



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET / *Campus I*
Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET

CAMILA DA SILVA CAMPOS

USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO
DE SERROLÂNDIA, BA: implicações no estoque de carbono no solo
em bioma de Caatinga

SALVADOR – BAHIA
2024



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET / *Campus I*
Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET

CAMILA DA SILVA CAMPOS

USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO
DE SERROLÂNDIA, BA: implicações no estoque de carbono no solo
em bioma de Caatinga

Dissertação apresentada à Linha de Pesquisa - Planejamento, Ordenamento e Gestão Territorial e Ambiental do curso de Pós-graduação em Estudos Territoriais (PROET), do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestra em Estudos Territoriais pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Orientadora: Profa. Dr^a. Rozilda Vieira Oliveira

SALVADOR – BAHIA
2024



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET / *Campus I* Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET

FOLHA DE APROVAÇÃO

CAMILA DA SILVA CAMPOS

USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SERROLÂNDIA, BA:

implicações no estoque de carbono no solo em bioma de Caatinga

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais, do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I, da Universidade do Estado da Bahia, *Campus I*, Salvador/Bahia, em 31 de julho de 2024, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Mestra em Estudos Territoriais, composta pela Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



ROZILDA VIEIRA OLIVEIRA
Data: 18/09/2024 10:34:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ROZILDA VIEIRA OLIVEIRA – Orientadora

Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Doutora em Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia – UFBA

Documento assinado digitalmente



MARA ROJANE BARROS DE MATOS
Data: 01/10/2024 11:03:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MARA ROJANE BARROS DE MATOS

Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Doutora em Botânica, Universidade Estadual de Feira de Santana– UEFS

Documento assinado digitalmente



MARIA ELOISA CARDOSO DA ROSA
Data: 01/10/2024 17:56:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MARIA ELOISA CARDOSO DA ROSA

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Goiás– UFG

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca Professor Edivaldo Machado Boaventura – UNEB – Campus I

Bibliotecária: Célia Maria da Costa - CRB-5/918

C198u Campos, Camila da Silva

Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: implicações no estoque de carbono no solo em bioma da caatinga / Camila da Silva Campos. – Salvador, 2024.

152 f. : il.

Orientadora: Rozilda Vieira Oliveira.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Campus I. Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET, 2024.

Contém referências e apêndices.

1. Latossolos – Serrolândia (BA). 2. Caatinga. 3. Biomas – Brasil, Nordeste. 4. Mudanças climáticas – Brasil, Nordeste. 5. Solo – Uso – Serrolândia (BA). 6. Solo – Manejo – Serrolândia (BA). I. Oliveira, Rozilda Vieira. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Campus I. III. Título.

CDD: 625.8

Dedicatória

*Dedico à minha mãe, Rosemeire, minha melhor amiga. Se cheguei onde cheguei, é por causa da senhora. Dedico ao meu pai, Adailton, homem do campo, conhecedor da Caatinga e meu “professor de botânica.”
Amo vocês, meus pais!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a oportunidade de realizar e concluir este trabalho, por me conceder o zelo por Sua criação e por me permitir fazer parte dela.

À minha orientadora, Profa. Dra. Rozilda Oliveira, pelo carinho, cuidado e parceria e por suas valiosas orientações e ensinamentos. Sinto-me honrada por ter sido sua orientanda.

Ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais (PROET) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Às professoras Dra. Mara Rojane e Dra. Maria Eloisa, que compõem a mesa examinadora dessa dissertação desde a qualificação, pelo aceite, contribuição e sugestões enriquecedoras.

À minha mãe, Rosemeire, por todo amor e suporte ao longo desta caminhada. Ao meu pai, Adailton, que me acompanhou em campo e esteve presente ativamente em todas as coletas de solo. Às minhas irmãs, Talita e Tamires, pela amizade e companheirismo.

Ao meu namorado, Leonardo, por todo apoio, amor e compreensão, e por me ajudar como podia, seja com uma palavra de incentivo ou ajudas diretas.

Ao Zootecnista Alex, pelo auxílio técnico no primeiro dia de coleta de solos que foi primordial para o sucesso da amostragem, e às alunas de iniciação científica do laboratório de Geociências da UNEB, *Campus V*, Geislane e Gresse Elen. Sou muito grata pelo esforço coletivo de vocês.

Aos entrevistados e proprietários das áreas de coleta, por contribuírem com a pesquisa.

Aos meus colegas, tanto da graduação quanto do mestrado, obrigada por tornarem essa jornada mais leve.

Aprendi com todos vocês que o conhecimento não se constrói sozinho. Sempre terei comigo a lembrança de pessoas dispostas a me ajudar e apoiar.

A todos que colaboraram com essa pesquisa de alguma forma, expresso meus sinceros agradecimentos.

CAMPOS, Camila da Silva. **Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: implicações no estoque de carbono no solo em bioma de Caatinga.** 2024. 152f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET. Departamento de Ciências Exatas e da Terra I. Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Salvador, 2024.

