001
<b>K</b>	mg dm <sup>-3</sup>	52,04±3,51	49,00	35,03	32,00	97,00	0,88	0,004
<b>Ca</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,8±0,04	0,8	25,0	0,6	1,3	0,88	0,004
<b>Mg</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2±0,02	0,2	50,0	0,1	0,5	0,82	< 0,001
<b>Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,5±0,03	0,5	40,0	0,2	0,8	0,94	0,15
<b>H+Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,3±0,21	3,1	33,3	1,8	6,1	0,94	0,09
<b>Na</b>	mg dm <sup>-3</sup>	3,63±0,21	4,00	29,75	2,00	6,00	0,92	0,03
<b>SB</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,1±0,06	1,0	27,3	0,8	1,7	0,86	0,002
<b>CTCe</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,6±0,10	2,0	31,3	1,0	2,0	0,63	< 0,001
<b>CTCt</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,4±0,25	4,1	29,50	2,6	7,8	0,93	0,09
<b>m%</b>	%	31±2,07	30	35	12	49	0,96	0,34
<b>V%</b>	%	27±1,18	28	22	18	44	0,93	0,07

P= fósforo; K = potássio; Ca= cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio trocável; (H + Al) = acidez potencial; pHH<sub>2</sub>O = potencial hidrogeniônico em água; Na = sódio; SB = soma de bases; CTC= capacidade de troca catiônica; m%= saturação por alumínio; V% = saturação por bases; C org = carbono orgânico; MO = matéria orgânica. CV = Coeficiente de variação; <sup>1</sup>Teste de Shapiro-Wilk, em que p>0,05 segue uma distribuição normal; p<0,05 não segue uma distribuição normal.

Tabela 2 - Município de Serrolândia (BA): Parâmetros da estatística descritiva para medidas de posição, dispersão e teste de normalidade, na profundidade de 0 a 30 cm, 2023

Estatística	Argila total <sup>1</sup>	Silte	Areia	Argila natural <sup>2</sup>	Grau de flocculação	Densidade do solo
	.....g kg <sup>-1</sup> .....				.....%.....	....g cm <sup>-3</sup> .....
Média	170,00	33,00	797,00	112,00	35,00	1,53
Mediana	150,00	30,00	795,00	110,00	29,00	1,53
Moda	150,00	3,00	767,00	150,00		1,47
Mínimo	150,00	3,00	767,00	50,00	0,00	1,47
Máximo	200,00	83,00	824,00	150,00	67,00	1,56
CV (%)	15,20	78,20	2,20	35,20	60,00	1,96
W	0,64	0,93	0,98	0,83	0,91	0,92
p <sup>3</sup>	<0,001	0,406	0,953	0,038	0,304	0,043

<sup>1</sup>Obtida em suspensão com dispersão em NaOH. <sup>2</sup>Obtida em suspensão sem o uso de NaOH. Fonte: Campos (2024). <sup>3</sup>Teste de Shapiro-Wilk, em que p>0,05 segue uma distribuição normal; p<0,05 não segue uma distribuição normal.

### **Determinação do carbono orgânico e cálculo do estoque de carbono**

As análises químicas, para determinação do carbono orgânico, foram feitas pelo método volumétrico, utilizando a solução de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) ( $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ ), titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal, na concentração de  $0,102 \text{ mol L}^{-1}$ . Todas as análises foram feitas segundo metodologia de Teixeira *et al.* (2017). De posse dos resultados, foram calculados os teores de matéria orgânica.

A matéria orgânica em % (dag/kg) foi calculada pela Equação 1:

$$\%MO = \%C \times 1,725 \text{ (fator de Van Bemmelen)} \quad (1)$$

Para o cálculo do estoque de carbono, foram utilizados o teor de carbono orgânico, a espessura da camada determinada na coleta e a densidade do solo (Equação 2). A densidade do solo foi obtida pelo método da proveta, proposta por Almeida *et al.* (2017), em razão da textura arenosa das amostras de solo.

$$EC = C \times p \times Ds \times 10 \quad (2)$$

Em que EC é o estoque de carbono ( $\text{t ha}^{-1}$ ), C é o teor de carbono orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$ ), p é a espessura da camada amostrada (m) e Ds é a densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ). Para avaliação da fertilidade do solo, os teores de matéria orgânica foram classificados segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva, por meio das medidas de posição (média, mediana e moda) e de dispersão (coeficiente de variação). Para comparação dos teores de estoque de carbono entre as diferentes classes de uso, foi aplicada análise de variância (ANOVA), com o teste de médias Tukey. Os procedimentos foram efetuados no programa Jamovi, versão 2.3.21, *software* livre, de código aberto.

### **Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra**

O mapa de uso e de cobertura da terra foi obtido no formato *raster*, com resolução de 30 m, disponível na plataforma MapBiomas, para o ano de 2021, coleção 7.1 (MapBiomas, 2023). As classes identificadas foram Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Agropecuária, Áreas não Vegetadas e Corpos d'água. Por meio da plataforma *Google Earth Engine*, por meio do Toolkit, foram selecionados a coleção e o ano de interesse do mapeamento. O arquivo foi baixado no formato GeoTiff junto aos dados de área. O código referente à classe de uso e respectiva legenda com paleta de cores estão disponíveis no site do MapBiomas (MapBiomas, 2021). Foi utilizado o *software* QGIS, versão 3.32.2, um *software* livre, de código-fonte aberto, para a produção do mapa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

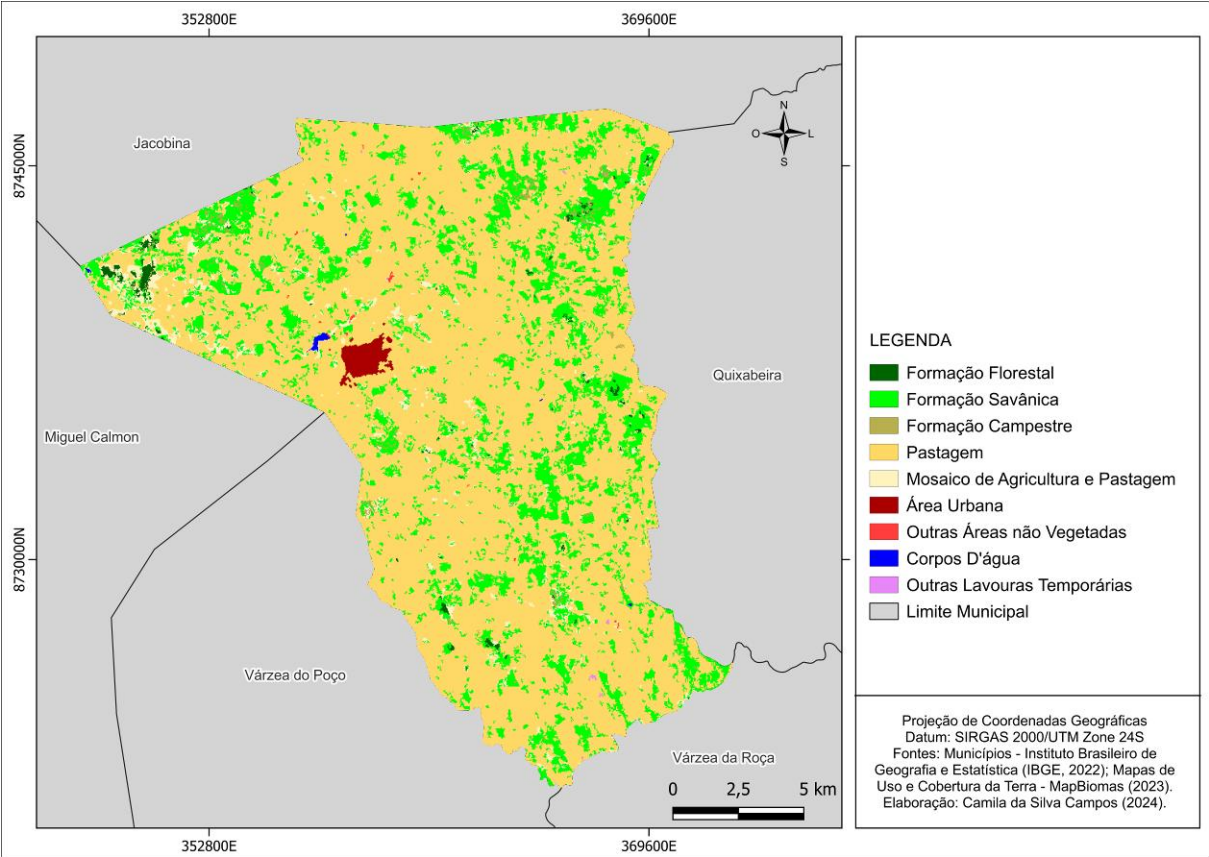
### **Avaliação do uso e cobertura da terra**

A distribuição espacial do uso e cobertura da terra permite identificar padrões espaciais que evidenciam a influência antrópica no município. A Figura 3 mostra as classes de uso e cobertura da terra do município de Serrolândia para o ano de 2021.

Em 2021, observa-se uma fragmentação da Formação Savânica, em razão da predominância de áreas destinadas à agropecuária. Portanto a paisagem está distribuída em fragmentos de Caatinga imersos em uma matriz de pastagem. A intensificação dessas atividades humanas e a fragmentação da vegetação, em ambientes áridos e semiáridos, podem contribuir para a degradação do solo, a erosão, a perda de biodiversidade e a escassez de recursos hídricos, evidenciando fragilidades ambientais nesses ecossistemas (Fernandes *et al.*, 2020; Masroor *et al.*, 2022).

A classe predominante no município são as pastagens, seguidas pela Formação Savânica, que compreende 'a vegetação da Caatinga, com predomínio de espécies de dossel semicontínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada (MapBiomas, 2021). Essa classe de vegetação nativa ocupava 18,57% da área total no ano de 2021, enquanto a pastagem ocupava 244,99  $\text{km}^2$  no mesmo ano, o que corresponde a 76,08% da área total do município (Tabela 3).

Figura 3 - Município de Serrolândia (BA): Mapa de uso e cobertura da terra, 2021



Fontes: IBGE (2022a); MAPBIOMAS (2023). Elaboração: as autoras (2024).

Tabela 3 - Município de Serrolândia (BA): Uso e cobertura da terra em 2021

CLASSES	Área (km²)	Área (%)
Pastagem	244,99	76,08
Formação Savânica	59,81	18,57
Mosaico de Agricultura e Pastagem	10,69	3,32
Formação Florestal	1,82	0,56
Formação Campestre	2,02	0,63
Corpos D'água	0,24	0,08
Área Urbana	2,17	0,67
Outras Áreas não Vegetadas	0,18	0,05
Outras Lavouras Temporárias	0,10	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>322,02</b>	<b>100,00</b>

Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: as autoras (2024).

Além da classe de Formação Savânica, há ainda as áreas de Formação Florestal, que correspondem à Caatinga Floresta Estacional. Essa classe abrangia aproximadamente 0,56% da área do município, em 2021, compreendendo 1,82 km² de extensão. Segundo Campos (2024), houve uma diminuição significativa na área de Formação Florestal, ao longo dos últimos 36 anos.

As outras lavouras temporárias ocupam a menor área do município (0,03%), correspondendo às unidades de cultivos agrícolas de curta ou média duração, com ciclos menores que um ano, que, após a colheita, necessitam de novo plantio para produzir (MapBiomas, 2021). As classes de Outras Lavouras Temporárias



e Mosaico de Agricultura e Pastagem somam, juntas, 10,79 km<sup>2</sup>, ocupando as áreas agrícolas 3,35% da área total do município.

O avanço das áreas de agrossistemas pode resultar em pressões adicionais, nas áreas de Caatinga e nos recursos naturais, necessitando de um planejamento ambiental adequado, para mitigar os impactos ambientais negativos, que possam ocorrer mediante essa conversão. Em consonância com Souza (2018), deve-se considerar o mapeamento de uso e cobertura da terra, para fins de planejamento ambiental, tendo em conta os aspectos físico-naturais e a avaliação das condições ambientais dos sistemas agropecuários, como o manejo e uso do solo, pois o crescimento dessas unidades indica avanço antrópico em áreas vegetacionais nativas. A menor representação de Formação Savânica, que é a vegetação nativa da Caatinga no município, em relação à pastagem, é um fator preocupante, por caracterizar uma redução da biodiversidade e uma menor oferta de serviços ecossistêmicos (Novaes *et al.*, 2017).

#### **Efeito da cobertura e uso da terra nos teores de carbono orgânico e da matéria orgânica**

Os níveis de matéria orgânica são um dos indicadores da qualidade e do armazenamento de carbono nos solos (Lobo *et al.*, 2019). No entanto é importante considerar que quanto maior a quantidade de matéria orgânica, mais ácido tende a ser o solo, devido à liberação de amônio durante a decomposição e à remoção de Ca e Mg no processo de absorção (Malavolta, 1999). A Tabela 4 apresenta os teores de carbono orgânico e de matéria orgânica no solo, para as classes de uso avaliadas, considerando a profundidade de 0 a 30 cm.

Tabela 4 - Município de Serrolândia (BA): Média e erro padrão dos teores de carbono orgânico e de matéria orgânica na profundidade de 0 a 30 cm, 2023

Uso do solo	Carbono orgânico		Matéria Orgânica	
	.....g kg <sup>-1</sup> .....			
	Média	Classe	Média	Classe
Pastagem	4,8 ± 0,1	Ba	8,4 ± 0,2	Ba
Agricultura	4,5± 0,2	Ba	7,7 ± 0,4	Ba
Caatinga	9,1± 0,7	Ba	15,7 ± 1,3	Ba

Classe: M = médio; Ba = baixo; MBa = muito baixo B = bom; MB = muito bom, de acordo com a CFSEMG (1999).