RESUMO

Compreender a dinâmica multitemporal de uso e cobertura da terra é fundamental para avaliar o impacto das atividades humanas, principalmente no contexto do bioma Caatinga. O mapeamento do uso da terra e a análise de carbono no solo são fundamentais para entender como as formas de uso da terra e as práticas de manejo do solo alteram os ecossistemas. Essas informações são essenciais para implementar medidas de proteção ambiental e contribuir para a preservação da Caatinga, um bioma muito ameaçado no Brasil. A pesquisa tem como objetivo analisar as mudanças de uso e cobertura da terra no município de Serrolândia-BA, nos anos 1985, 2000, 2010 e 2021, e sua influência no estoque de carbono do solo. Os mapas de uso e cobertura da terra foram elaborados com base nos dados da plataforma MapBiomass e configurados no software QGIS. Os mapas de informações ambientais do município foram elaborados a partir de bases de dados do IBGE, USGS e GeoSGB. Para avaliação do estoque de carbono no solo foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, no ecossistema de Caatinga (área não antropizada) e nos agroecossistemas: pastagem e agricultura. Nas amostras de solo foram determinados o carbono orgânico, a densidade do solo e a textura. Os resultados indicam que houve aumento das áreas antropizadas, com um ganho significativo de pastagem nos últimos anos, correspondendo a 76,08% da área do município no ano de 2021, e regeneração da área correspondente à vegetação de Caatinga (Formação Savânica) no mesmo ano. A Caatinga apresentou maior estoque de C no solo (0 a 30 cm) de 40,86 Mg ha⁻¹, seguida pela pastagem (22,34 Mg ha⁻¹ e agricultura (20,71 Mg ha⁻¹). A conversão da Caatinga para pastagem e lavoura resultaram em perdas do estoque de C de aproximadamente 45,32% e 49,32%, respectivamente, o que corresponde a 18,52 Mg ha⁻¹ para pastagem e 20,15 Mg ha⁻¹ de C para lavouras, gerando uma emissão total de 141,92 t ha⁻¹ de CO₂ para a atmosfera, contribuindo para as alterações climáticas. As atividades agropecuárias predominam no município e são responsáveis por reduzir os estoques de carbono no solo, evidenciando a necessidade de políticas ambientais efetivas e adoção de manejo adequado do solo para equilibrar o uso da terra e proteger a Caatinga.

Palavras-chave: Latossolos; Estoque de Carbono; Mudanças climáticas; Caatinga.

CAMPOS, Camila da Silva. **Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: implicações no estoque de carbono no solo em bioma de Caatinga.** 2024. 152f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET. Departamento de Ciências Exatas e da Terra I. Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Salvador, 2024.

ABSTRACT

Understanding the multitemporal dynamics of land use and land cover is essential to assess the impact of human activities, especially in the context of the Caatinga biome. Mapping land use and analyzing soil carbon are fundamental to understand how land use forms and soil management practices alter ecosystems. This information is crucial for implementing environmental protection measures and contributing to the preservation of the Caatinga, a highly threatened biome in Brazil. This research aims to analyze land use and land cover changes in the municipality of Serrolândia-BA in the years 1985, 2000, 2010, and 2021, and their influence on soil carbon stock. Land use and cover maps were developed based on data from the MapBiomias platform and configured in QGIS software. Environmental information maps of the municipality were created from databases of IBGE, USGS, and GeoSGB. To evaluate soil carbon stock, samples were collected at depths of 0 to 10, 10 to 20, and 20 to 30 cm, in the Caatinga ecosystem (non-anthropized area) and in agroecosystems: pasture and agriculture. In the soil samples, organic carbon, soil density, and texture were determined. The results indicate an increase in anthropized areas, with a significant gain in pasture areas in recent years, corresponding to 76.08% of the municipality's area in 2021, and the regeneration of the area corresponding to Caatinga vegetation (Savanna Formation) in 2021. The Caatinga showed the highest soil C stock (0 to 30 cm) of 40.86 Mg ha⁻¹, followed by pasture (22.34 Mg ha⁻¹) and agriculture (20.71 Mg ha⁻¹). The conversion of Caatinga to pasture and cropland resulted in carbon stock losses of approximately 45.32% and 49.32%, respectively, corresponding to 18.52 Mg ha⁻¹ for pasture and 20.15 Mg ha⁻¹ of C for croplands, generating a total emission of 141.92 t ha⁻¹ of CO₂ to the atmosphere, contributing to climate change. Agricultural activities predominate in the municipality and are responsible for reducing soil carbon stocks, highlighting the need for effective environmental policies and the adoption of appropriate soil management to balance land use and protect the Caatinga.

Keywords: Oxisols; Carbon Stock; Climate Change; Caatinga.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1	Definição teórica de geossistema.....	18
Figura 2	Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico.....	19
Figura 3	Fluxograma das etapas metodológicas para a modelagem espaço-temporal dos estoques de COS.....	34
Figura 4	Abrangência do bioma Caatinga, 2023.....	35
Figura 5	Paisagem natural representada pela Caatinga.....	36
Figura 6	Plantas medicinais, Serrolândia-BA, 2023.....	42
Figura 7	Cultivo de milho, feijão, andú e mandioca, Serrolândia-BA, 2023.....	43
Figura 8	Licurizeiro, mandacaru e palma, Serrolândia-BA, 2023.....	44
Figura 9	O ciclo do carbono.....	52
Figura 10	Localização do Município de Serrolândia-BA, 2023.....	54
Figura 11	Fluxograma metodológico com etapas da pesquisa.....	56
Figura 12	Localização das áreas de coleta de solo na unidade de Caatinga (Mata nativa preservada)	58
Figura 13	Localização das áreas de coleta de solo na unidade de pastagem.....	59
Figura 14	Localização das áreas de coleta de solo na unidade de agricultura...	59
Figura 15	Área de Caatinga (A), Pastagem (B) e Agricultura (C)	61
Figura 16	Mapa de Unidades Litoestratigráficas do município de Serrolândia-BA, 2023.....	64
Figura 17	Modelo Digital de Elevação do Município de Serrolândia-BA, 2023...	66
Figura 18	Mapa hipsométrico do município de Serrolândia-BA, 2023.....	67
Figura 19	Morro do Mocó, Serrolândia-BA, 2023.....	68
Figura 20	Morro da Canafístula, Serrolândia- BA, 2023.....	69
Figura 21	Imagem panorâmica do Rio Jacuípe, Serrolândia-BA.....	70
Figura 22	Rio Jacuípe, Serrolândia-BA, 2023.....	70

Figura 23	Atividades antrópicas nas margens do rio Jacuípe, Serrolândia-BA, 2023.....	71
Figura 24	Mapa de declividade do Município de Serrolândia-BA, 2023.....	72
Figura 25	Mapa de classes de solos do município de Serrolândia-BA, 2023.....	74
Figura 26	Alterações no Uso e Cobertura da Terra do Município de Serrolândia-BA (1985-2021).....	76
Figura 27	Pastagem, agricultura e Caatinga preservada, Serrolândia-BA, 2023.....	78
Figura 28	Açude Serrote, Serrolândia-BA, 2022.....	80
Figura 29	Triângulo textural do solo do município de Serrolândia, Bahia, 2023.....	84
Figura 30	Distribuição dos teores de P no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	88
Figura 31	Distribuição dos teores de K no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	90
Figura 32	Distribuição dos teores de Na no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	92
Figura 33	Distribuição dos teores de Ca no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	93
Figura 34	Distribuição dos teores de Mg no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	94
Figura 35	Distribuição dos teores de Al no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	97
Figura 36	Correlação linear entre os teores de Al trocável e o pH H ₂ O do solo, na profundidade de 0 a 30 cm, Serrolândia, Bahia, 2023.....	98
Figura 37	Distribuição dos teores de H + Al no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	99
Figura 38	Distribuição dos valores de m% no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023.....	100
Figura 39	Média dos teores de C. org e intervalo de confiança (95%) das amostras de solo. Serrolândia, Bahia.....	105
Figura 40	Concentração de C org (g kg ⁻¹) e MO org (g Kg ⁻¹) nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, em condição de uso agrícola, pastagem e Caatinga, Serrolândia, Bahia, 2023.....	107
Figura 41	Comportamento médio da precipitação e temperatura em 30 anos em Serrolândia, Bahia.....	108
Figura 42	Estoque de carbono orgânico do solo, para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2021, no município de Serrolândia, Bahia, 2023.....	111
Quadro 1	Resultados do Plano ABC 2010 – 2020.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição dos pontos de coletas das amostras de solo, Serrolândia, Bahia, 2023.....	61
Tabela 2	Abrangência e percentagem relativa das unidades estratigráficas no município de Serrolândia-BA, 2023.....	64
Tabela 3	Hipsometria do município de Serrolândia-BA, 2023.....	67
Tabela 4	Declividade do município de Serrolândia-BA, 2023.....	73
Tabela 5	Abrangência e percentagem relativa das classes de solos no município de Serrolândia-BA, 2023.....	75
Tabela 6	Dinâmica temporal de uso e cobertura do município de Serrolândia-BA, 2023.....	78
Tabela 7	População rural e urbana no município de Serrolândia (1970-2010)	81
Tabela 8	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, no município de Serrolândia, Bahia, 2023	82
Tabela 9	Parâmetros da estatística descritiva para medidas de posição, dispersão e teste de normalidade, na profundidade de 0 a 30 cm, no município de Serrolândia, Bahia, 2023.....	85
Tabela 10	Disponibilidade de macronutrientes na profundidade de 0 a 30 cm, por classe de uso, em Serrolândia, Bahia. 2023.....	87
Tabela 11	Parâmetros de acidez do solo na profundidade de 0-30 cm do município de Serrolândia, Bahia. 2023.....	96
Tabela 12	Valores de soma de base, capacidade de troca de cátions e saturação por bases na profundidade de 0-30 cm no município de Serrolândia, Bahia. 2023.....	101
Tabela 13	Média e erro padrão dos teores de carbono orgânico e matéria orgânica na profundidade de 0 a 30 cm no município de Serrolândia, Bahia, 2023.....	103
Tabela 14	Modelo da regressão “glm” (<i>general linear model</i>) na profundidade de 0 a 30 cm das amostras de solo em Serrolândia, Bahia, 2023.....	104
Tabela 15	Distribuição de carbono orgânico e matéria orgânica no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, no município de Serrolândia, Bahia.....	106
Tabela 16	Estoque de C org. no solo do município de Serrolândia, Bahia, 1985, 2000, 2010, 2021	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Áreas de Preservação Permanente
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CMA	Comissão de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEBR	Repositório de Dados do Solo Brasileiro
FNMC	Fundo Nacional sobre Mudança do Clima
GEE	Gases de Efeito Estufa
GeoSGB	Serviço Geológico do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MDE	Modelo Digital de Elevação
MEA	Avaliação Ecológica do Milênio
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PIB	Produto Interno Bruto
PNB	Política Nacional de Biodiversidade
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNMC	Política Nacional sobre a Mudança do Clima
PNPSA	Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
RL	Reserva Legal
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
UTM	Sistema Universal Transversa de Mercator
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Geossistema: uma perspectiva integradora para análises ambientais	17
2.2 Legislações e políticas ambientais no planejamento de uso e ocupação do solo	19
2.3 Mapas de uso e cobertura da terra: um instrumento de planejamento ambiental	28
2.4 Definição e caracterização do bioma Caatinga	35
2.4.1 Os serviços ecossistêmicos da Caatinga	38
2.4.2 O potencial da Caatinga como reserva de carbono e sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas	45
2.5 Matéria orgânica do solo	49
3 MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1 Localização da área de estudo	54
3.2 Procedimentos metodológicos	55
3.2.1 Informações ambientais sobre o município de Serrolândia, BA	56
3.2.2 Elaboração dos mapas de uso, cobertura da terra e estoque de carbono	57
3.2.3 Avaliação das reservas de carbono no solo nas diferentes classes de uso e cobertura da terra	58
3.2.4 Caracterização do uso e manejo do solo	62
3.2.5 Análise estatística	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1 Informações ambientais do município de Serrolândia, Ba	63
4.2 Avaliação temporal do uso e cobertura do solo	75
4.3 Atributos químicos e físicos dos solos da área de estudo	82
4.4 Classes de fertilidade para os atributos químicos dos solos	86
4.5 Efeito da cobertura e uso da terra nos teores de carbono orgânico e da matéria orgânica	103
5 CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIAS	120
APÊNDICES	142

1 INTRODUÇÃO

A análise espacial da cobertura vegetal é importante para o estudo do meio, uma vez que a mudança no uso e cobertura do solo do bioma acarreta mudanças na sua capacidade produtiva, devido aos impactos diretos, mudanças climáticas e redução da qualidade de vida. Por meio das imagens de satélites são obtidas informações para a compreensão da dimensão da degradação e do desmatamento, levando em consideração o recorte temporal, dimensão, localização, entre outros parâmetros (Bitencurti *et al.*, 2017).