A Caatinga apresenta média mais elevada de carbono orgânico, seguida pela pastagem e agricultura (Tabelas 4, 5 e 6). Valores inferiores aos observados neste estudo foram encontrados por Sacramento *et al.* (2018), em solos de textura arenosa, sob Caatinga, com aporte de C orgânico variando de 1,6 a 3,5 g kg<sup>-1</sup>. Rezende *et al.* (2021) registraram média de 14,39 g kg<sup>-1</sup> de C orgânico, na profundidade de 0 a 10 cm, em área de Caatinga preservada, em solo de textura arenosa e média de 4,77 g kg<sup>-1</sup> em área de cultivo de mandioca. Essas médias observadas são ligeiramente superiores às encontrados neste estudo. Essa variação comprova a heterogeneidade, no aporte de C orgânico dos solos do semiárido, os quais abrigam uma grande diversidade de espécies e condições particulares.

Nas classes de pastagem e agricultura, a concentração de carbono orgânico é semelhante, com 4,8 e 4,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A pastagem apresenta um pequeno incremento na média na profundidade de 10 a 30 cm (Tabela 7), em relação à agricultura, em função da contribuição do sistema radicular denso e profundo do *Brachiaria decumbens* (Silva *et al.*, 2021). Entretanto não houve diferença estatística significativa entre esses usos, conforme a Tabela 5. As áreas agrícolas apresentam maior redução de carbono orgânico no solo pelo revolvimento e à maior exposição solar em comparação às áreas de pastagem (Gessesse *et al.*, 2020; Srinivasarao *et al.*, 2021; Santana *et al.*, 2022). Idêntica constatação foi feita por Rezende *et al.* (2021), em plantio de mandioca, com preparação do terreno, por meio de aração animal sem neutralização de acidez, sem fertilização, com capina manual do terreno. As áreas de plantio de mandioca reduzem os níveis de carbono orgânico no solo pelo revolvimento do terreno e remoção de detritos florestais, em comparação

com a vegetação nativa conservada, em que esses fatores não ocorrem, somado à decomposição gradual dos resíduos vegetais.

Os teores de carbono orgânico variaram significativamente, em função do uso do solo ( $p < 0,001$ ) (Tabela 5), conforme também observado por Gessesse *et al.* (2020). Na Caatinga, os maiores valores de C orgânico e de MO são em razão de um maior aporte de nutrientes, o que favorece a deposição do material vegetal. O estado de degradação das pastagens explica os baixos teores de C orgânico e de MO (Macedo *et al.*, 2021).

Tabela 5 - Serrolândia (BA): Modelo da regressão “glm” (general linear model) na profundidade de 0 a 30 cm das amostras de solo, 2023

Nomes	Efeito	Estimativa	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95%		Z	p
				Inferior	Superior		
(Inter.)	(Inter.)	6,136	0.212	5.74	6.574	28.876	< .001
Past	Agri – Past	-0,363	0.375	-1.11	0.373	-0.968	0.343
Agri	Caat – Past	4,238	0.584	3.13	5.440	7.251	< .001

Past=pastagem; Agri=agricultura; Caat=caatinga; Inter=intercepto.

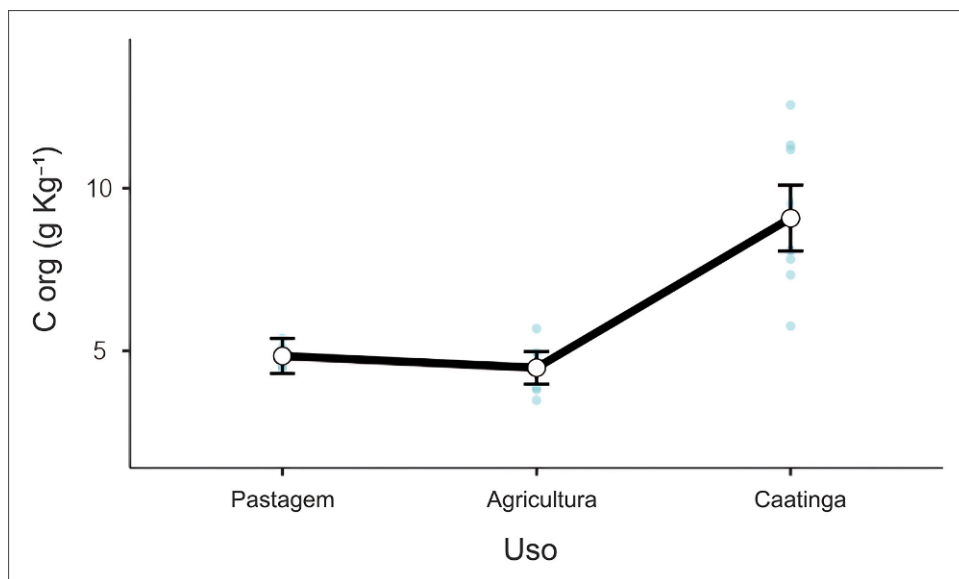
Tabela 6 - Comparação das médias pelo teste de Tukey

Comparação		Diferença Média	Erro-padrão	GI	t	p (Tukey)
Uso	Uso					
Pastagem	Agricultura	0,363	0.638	24.000	0.569	0.838
Pastagem	Caatinga	-4,238	0.638	24.000	-6.646	< 0.001
Agricultura	Caatinga	-4,601	0.638	24.000	-7.215	< 0.001

A diferença entre o valor de carbono da Caatinga e o da pastagem é de 4,2 g kg<sup>-1</sup> de carbono. A diferença entre a Caatinga e a agricultura é de 4,6 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico. Assim, ao alterar o uso da Caatinga para implantar pastagem e agricultura, são perdidos 4,2 e 4,6 g de C orgânico por kg de solo, respectivamente. Esses valores são específicos, para as condições edafoclimáticas da área de estudo, sugerindo que áreas com condições ambientais semelhantes podem apresentar respostas similares às conversões de uso. Não houve diferença significativa entre os teores de carbono orgânico na agricultura e na pastagem (Figura 4).

Apesar de a vegetação nativa apresentar teores mais elevados de C orgânico, em relação à pastagem e à agricultura, é importante frisar que, nas áreas semiáridas, os solos têm baixos teores de matéria orgânica, com valores entre 5 g kg<sup>-1</sup> e 30 g kg<sup>-1</sup> e frequentemente menos de 10 g kg<sup>-1</sup> (Smith; Elliott, 1990). Isso ocorre por causa da quantidade reduzida de serrapilheira depositada no solo e das condições climáticas dessa região, tendo em vista que as altas temperaturas também contribuem para a rápida decomposição da matéria orgânica do solo (Bastos *et al.*, 2012; Giongo; Angelotti, 2022). A natureza arenosa do solo também justifica os baixos teores de matéria orgânica (Donagemma *et al.*, 2016), razão pela qual os valores de C orgânico e de MO foram classificados como baixos, em todas as classes de uso, considerando a variação dos pontos observados, destacados em azul (Figura 4).