A identificação do 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 exercer a função de fonte de armazenamento ou emissor de carbono, dependendo das práticas de manejo adotadas. As mudanças no uso do solo têm afetado o balanço de carbono no sistema terrestre, a disponibilidade de água e a provisão de serviços ecossistêmicos (IPCC, 2022). De acordo com o Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), as áreas semiáridas estão particularmente vulneráveis às alterações climáticas antropogênicas associadas ao uso insustentável da terra. Nesse sentido, esta pesquisa tem como questão a ser investigada o seguinte problema: como as alterações no uso e cobertura da terra afetam a dinâmica de carbono no solo no bioma da Caatinga?

A ação antrópica que mais contribui para os impactos ambientais nas formações vegetais nativas é o desmatamento, seguido pelas queimadas em áreas extensas, realizadas para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (Ferreira Filho, 2004). Dessa forma, as modificações na vegetação da Caatinga acarretadas pelo aumento de área de pastagem e as atividades agrícolas são alguns fatores responsáveis pelos impactos ambientais que ocorrem nesse bioma.

É importante destacar que no semiárido a desertificação se configura também como o principal problema ambiental, gerado pela exposição dos solos devido à retirada da cobertura vegetal, conseqüentemente resultando no seu empobrecimento, evidenciando a fragilidade do ecossistema em questão, e emitindo CO₂ para a atmosfera (Accioly *et al.*, 2017).

O ecossistema da Caatinga está entre os mais devastados do mundo e mais alterados pelas atividades humanas. Dados do relatório anual do desmatamento no

Brasil, por meio do projeto MapBiomias 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, a área desmatada na Caatinga foi de cerca de 116.260 ha (MAPBIOMAS, 2022).

Nesse sentido, os estudos voltados à compreensão da Caatinga e das mudanças sofridas nesse ecossistema são indispensáveis, porém, a análise dos impactos ambientais que ocorrem nesse bioma ainda é limitada. As pesquisas voltadas à Caatinga, em sua grande maioria, estão relacionadas à utilização dos recursos vegetais em benefício da atividade econômica (Tabarelli *et al.*, 2018). Portanto, as alterações de forma contínua e a escassez de pesquisas sobre a Caatinga destacam a necessidade urgente de estudos para possibilitar o desenvolvimento de estratégias de preservação eficazes para o bioma.

Durante a pesquisa bibliográfica foram identificados alguns estudos relevantes sobre armazenamento e fluxo de carbono no bioma da Caatinga (Morais *et al.*, 2017; Silva, 2018; Santana *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2023). Porém, parte das pesquisas publicadas analisou o estoque de carbono na vegetação por meio de técnicas de sensoriamento remoto. Sendo assim, é necessário avaliar o carbono no solo devido a quantidade limitada de estudos que utilizam essa técnica e também pela sua função como principal fonte de carbono no ecossistema terrestre.

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 cobertura da terra e suas influências no estoque de carbono, tornando imprescindível a realização deste estudo, uma vez que é evidente o aumento da intervenção humana em Serrolândia.

Dessa forma, a pesquisa oferece contribuições relevantes para a aplicação prática, fornecendo suporte para o planejamento e na elaboração de políticas públicas. Além disso, o estudo pode auxiliar na elaboração de estratégias de mitigação dos impactos ambientais identificados no município.

O presente estudo tem como objetivo geral compreender as mudanças de uso e cobertura da terra e sua influência no estoque de carbono no solo, no município de Serrolândia, Bahia.

Para atender ao objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos: i) caracterizar quanto ao meio físico os sistemas naturais e antrópicos do

município de Serrolândia, Bahia; ii) elaborar mapas de uso e cobertura da terra no município referente aos anos de: 1985, 2000, 2010 e 2021; iii) determinar a densidade do solo e os teores de carbono em unidades de uso agrícola, pastagem e Caatinga; iv) identificar o manejo e uso do solo adotado pelos produtores rurais, assim como as políticas de proteção ambiental implementadas pelo poder público do município de Serrolândia-BA.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: Introdução (capítulo 1), fornecendo uma visão geral do tema, apresentando o contexto e a importância do estudo. O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura, abordando o planejamento ambiental, legislação e políticas ambientais, bem como discussões sobre o uso e cobertura da terra como instrumento de planejamento ambiental. Além disso, explora a definição e caracterização da Caatinga, destacando os serviços ecossistêmicos proporcionados por esse bioma. No capítulo 3, intitulado “Materiais e Métodos”, são descritos os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, as técnicas e instrumentos de coleta e tratamento dos dados, bem como a localização da área de estudo. Por fim, os resultados e discussão são apresentados no capítulo 4.

Os subcapítulos 4.1 e 4.2 fornecem informações específicas sobre o município de Serrolândia, incluindo dados ambientais relevantes, como solo, hipsometria, hidrografia, declividade, entre outros, bem como a avaliação temporal do uso e cobertura da terra do município. No subcapítulo 4.3 são apresentados e discutidos os atributos químicos e físicos dos solos da área de estudo, com as classes de fertilidade. No subcapítulo 4.4 é discutido o efeito da cobertura e uso da terra nos teores de carbono orgânico e da matéria orgânica, trazendo dados de estoque de carbono orgânico no solo e estimativa de emissões de CO₂. O capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo, destacando os principais pontos da pesquisa, contendo considerações e sugestões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados temas relacionados ao geossistema, planejamento ambiental, legislação e políticas ambientais, uso e cobertura da terra como instrumento de planejamento, o potencial da Caatinga como reserva de carbono e seu papel na mitigação das mudanças climáticas, os serviços ecossistêmicos oferecidos pela Caatinga, além de abordar a importância da matéria orgânica do solo, suas características e benefícios.