Figura 4 - Serrolândia (BA): Média dos teores de C orgânico e intervalo de confiança (95%) das amostras de solo, 2023



Fonte: As autoras (2024).

Os teores de C orgânico e de MO foram maiores em todas as profundidades no solo sob Caatinga. Mesmo a 30 cm de profundidade, a cobertura do solo ainda influencia o teor de carbono orgânico (Tabela 7, Figura 5). É importante ressaltar que o sistema radicular de cada espécie é fundamental nessa relação. De acordo com Giongo *et al.* (2021), a presença de MO do solo em maiores profundidades pode ser atribuída à decomposição de resíduos orgânicos, tais como detritos vegetais e animais, juntamente com a atividade biológica do solo. As raízes das plantas têm a capacidade de penetrar, em camadas mais profundas do solo, contribuindo para a acumulação de matéria orgânica à medida que se decompõem.

Os dados indicam que a distribuição de C orgânico e de MO no solo da Caatinga varia com a profundidade, sendo os teores mais concentrados na superfície, em razão da deposição de resíduos orgânicos, contribuindo para um maior conteúdo de carbono orgânico na camada de 0 a 10 cm, com média de 11,1 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7). Esses resultados estão em consonância com os observados por Dias *et al.* (2019).

Tabela 7 - Município de Serrolândia (BA): Distribuição de carbono orgânico, matéria orgânica, densidade e estoque de carbono no solo nas profundidades de 0 a 10, de 10 a 20 e de 20 a 30 cm, 2023

Uso do solo	Profundidade (cm)	C org	MO	Ds	Est C
		.....g kg <sup>-1</sup> .....		....g cm <sup>3</sup> ....	...Mg ha <sup>-1</sup> ...
		Média	Média	Média	Média
Pastagem	0-10	4,9±0,15	8,4±0,25	1,55	7,58
	10-20	4,7±0,17	8,2±0,29	1,52	7,20
	20-30	4,9±0,26	8,5±0,45	1,54	7,56
Agricultura	0-10	5,0±0,39	8,6±0,67	1,53	7,66
	10-20	4,5±0,34	7,7±0,58	1,54	6,87
	20-30	4,0±0,34	6,9±0,59	1,55	6,18
Caatinga	0-10	11,1±0,88	19,1±1,51	1,50	16,68
	10-20	7,2±0,74	12,5±1,27	1,48	10,72
	20-30	8,9±1,22	15,4±2,11	1,51	13,46

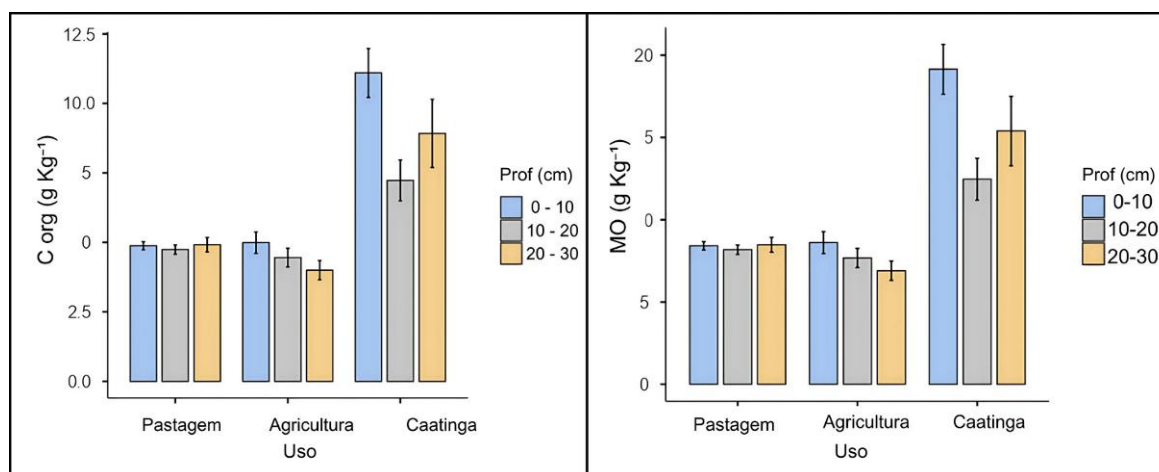
C org= carbono orgânico; MO= matéria orgânica; Ds= densidade do solo; Est C= estoque de carbono.

Os teores de MO na camada superficial (0 a 10 cm) apresentaram média de 8,4 g kg<sup>-1</sup> na pastagem, de 8,6 g kg<sup>-1</sup> na agricultura e de 19,1 g kg<sup>-1</sup> no ecossistema da Caatinga (Tabela 7). Na profundidade de 10 a 20 cm, a média para a mesma classe diminui. Portanto a quantidade de C orgânico e de MO diminui à medida que a profundidade aumenta, conforme observado por Okolo *et al.* (2023).

A intervenção antrópica e o uso de implementos agrícolas podem acelerar a mineralização ao aumentar a exposição da matéria orgânica aos microrganismos do solo. Por outro lado, condições ambientais adversas, como clima seco e baixo potencial de água no solo, podem reduzir a atividade microbiana e, consequentemente, as taxas de mineralização (Dieckow *et al.*, 2004). No entanto essas condições também podem limitar a quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo. Assim, embora a diminuição da atividade microbiana possa resultar em uma maior concentração de carbono no solo, outros fatores, como a taxa de adição de matéria orgânica e a taxa de erosão do solo, também devem ser considerados (Ebeling *et al.*, 2008; Lepsch, 2010; Brandani; Santos, 2016).

Quando o solo é cultivado, ocorre diminuição considerável no aporte de matéria orgânica (Figura 5), o que, consequentemente, reduz os valores da capacidade de troca catiônica (CTC). Dessa forma, a redução desses valores pode ser explicada pelo uso contínuo de práticas agrícolas, como revolvimento do solo, podendo levar à degradação da matéria orgânica e à destruição da bioestrutura do solo, reduzindo, assim, seu potencial produtivo (Ronquim, 2020). Cabe ressaltar que os métodos de preparo do solo empregados pelos proprietários, nas áreas de agricultura e pastagem, envolvem o uso de máquinas e equipamentos agrícolas, como arados e tratores. Esses equipamentos intensificam a redução dos teores de matéria orgânica e a perda de nutrientes, pois o ciclo de nutrientes é interrompido, segundo Bayer e Bertol (1999).

Figura 5 - Serrolândia (BA): Concentração de C orgânico (g kg<sup>-1</sup>) e MO (g kg<sup>-1</sup>) nas profundidades de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm, em condição de uso agrícola, pastagem e Caatinga, 2023



Fonte: As autoras (2024).

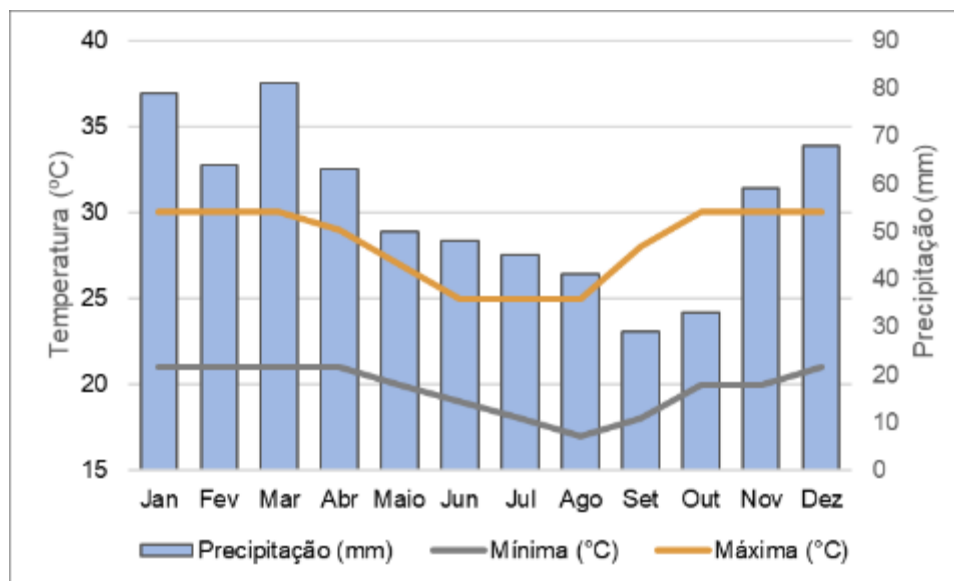
O solo da Caatinga apresenta um conteúdo de argila de 200 g kg<sup>-1</sup>, valor superior ao da pastagem (188 g kg<sup>-1</sup>) e da agricultura (166 g kg<sup>-1</sup>). Segundo Medeiros, Soares e Maia (2022), maiores níveis de matéria orgânica são observados em solos com maior concentração de argila.

Outro fator importante a ser considerado é a prática da queimada de resíduos agrícolas, afetando o ciclo de nutrientes (Holanda *et al.*, 2017). Esse comportamento foi observado por Iwata *et al.* (2021), em um Argissolo Vermelho-Amarelo no bioma de Caatinga, com redução do C orgânico até os 20 cm.

Um dos fatores que afetam a concentração de C orgânico no solo são as condições climáticas. Como as coletas de amostras de solo foram feitas no período seco (setembro e outubro) (Figura 6), é possível que os valores de C orgânico e de MO tenham sido influenciados pela variação sazonal. Isso porque a captura de carbono no bioma da Caatinga é reduzida, durante os meses de maior déficit hídrico, em comparação com os meses mais chuvosos, segundo Mendes *et al.* (2020). Isso evidencia que a reserva de carbono está associada à disponibilidade de água no solo e à variabilidade climática (Santos *et al.*, 2023).



Figura 6 - Serrolândia (BA): Comportamento médio da precipitação e da temperatura em 30 anos, 2024



Fonte: Climatempo (2024). Elaboração: as autoras (2024).

Apesar das condições climáticas adversas, a Caatinga em regeneração é resiliente, pois estudos afirmam que a recuperação do estoque de C alcança a taxa de 78%, em 10 anos na área de revegetação, na Caatinga, em contraste com os 63% observados no solo cultivado, demonstrando a capacidade de recuperação do estoque de carbono (Tomaz *et al.*, 2024). Além disso, os solos semiáridos podem acumular carbono orgânico de forma significativa. Estima-se que a massa total de carbono orgânico até 30 cm de profundidade para essas áreas seja de 2,20 Pg (Giongo; Angelotti, 2022). Portanto esses dados podem indicar que a Caatinga desempenha papel importante, no sequestro de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Mendes *et al.*, 2020).

Os ganhos e perdas de C nos sistemas agrícolas locais também impactam as dinâmicas globais (Santana *et al.*, 2022), sendo, portanto importante avaliar os processos, nos diferentes usos da terra, para compreender como o homem está interferindo nos ecossistemas naturais, principalmente em ambientes sensíveis como os semiáridos.

Na profundidade de 0 a 30 cm, a Caatinga apresentou maior estoque total de carbono, com 40,86 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida pela pastagem, com 22,34 Mg ha<sup>-1</sup>, e agricultura, com 20,71 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 7). Em determinações de estoque de C também desenvolvidas no semiárido, foram encontrados valores inferiores ao deste estudo, mas apontando redução do estoque de C resultante da alteração do uso da terra. Santana *et al.* (2019) observaram valores de estoque de carbono, na profundidade de 0 a 100 cm em Latossolo, correspondente a 72 Mg ha<sup>-1</sup> na Caatinga densa, o que seria de aproximadamente 21,6 Mg ha<sup>-1</sup> em 30 cm. A partir da substituição da Caatinga pela agricultura e pastagem, os estoques foram reduzidos para 59 Mg ha<sup>-1</sup> e 68 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Médias inferiores foram observadas em Macedo *et al.* (2023), cujo estoque de C na camada de 0 a 20 cm em Caatinga densa foi de 19,2 Mg ha<sup>-1</sup>. Nos resultados deste estudo, foram observadas médias superiores. A Caatinga apresentou um estoque de 27,40 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 0 a 20 cm (Tabela 7), similar à média encontrada por Araújo Filho *et al.* (2018), de 27,57 Mg ha<sup>-1</sup> para as áreas da floresta de Caatinga com corte recente, para a mesma profundidade (0 a 20 cm).

A Tabela 7 mostra que a substituição da Caatinga por pastagens e lavouras resultou em perdas de aproximadamente 45,32% e 49,32% dos estoques de C do ecossistema, respectivamente, o que equivale a uma perda de 18,52 Mg ha<sup>-1</sup> de C, quando a Caatinga é substituída por pastagens e de 20,15 Mg ha<sup>-1</sup> de C, quando substituída por lavouras. Esses valores são próximos daqueles encontrados por Menezes *et al.* (2021), ao relatarem que a conversão de Caatinga densa em agricultura e pastagens resultou numa perda de mais de 50% dos estoques de carbono. Silva *et al.* (2021) encontraram médias mais altas de estoque de C para a pastagem (55,75 Mg ha<sup>-1</sup>), com *Brachiaria decumbens*, justificadas pela alta produção de biomassa do capim e pelas condições favoráveis, com estoque de C relativamente alto no solo. Como o presente estudo avaliou pastagens que se encontravam em condições muito degradadas, as médias foram menores (22,34 Mg ha<sup>-1</sup>). Nessas condições, Yu, Sun e Huang (2021) observaram que o pousio aumentou os

estoques de C no solo, em pastagens degradadas, com um incremento médio de 10,4% na camada superficial (0 a 10 cm), em relação às áreas de pastejo livre no semiárido da Mongólia.