A discussão sobre esses tópicos visa elucidar os conceitos da pesquisa e ampliar o conhecimento sobre a proteção e gestão sustentável desse ecossistema e seus recursos.

2.1 Geossistema: uma perspectiva integradora para análises ambientais

Este estudo consiste numa concepção de ambiente a partir do meio físico, meio biótico e o meio antrópico, e se baseia na integração entre sociedade e natureza, resultado de uma visão geossistêmica. Essa concepção é produto da compreensão da porção do espaço geográfico composta por elementos físicos, biológicos e antrópicos interrelacionados e interdependentes (Rodrigues, 2011).

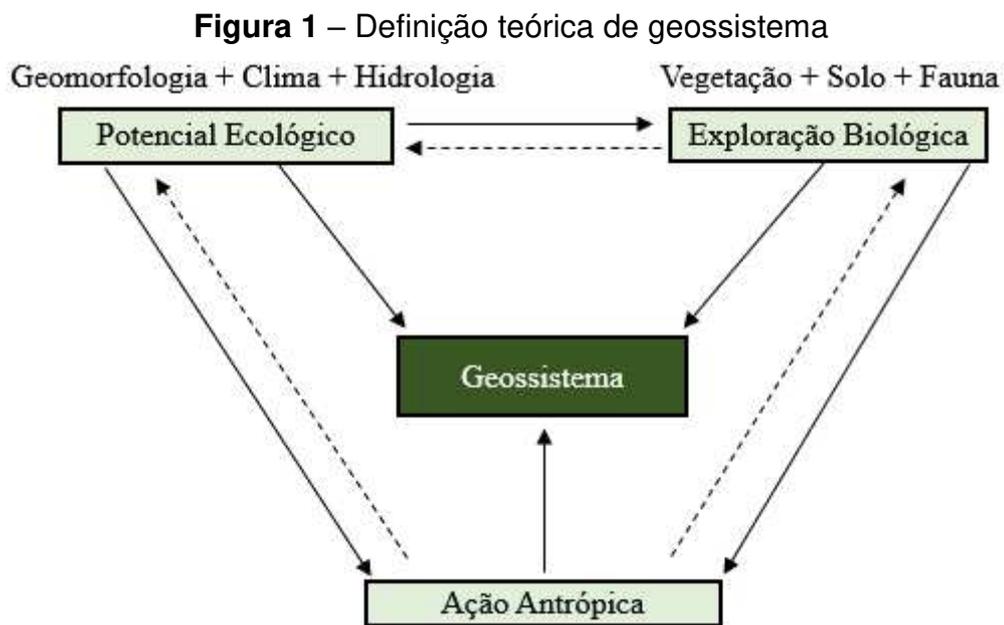
De acordo com Ross (1990), no estudo do ambiente, a geografia é uma ciência que se destaca no que se diz respeito à adição do sistema socioeconômico nas análises ambientais, para além do meio físico e biótico. Na visão sistêmica, a geografia física dedica-se à análise dos sistemas ambientais físicos, enquanto a geografia humana concentra-se na compreensão dos sistemas socioeconômicos (Christofolletti, 1999).

De acordo com a Teoria Geral dos Sistemas proposta pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy (1975), todos os componentes do sistema são importantes e exercem influência sobre os demais. Da mesma forma, ele enfatiza que é importante compreender que uma parte do sistema não representa a sua totalidade.

É com base nessa teoria que o conceito de geossistema é desenvolvido através de Sotchava (1978), podendo ser definido como o potencial ecológico de um ambiente atrelado à exploração biológica e a atuação dos motores socioeconômicos, materializados a partir da ação antrópica. Assim, a teoria sistêmica é aplicada à

geografia. Outros autores contribuem para as discussões sobre geossistema de forma mais aprofundada, como Christofolletti (1999) e Bertrand (1971).

Georges Bertrand traz uma definição de geossistema como um sistema natural e integrado. Assim, a partir da interação e troca de energia e matéria entre o potencial ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia), exploração biológica (vegetação, solo, fauna), em interação e intervenção em menor escala da ação antrópica, Bertrand (1971) esquematiza o geossistema, como apresentado na Figura 1.

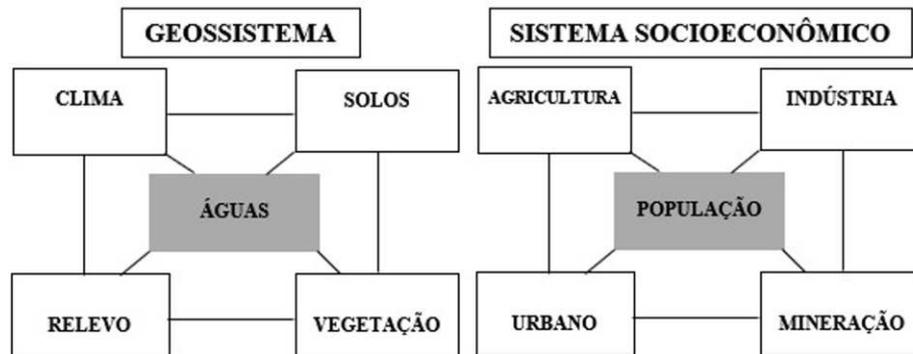


Fonte: Bertrand (1971).

Através das interferências nos sistemas naturais, o homem modifica o ambiente por meio de construção de rodovias, edificações, barragens, modificando os cursos d'água, exercendo atividades agrícolas, extrativistas e industriais, e essas dinâmicas modificam o ambiente natural que não é estável. Essas modificações alteram as dinâmicas preexistentes e para isso é importante conhecer o funcionamento desses ambientes para atenuar as pressões sofridas pelas atividades humanas (Ross, 1990).

O geossistema é um sistema complexo, que proporciona matéria e energia aos sistemas socioeconômicos. Christofolletti (1999) ressalta que na concepção sistêmica, o meio ambiente, com os elementos climáticos, pedológicos, hidrológicos, geomorfológicos e vegetacionais, fazem parte dos sistemas ambientais onde são desenvolvidas as ações antrópicas de cunho social e econômico (Figura 2).

Figura 2 – Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico



Fonte: Christofolletti (1999).

Em consonância com as considerações apresentadas, Ross (1990) enfatiza que é importante realizar uma análise integrada dos sistemas ambientais junto à sociedade para entender esses mecanismos como um todo. Essa integração é pertinente nos estudos ambientais uma vez que não se deve desassociar e ignorar os fatores ambientais que condicionam, e sociais que modificam e transformam o ambiente.

2.2 Legislações e políticas ambientais no planejamento de uso e ocupação do solo

Para fins de se estabelecer uma base terminológica que será adotada neste trabalho, a concepção de ambiente envolve o meio físico, o meio biótico e o meio antrópico. Entendendo esse ambiente para além de fornecedor de recursos para a sobrevivência da sociedade, mas também como fornecedor de funções ecológicas essenciais à vida (Sánchez, 2008).

As políticas ambientais são estabelecidas mediante diretrizes que devem ser seguidas por meio de ações práticas, concretas e efetivas para garantir a sustentabilidade e o uso racional dos recursos naturais. Nesse sentido, as políticas ambientais são importantes para o planejamento, pois a sua definição norteará os objetivos e fins da organização.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004, p. 3) se entende por política ambiental “as intenções e princípios gerais de uma organização em relação ao seu desempenho ambiental, conforme formalmente

expresso pela alta administração”. A participação da sociedade civil nessas atividades, além da gestão, é importante para potencializar a garantia da proteção ambiental e a representação social, tendo em vista o uso coletivo do meio ambiente (Souza, 2014).

A participação ativa da sociedade civil fortalece a implementação dessas leis e políticas, promovendo um engajamento mais efetivo da população na conservação ambiental. Além disso, a atuação conjunta entre governo e sociedade civil contribui para a fiscalização e monitoramento das ações, garantindo que as diretrizes estabelecidas sejam cumpridas e que os recursos naturais sejam utilizados de forma sustentável.

Para que haja planejamento é necessário sistematizar as atribuições com uma finalidade, que se desdobrará na tomada de decisões. O planejamento ambiental pode ser definido como “a aplicação racional do conhecimento do homem ao processo e tomada de decisões para conseguir uma ótima utilização dos recursos, a fim de obter o máximo de benefícios para a coletividade” (Almeida; Moraes; Bernardo, 1999, p. 12).

Para aplicar o planejamento ambiental de forma eficaz, é necessário considerar não apenas os componentes naturais, mas também o uso e ocupação do território resultante das atividades humanas, a fim de solucionar problemas existentes. Essa concepção depende do conceito de ambiente que, para Sánchez (2008), no campo do planejamento e da gestão ambiental, é amplo, multifacetado e maleável. O termo amplo faz referência à inclusão da natureza com a sociedade, multifacetado em função da apreensão por diferentes perspectivas e maleável no sentido de ser reduzido ou ampliado em função da necessidade do analista ou interesse dos envolvidos. Dessa forma, o alcance dos instrumentos de planejamento e gestão ambiental é determinado pelo conceito de ambiente.

Nesse sentido, Ross (1995, p. 66) afirma que:

A pesquisa ambiental na abordagem geográfica é fundamental para atingir adequados diagnósticos a partir dos quais torna-se possível elaborar prognósticos. A pesquisa ambiental na geografia tem como objeto entender as relações das sociedades humanas com a natureza dentro de uma perspectiva absolutamente dinâmica nos aspectos culturais, sociais, econômicos e naturais.

Com base nessa afirmação, compreende-se que a pesquisa ambiental, quando efetuada através dos conceitos e ferramentas que provém da ciência geográfica, é capaz de fornecer, além dos elementos da realidade, respostas que elucidam as

ações que já ocorreram e respostas que permitem planejar práticas futuras em relação ao objeto de estudo.

A abordagem geográfica atrelada ao planejamento ambiental permite uma perspectiva geral do problema, propiciando ações que possibilitam a análise do processo contínuo das ações, visando atingir objetivos que possam beneficiar o coletivo, traçando novos rumos através dos conhecimentos adquiridos.

Segundo Birkholz (1983, p. 13) deve-se abranger o “território como um todo, suas regiões, as áreas rurais, a rede urbana como um conjunto, e cada cidade, do ponto de vista particular.” A partir desse enunciado compreende-se a necessidade de inserir os espaços rurais como parte do conjunto que envolve o planejamento ambiental, pois muitas práticas que são desenvolvidas nesses espaços alavancam os impactos ambientais existentes.

No ecossistema de Caatinga existem variadas espécies endêmicas que devem ser rotuladas como patrimônio biológico de valor incalculável. Dentre essas espécies, encontra-se o Licuri (*Syagrus coronata*), uma palmeira de presença abundante no município de Serrolândia nos ambientes rurais, e que faz parte da vegetação da Caatinga (Ramalho, 2008). O planejamento ambiental nessas áreas é necessário para regular o uso desses recursos naturais e proteger essa espécie de grande importância biológica. Além disso, as políticas ambientais desempenham uma função fundamental nesse contexto, uma vez que estabelecem as regras e ações práticas necessárias para garantir a sustentabilidade e o uso racional dos recursos naturais. Assim, a definição e implementação de políticas ambientais adequadas orientam os objetivos e propósitos da gestão ambiental nessas áreas.