Valores de estoque de C orgânico estimados, para o município de Serrolândia, mais próximos dos valores encontrados em campo, na condição de pastagem e agricultura, foram observados pela Embrapa (2024), correspondendo a 36,32 t ha<sup>-1</sup> e 31,20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a vegetação natural, o estoque de C foi estimado em 62,23 t ha<sup>-1</sup>. No entanto não está especificado se esses dados foram obtidos de coletas realizadas, em diferentes períodos do ano, o que demanda estudos subsequentes.

Considerando a área ocupada por cada classe de uso e os valores de estoque de C orgânico obtidos neste estudo, foi possível calcular o total de carbono estocado no solo, no município de Serrolândia, até a profundidade de 30 cm. Esses valores corresponderam a 547.317,04 t para a pastagem, a 22.346,09 t para a agricultura e a 244.391,83 t para a Caatinga, resultando no equivalente de 0,8 Mt de C orgânico total no solo. A pastagem apresenta um aporte maior de C em razão da sua extensa área. No entanto, no caso de adoção de estratégias de conservação, a Caatinga teria contribuído com o dobro de estoque de C observado atualmente.

Dessa forma, as reduções do estoque de carbono nos agrossistemas contribuem para as mudanças climáticas por favorecerem a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, como consequência das mudanças no uso da terra (Carvalho *et al.*, 2010; Medeiros *et al.*, 2021). Portanto é importante destacar que boa parte desse carbono está sendo liberado para a atmosfera em forma de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2001). A mitigação dos impactos na agricultura requer a adoção de técnicas sustentáveis, práticas de gestão do uso da terra e um plano de desenvolvimento agrícola, bem como o investimento em políticas públicas, visando à transformação do setor agrícola, não somente pelas questões climáticas, mas também para garantir a segurança alimentar global. Além de reduzir o CO<sub>2</sub> atmosférico, o estoque de C também melhora a produtividade agrícola, por favorecer as boas condições no solo, melhorando sua qualidade e capacidade produtiva. Para isso, é necessário desenvolver estratégias agrícolas sustentáveis, como, por exemplo, o plantio direto, considerando o ciclo do carbono e suas relações com o ciclo hidrológico (Artaxo, 2020; Alpino *et al.*, 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa de uso da terra de 2021, assim como os dados de área do município, permitiu concluir que a área de Caatinga, classificada como Formação Savânica, em 2021, ocupa apenas 18,57% da área total do município. Observou-se também que as áreas antropizadas, como a pastagem, no ano de 2021, correspondem a 76,08% da área, o que configura uma pressão adicional ao bioma Caatinga.

Os resultados obtidos evidenciam que essa alteração do uso da terra pela conversão de áreas nativas para áreas agrícolas reduz significativamente os estoques de carbono. A Caatinga apresentou diferenças significativas, nos teores de carbono orgânico no solo, com uma média mais elevada desse atributo em relação à pastagem e à agricultura. O desmatamento da Caatinga para uso da pastagem e agricultura reduziu em 4,2 g kg<sup>-1</sup> e 4,6 g kg<sup>-1</sup> o carbono orgânico no solo, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os teores de carbono orgânico na agricultura e na pastagem.

Na profundidade de 0 a 30 cm, a Caatinga apresentou maior estoque total de carbono, seguida pela pastagem e pela agricultura. Portanto conclui-se que no município a substituição da Caatinga por pastagens e agricultura causou perdas de aproximadamente 45,32% e 49,32% dos estoques de carbono do ecossistema, respectivamente.

Essas informações podem contribuir, para orientar o planejamento territorial do município no sentido de promover a proteção das áreas remanescentes de Caatinga, reavaliar as práticas de manejo empregadas nos agrossistemas e ampliar a biodiversidade. Com esses resultados, o município pode desenvolver novas estratégias, para minimizar os impactos ambientais e orientar a comunidade, no que tange às implicações das mudanças no uso do solo e a suas formas de utilização no município por meio de ações de educação ambiental.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais (PROET), vinculado ao Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET I) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

## REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, L. C. O.; SILVA, E. A.; CAVALCANTI JUNIOR, E. A. C.; ALVES, E. S.; PEREIRA, A. G. S.; SILVA, R. S.; RAMOS, R. R. D.; SILVA, R. R. **Mapeamento do Uso e Cobertura das Terras do Semiárido Pernambucano (escala 1:100.000)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1079144>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- ALMEIDA, B. G.; VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 68-69. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 1 dez. 2023.
- ALPINO, T. M. A.; MAZOTO, M. L.; BARROS, D. C.; FREITAS, C. M. Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 01, p. 273-286, 2022. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022271.05972020>
- ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2011, Dourados-MS. **Anais [...]** p. 1-24. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38909/1/Coelho-XIV-SBGFA-1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- ARAÚJO FILHO, R. N.; FREIRE, M. B. G. S.; WILCOX, B. P.; WEST, J. B.; FREIRE, F. J.; MARQUES, F. A. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, v. 407, p. 210-220, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.002>
- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 34, p. 53-66, 2020. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>
- BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Serrolândia**. Salvador: SEI, 2015. Disponível em: [https://ftp.sei.ba.gov.br/Geoinformacao/mapas/munic/vigente/mapa\\_com\\_descritivo\\_atual\\_2930600.pdf](https://ftp.sei.ba.gov.br/Geoinformacao/mapas/munic/vigente/mapa_com_descritivo_atual_2930600.pdf). Acesso em: 16 maio 2023.
- BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.100-107, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902011000100013>
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000300023>
- BRANDANI, C. B.; SANTOS, D. G. Transformações do carbono no solo. In: CARDOSO, W. J. B. N.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2. ed., 2016, p.81-98. Disponível em: [https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/Microbiologia\\_solo.pdf](https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/Microbiologia_solo.pdf). Acesso em: 18 nov. 2023.
- CAMPOS, C. S. Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: implicações no estoque de carbono no solo em bioma de Caatinga. **Dissertação** (Mestrado em Estudos Territoriais) – Salvador: UNEB. 2024.
- CAMPOS, C. S.; OLIVEIRA, R. V. Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: análise a partir dos sistemas ambientais. In: CORRÊA, A. C. B.; LIRA, D. R.; CAVALCANTI, L. C. S.; SILVA, O. G.; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua: Itacaiúnas, 2024, p. 1181-1199. <https://doi.org/10.36599/itac-978-85-9535-255-1>.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 277-290, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-61. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/695393/1/doc082008soloapostilamiriam.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2024.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Serrolândia, BA**. Disponível em: [https://www.climatepo.com.br/climatologia/5174/serrolandia-ba#google\\_vignette](https://www.climatepo.com.br/climatologia/5174/serrolandia-ba#google_vignette). Acesso em: 22 mar. 2024.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB)**. 2024. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Brasília: Embrapa, 2017. 19 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070416/1/TC1117CartilhaPastagemV04.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2024.

DIAS, F. P. M.; NONATO, A. C. R.; CONCEIÇÃO, K. S.; XAVIER, F. A. S.; ALISSON, F. Nitrogênio, carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo na Chapada Diamantina, Bahia.