Neste contexto, diversas leis e políticas públicas no Brasil têm sido criadas para proteção do meio ambiente. No ano de 1981 foram implementadas no Brasil leis destinadas à conservação ambiental, com destaque para a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e instituiu o Cadastro de Defesa Ambiental. Essas medidas visam a proteção e preservação do meio ambiente, definindo a responsabilidade dos órgãos públicos e da sociedade conciliando o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos recursos naturais, considerando a importância desses princípios para a qualidade de vida da população (BRASIL, 1981).

A aplicação da legislação ambiental brasileira no meio rural tem sido alvo de críticas. Algumas dessas críticas destacam que as regras, padrões e penalidades impostas pela lei dificultam a vida dos produtores rurais e sobrecarregam o desenvolvimento produtivo agrícola. Além disso, a legislação é vista como pouco democrática, repressiva e padronizada, uma vez que foi criada sem representatividade e sem diálogo com a sociedade.

Neumann e Loch (2002) destacam que os principais problemas apontados é a falta de consideração das características e condições fitogeográficas, ambientais e ecológicas de cada localidade. Isso resultou em conflitos de terra e na perpetuação da degradação ambiental, pois a legislação tratou todas as áreas rurais como se fossem homogêneas, dificultando o cumprimento das responsabilidades pelos agricultores familiares, encarecendo o desenvolvimento produtivo e contribuindo para conflitos de terra e degradação ambiental.

Em de 22 de agosto de 2002 foi instituída a Política Nacional de Biodiversidade (PNB), a partir do decreto Nº 4.339, que trata da integração da conservação da biodiversidade e a utilização sustentável de seus componentes, juntamente com a distribuição justa e equitativa dos benefícios provenientes da exploração de recursos genéticos, elementos do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais associados a esses recursos, como seu principal objetivo (Prado *et al.*, 2019).

A PNB também objetiva promover a conservação e a utilização sustentável da biodiversidade brasileira, incluindo os biomas, com a repartição justa e equitativa dos benefícios associados. Um dos componentes importantes é o conhecimento da biodiversidade, que visa à geração de informações detalhadas sobre os ecossistemas, espécies e variabilidade genética (BRASIL, 2002).

Essa política também destaca o mapeamento regular de áreas naturais preservadas em todos os biomas brasileiros, que é fundamental para o planejamento ambiental, uma vez que fornece dados essenciais para a tomada de decisões informadas sobre a gestão e conservação desses ecossistemas. Conhecer a biodiversidade também é vital para a identificação de áreas prioritárias de conservação, a avaliação de riscos e impactos ambientais, e o desenvolvimento de estratégias de utilização sustentável dos recursos naturais. Além disso, o conhecimento da biodiversidade contribui para a preservação de espécies ameaçadas, a promoção de práticas de negócios sustentáveis e a valorização do

patrimônio genético, beneficiando a conservação dos biomas e a qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

Legislações nacionais que têm como objetivo assegurar a manutenção da proteção ambiental e a preservação dos serviços ecossistêmicos incluem a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC) e o Plano de Agricultura de Baixo Carbono. Criada a partir da Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) tem como principal objetivo compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático, promovendo a redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) e incentivando a adaptação à mudança do clima (BRASIL, 2009).

O Código Florestal, estabelecido pela Lei Federal nº 12.651/2012, instrumento legal que se aplica às propriedades privadas e tem como objetivo minimizar os impactos negativos decorrentes da substituição da vegetação natural por outros usos, principalmente a agropecuária. Por meio da regulamentação do uso do solo, o código estabelece a obrigatoriedade de manutenção de áreas de preservação permanente (APP) e reservas legais (RL) em unidades agrícolas. Essas medidas visam proteger a biodiversidade, os recursos hídricos e os solos, garantindo a sustentabilidade ambiental da atividade agropecuária (Sparovek *et al.*, 2011).

O Código Florestal além de estabelecer regras e diretrizes para a conservação, estabelecendo a obrigatoriedade da RL e das APPs, recuperação de áreas degradadas e uso sustentável das florestas e demais formas de vegetação nativa, tem grande importância no planejamento do uso e ocupação da terra e na promoção de seu uso sustentável.

Este instrumento legal pode ser interpretado como um "Código de Uso da Terra" e não apenas como um código florestal, porque ele estabelece normas e critérios para o uso da terra em diferentes porções de uma propriedade imóvel rural, além de regulamentar a proteção e utilização das florestas e demais formas de vegetação nativa. Além disso, a inexistência da vegetação natural nos espaços em que a Lei determina a sua presença constitui um "passivo ambiental" que deve ser corrigido (Ahrens, 2005).

A importância do Código Florestal no planejamento do uso e ocupação do solo é significativa por várias razões. O Código Florestal, a partir da preservação das APP e RL, busca: a) proteger as áreas florestais, garantindo a manutenção da biodiversidade e a proteção dos recursos hídricos, contribuindo para a regulação dos

rios, prevenção de erosão e assoreamento de cursos d'água (Sparovek *et al.*, 2011); b) controlar o desmatamento e promover a agricultura sustentável, ao definir áreas onde é permitido o uso agrícola e da pecuária, desde que sejam seguidas práticas sustentáveis, respeitando as normas de proteção ambiental (BRASIL, 2012).

Segundo Lopes, Lopes e Bomfim (2011), o Código Florestal pode ter impactos significativos na agricultura brasileira, afetando desde o uso da terra até o custo de produção. Isto porque estabelece zonas de proteção e recuperação, orientando o planejamento do uso do solo, importante para promoção do ordenamento territorial e para evitar conflitos de uso da terra, garantindo que as atividades humanas sejam compatíveis com a preservação ambiental.

O ordenamento territorial, garantido pelo Código Florestal através da definição de áreas de APP e RL, promovem a redução de desastres naturais e garantia dos serviços ecossistêmicos para a população (Coutinho *et al.*, 2013). No entanto, estudos sugerem criar áreas de proteção maiores do que as exigidas pelo Código Florestal como solução para manutenção de áreas ecologicamente importantes (Mello *et al.*, 2014).