In: SEABRA, G. (org.). **Terra - Habitats Urbanos e Rurais**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 227, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Beldson-Ramos/publication/342065146\\_DIAGNOSTICO\\_DO\\_GERENCIAMENTO\\_DOS\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_EM\\_UMA\\_INSTITUICAO\\_FEDERAL\\_DE\\_ENSINO\\_PUBLICO\\_NO\\_ANO\\_DE\\_2017/links/5ee04a7545851516e665900a/DIAGNOSTICO-DO-GERENCIAMENTO-DOS-RESIDUOS-SOLIDOS-EM-UMA-INSTITUICAO-FEDERAL-DE-ENSINO-PUBLICO-NO-ANO-DE-2017.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Beldson-Ramos/publication/342065146_DIAGNOSTICO_DO_GERENCIAMENTO_DOS_RESIDUOS_SOLIDOS_EM_UMA_INSTITUICAO_FEDERAL_DE_ENSINO_PUBLICO_NO_ANO_DE_2017/links/5ee04a7545851516e665900a/DIAGNOSTICO-DO-GERENCIAMENTO-DOS-RESIDUOS-SOLIDOS-EM-UMA-INSTITUICAO-FEDERAL-DE-ENSINO-PUBLICO-NO-ANO-DE-2017.pdf). Acesso em: 14 fev. 2024.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. **Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/30484/1/DOC122004.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2024.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Trechos rodoviários**. 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/ff37f924-e88d-4ee4-82e7-14a3e5efe0fd>. Acesso em: 21 jul. 2023.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900001>

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 429-439, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200019>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Economia do meio ambiente e serviços ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1079918>. Acesso em: 15 ago. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Método BRLUC (Brazilian Land Use Change)**. 2024. Disponível em: <https://brluc.cnpma.embrapa.br/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; GARCIA, J. R.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; PINTO, A. S.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, A. J.; LIMA, A. H. S. Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992-2030. **Land Use Policy**, v. 99, p. 104795, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104795>

GESSESSE, T. A.; KHAMZINA, A.; GEBRESAMUEL, G.; AMELUNG, W. Terrestrial carbon stocks following 15 years of integrated watershed management intervention in semi-arid Ethiopia. **Catena**, v. 190, p. 104543, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104543>.

GIONGO, V.; FREITAS, M. S. C.; FREITAS, R. C. A.; FREITAS, A. D. S.; TAURA, T. A.; LEITE, L. F. C. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste Brasileiro. In: SOUZA,



- H. A.; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. (ed.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 81-112. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1133405>. Acesso em: 18 set. 2023.
- GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. (ed.). **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira**. Brasília: Embrapa, 2022. 256p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150080>. Acesso em: 18 set. 2023.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUZA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de Serapilheira e Nutrientes em uma Área de Caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827747>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/8db5549f-2b94-40f0-b968-6f940bad68fa>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas Territoriais**. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA**. 2022b. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira**. 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/serrolandia.html>. Acesso em: 29 jul. 2023.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mesorregião**. Divisão Territorial Brasileira - DTB 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisao-territorial-brasileira.html>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Climate change 2001: the scientific basis**. 2001. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- IWATA, B. F.; BRANDÃO, M. L. S. M.; BRAZ, R. S.; LEITE, L. F. C.; COSTA, M. C. G. Carbono orgânico total e particulado e relação de estratificação em sistemas agroflorestais na caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 2, p. 443-451, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n220rc>
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- LIMA, M. C.; MENEZES, S. J. M. C.; ALMEIDA, F. S. Área de Proteção Ambiental Rainha das Águas do município de Paraíba do Sul (RJ, Brasil): estudo da cobertura florestal, contingências e manejo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1130-1146, 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509841980>
- LOBO, C. Q.; SANTOS, D. N.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO, O. L. Atributos físicos de solos cultivados com pastagem na região de Cruz das Almas, BA. In: SEABRA, G. (Org.). **Terra - Habitats Urbanos e Rurais**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 181. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Beldson-Ramos/publication/342065146\\_DIAGNOSTICO\\_DO\\_GERENCIAMENTO\\_DOS\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_EM\\_UMA\\_INSTITUICAO\\_FEDERAL\\_DE\\_ENSINO\\_PUBLICO\\_NO\\_ANO\\_DE\\_2017/links/5ee04a7545851516e665900a/DIAGNOSTICO-DO-GERENCIAMENTO-DOS-RESIDUOS-SOLIDOS-EM-UMA-INSTITUICAO-FEDERAL-DE-ENSINO-PUBLICO-NO-ANO-DE-2017.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Beldson-Ramos/publication/342065146_DIAGNOSTICO_DO_GERENCIAMENTO_DOS_RESIDUOS_SOLIDOS_EM_UMA_INSTITUICAO_FEDERAL_DE_ENSINO_PUBLICO_NO_ANO_DE_2017/links/5ee04a7545851516e665900a/DIAGNOSTICO-DO-GERENCIAMENTO-DOS-RESIDUOS-SOLIDOS-EM-UMA-INSTITUICAO-FEDERAL-DE-ENSINO-PUBLICO-NO-ANO-DE-2017.pdf). Acesso em: 10 out. 2023.
- MACEDO, R. S.; BEIRIGO, R. M.; MEDEIROS, B. M.; FELIX, V. J. L.; SOUZA, R. F. S.; BAKKER, A. P. de. Processos pedogenéticos e susceptibilidade dos solos à degradação no semiárido brasileiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 176-195, 2021. <https://doi.org/10.14393/RCG228155397>

- MACEDO, R. S.; MORO, L.; LAMBAIS, E. O.; LAMBAIS, G. R.; BAKKER, A. P. Effects of degradation on soil attributes under Caatinga in the Brazilian semi-arid. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 47, p. e4702, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9088202300000002>
- MACHADO, P. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 329-334, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>
- MALAVOLTA, E. Mineral nutrition of higher plants – the first 150 years. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTINI, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: Lavras, 1999. p. 51-122.
- MAPBIOMAS. **ATBD - Entenda cada etapa**. 2021. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/ATBD-Collection-9-v2.docx-1.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2022.
- MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2021**. São Paulo, Brasil MapBiomas, 2022. 126 p. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD2021\\_Completo\\_FINAL\\_Rev1.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf). Acesso em: 25 mar. 2023.
- MAPBIOMAS. **Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- MASROOR, M.; SAJJAD, H.; REHMAN, S.; SINGH, R.; RAHAMAN, M. H.; SAHANA, M.; AHMED, R.; AVTAR, R. Analysing the relationship between drought and soil erosion using vegetation health index and RUSLE models in Godavari middle sub-basin, India. **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 2, p. 101312, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101312>
- MEDEIROS, A. S.; MAIA, S. M. F.; SANTOS, T. C.; GOMES, T. C. Losses and gains of soil organic carbon in grasslands in the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, n. 3, p. e20190076, 2021. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0076>
- MEDEIROS, A. S.; SOARES, A. A. S.; MAIA, S. M. F. Soil carbon stocks and compartments of organic matter under conventional systems in Brazilian semi-arid region. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 3, p. 697-710, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n321rc>
- MEDEIROS, A. S.; GONZAGA, G. B. M.; SILVA, T. S.; BARRETO, B. S.; SANTOS, T. C.; MELO, P. L. A.; GOMES, T. C. A.; MAIA, S. M. F. Changes in soil organic carbon and soil aggregation due to deforestation for smallholder management in the Brazilian semi-arid region. **Geoderma Regional**, v. 33, p. e00647, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00647>
- MENDES, K. R.; CAMPOS, S.; SILVA, L. L.; MUTTI, P. R.; FERREIRA, R. R.; MEDEIROS, S. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; MARQUES, T. V.; RAMOS, T. M.; VIEIRA, M. M. L.; OLIVEIRA, C. P.; GONÇALVES, W. A.; COSTA, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; MENEZES, R. S. C.; BEZERRA, B. G.; SANTOS E SILVA, C. M. Seasonal variation in net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66415-w>
- MENEZES, R. S. C.; SALES, A. T.; PRIMO, D. C.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; JESUS, K. N.; PAREYN, F. G. C.; SANTANA, M. S.; SANTOS, U. J.; MARTINS, J. C. R.; ALTHOFF, T. D.; NASCIMENTO, D. M.; GOUVEIA, R. F.; FERNANDES, M. M.; LOUREIRO, D. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; GIONGO, V.; DUDA, G. P.; ALVES, B. J. R.; IVO, W. M. P. M.; ANDRADE, E. M.; PINTO, A. S.; SAMPAIO, E. V. S. B. Soil and vegetation carbon stocks after land-use changes in a seasonally dry tropical forest. **Geoderma**, v. 390, p. 114943, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114943>
- NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; BRANDÃO, M.; ALVES, B. J. R.; MAY, A.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Estimating 20-year land-use change and derived CO<sub>2</sub> emissions associated with crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. **Global Change Biology**, v. 23, n. 9, p. 3716-3728, 2017. <https://doi.org/10.1111/gcb.13708>
- OKOLO, C. C.; GEBRESAMUEL, G.; ZENEBE, A.; HAILE, M.; ORJI, J. E.; OKEBALAMA, C. B.; EZE, C. E.; EZE, E.; EZE, P. N. Soil organic carbon, total nitrogen stocks and CO<sub>2</sub> emissions in top-and subsoils with contrasting management regimes in semi-arid environments. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1117, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28276-x>
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015.

372 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024316> Acesso em: 10 dez. 2023.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1021–1038, 2016.

<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900002>

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**, versão 3.32.2. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

REZENDE, J. S.; ARAÚJO, V. S.; NOBRE, R. S.; MENDES, I. H. S. F.; CARVALHO, A. C. C.; SANTOS, C. M. Efeito de usos e manejos agrícolas do solo no semiárido piauiense na macrofauna e carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 161–172, 2021. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.12324>

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882598>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; SANTOS, J. A. G.; LOUREIRO, D. C.; COSTA, O. V.; COVA, A. M. W. Spatial variability and changes in carbon stocks of a Regosols (Psamments) cultivated with sisal.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 764-769, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p764-769>

SANTANA, M. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V.; MENEZES, R. S.; JESUS, K. N.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; NASCIMENTO, D. M.; PAREYN, F. G. C.; CUNHA, T. J. F.; SAMPAIO, R. M. B.; PRIMO, C. Carbon and nitrogen stocks of soils under different land uses in Pernambuco state, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 16, p. e00205, mar. 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00205>

SANTANA, M. S.; ANDRADE, E. M.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FERREIRA, T.; SALVIANO, A. M.; SILVA, D. J.; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V. Do agrosystems change soil carbon and nutrient stocks in a semiarid environment?. **Journal of Arid Environments**, v. 201, p. 104747, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104747>

SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. D.; SOUZA, M. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M. Avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> do solo em ambientes de Caatinga, em Alagoas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 94, p. 164-179, 2023. <https://doi.org/10.14393/RCG249466079>

SHINZATO, E.; TEIXEIRA, W. G.; MENDES, Â. M. Solos. In: ADAMY, A. (org.). **Geodiversidade do Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2010. p. 55-77. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/945258/1/Solos.pdf>. Acesso em: 06 de nov. 2024.

SILVA, P. L. F.; OLIVEIRA, F. P.; MARTINS, A. F.; TAVARES, D. D.; AMARAL, A. J. Fertility, carbon stock and aggregate stability of an Alfisol under integrated farming systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, p. e66505, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5166505>

SMITH, J. L.; ELLIOTT, L. F. Tillage and residue management effects on soil organic matter dynamics in semiarid regions. **Advances in Soil Science**, v. 13, p. 69-88, 1990. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8982-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8982-8_4)

SOUZA, M. J. N. Geomorfologia e Planejamento Ambiental. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 4, p. 380-393, 2018. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.238237>

SRINIVASARAO, C. H.; SINGH, S. P.; KUNDU, S.; ABROL, V.; LAL, R.; ABHILASH, P. C.; CHARY, G. R.; THAKUR, P. B.; PRASAD, J. V. N. S.; VENKATESWARLU, B. Integrated nutrient management improves soil organic matter and agronomic sustainability of semiarid rainfed inceptisols of the Indo-Gangetic Plains. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 184, n. 27227, p. 562-572, 2021.

<https://doi.org/10.1002/jpln.202000312>

STENZINGER, B. J. Impactos ambientais e agricultura familiar: como esta relação apresenta-se no espaço rural paranaense. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, p. 206-214, 2016. Acesso em 30 ago. 2023. <https://doi.org/10.5902/2179460X19065>

TABARELLI, M.; LEAL, INARA, R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.70, n.4, p.25-29, 2018.  
<https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400009>

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p. Disponível em:  
<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 1 dez. 2023.

THE JAMOVİ PROJECT. **Jamovi**, versão 2.3.21. Open Source Computer Software, 2024. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 30 mar. 2024.

TOMAZ, A. R.; FERREIRA, A. O.; LAL, R.; AMADO, T. J. C.; DA SILVA, B. O. T.; SILVA, W. R.; FRACETTO, F. J. C.; INAGAKI, T. M.; FREIRE, M. B. G. S.; NUNES, E. O. S. Can natural undisturbed revegetation restores soil organic carbon to levels under native climax vegetation under tropical semiarid climate? **Land Degradation & Development**, v. 35, n. 5, p. 1971-1981, 2024.  
<https://doi.org/10.1002/ldr.5036>

VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, p. 673-684, 2015. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.0.p673-684>

YU, L.; SUN, W.; HUANG, Y. Grazing exclusion enhances plant and topsoil carbon stocks in arid and semiarid grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 320, p. 107605, 2021.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107605>

---

Recebido em: 28/07/2024

Aceito para publicação em: 23/12/2024