O Código Florestal prevê mecanismos para a regularização fundiária, incentivando a legalização de áreas ocupadas de forma irregular e promovendo a adequação ambiental dessas áreas. Conforme Coutinho *et al.* (2013), o Código Florestal também permite a regularização fundiária em APPs, desde que sejam cumpridos certos requisitos, como a identificação das áreas consideradas de risco de inundações e movimentos de massa.

No entanto, o Código Florestal tem sido alvo de intensos debates e disputas políticas, o que tem dificultado a sua implementação e efetividade. De acordo com Valera (2014) os principais problemas do Novo Código Florestal são a redução das APPs e das RLs, da violação de princípios constitucionais, incluindo o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e as cláusulas pétreas que vedam a redução da proteção de direitos fundamentais.

Essas críticas estão baseadas a partir do desdobramento das seguintes ações:

- a) favorecimento de interesses corporativos encastelados no Congresso Nacional, representados pela Bancada Ruralista, priorizando os interesses do agronegócio e dos grandes proprietários de terra em detrimento dos pequenos produtores;
- b) anistia para proprietários rurais que desmataram áreas ilegalmente até julho de 2008;
- c) flexibilização das regras para a recuperação de áreas degradadas;
- d) possibilidade de

compensação de áreas desmatadas em outros biomas ou estados; e) exclusão de áreas ocupadas por comunidades tradicionais e povos indígenas das APPs e das reservas legais; f) falta de observância dos conceitos científicos e naturais que permeiam o tema, não levando em conta as especificidades regionais e as diferentes realidades socioeconômicas do país (Valera, 2014).

Essas brechas resultam no aumento do desmatamento e na impunidade de crimes ambientais, na adoção de práticas inadequadas e insuficientes para a restauração dos ecossistemas, na fragmentação e na perda de conectividade entre as áreas protegidas, bem como na violação dos direitos territoriais e culturais dos povos tradicionais. Essa lacuna também gera uniformização das políticas públicas, imposição de modelos produtivos inadequados para determinadas regiões e culturas, falta de proteção dos recursos hídricos e comprometimento de todos os biomas e os serviços ecossistêmicos.

A normativa apresentou ampliações e mudanças que visam assegurar a proteção da vegetação nativa, APP, e áreas de RL. A lei também controla os produtos de origem florestal e a sua exploração, zelando pela sustentabilidade ambiental e o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção dos ecossistemas (BRASIL, 2012).

O Código Florestal institui ainda subsídios importantes para o planejamento ambiental. Cita-se como exemplo o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que permite o monitoramento e identificação das APPs, RLs e demais áreas protegidas nas propriedades rurais, contribuindo para o planejamento e gestão ambiental do território rural.

Dessa forma, na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Capítulo VI, do Cadastro Ambiental Rural:

Art. 29. É criado o Cadastro Ambiental Rural - CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um registro eletrônico obrigatório para todas as propriedades rurais no Brasil. No espaço rural, é um dos principais instrumentos de planejamento ambiental de âmbito nacional. Tem como objetivo

reunir informações sobre áreas de proteção ambiental, áreas restritas, áreas de RL, áreas de florestas e vegetação nativa remanescente, bem como áreas já consolidadas. O CAR serve como uma base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além de auxiliar no combate ao desmatamento (BNDES, 2017).

Através dessas informações obtidas, surge a possibilidade de segurabilidade ambiental garantindo maior controle dos imóveis rurais. Dentro desse aspecto, o planejamento ambiental é um elemento importante, pois está intrinsecamente relacionado em proteger as delimitações de área urbana e rural no sentido de assegurar o equilíbrio ambiental que venham a promover e garantir a qualidade de vida da população.

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) é uma iniciativa do governo brasileiro para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no setor agrícola, promovendo a agricultura de baixa emissão de carbono e incentivando práticas sustentáveis que beneficiem tanto o meio ambiente quanto os agricultores. O plano engloba a recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, reflorestamento, tratamento de dejetos animais e adaptação às mudanças climáticas e teve execução nos anos de 2010 a 2020 (EMBRAPA, 2023).

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), os resultados alcançados a partir dessa política estão apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Resultados do Plano ABC 2010 – 2020

METAS PLANO ABC RESULTADOS 2010 A 2020						
TECNOLOGIAS	EM ÁREA milhões ha			MITIGAÇÃO milhões Mg CO₂ eq		
	META	RESULTADO	ALCANCE	META	RESULTADO	ALCANCE
Recuperação de Pastagens Degradadas	15	26,8	179%	104	36,01	35%
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	4	10,76	269%	18 a 22	40,78	185%
Sistema Plantio Direto	8	14,59	182%	16 a 20	26,7	133%
Fixação Biológica Nitrogênio	5,5	11,78	214%	10	21,56	216%
Florestas Plantadas	3	1,88	63%	-	8,82	-
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m ³	38,34 milhões m ³	871%	6,9	59,81	867%
TOTAL PLANO ABC	35,5 milhões de há	54,03 milhões de ha	152%	133 a 163	193,67 milhões Mg CO ₂ eq	119%

Fonte: Ministério da Agricultura e Pecuária (2023), adaptado pela autora.

Para os anos atuais, o ministério de Agricultura e Pecuária lançou em 2020 o ABC+, com execução prevista de 2020 a 2030. Ele é uma continuação do Plano ABC (2010-2020) e representa a estratégia do governo brasileiro para lidar com os desafios da mudança climática no setor agropecuário, com foco na sustentabilidade, na resiliência e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Em relação ao Plano ABC (2010-2020), o ABC+ (2020-2030) representa uma evolução e ampliação das estratégias e ações voltadas para a adaptação à mudança do clima e a redução das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Algumas das principais mudanças e aprimoramentos incluem: maior ênfase na adaptação, gestão integrada da paisagem, revisões sistemáticas, nove eixos estratégicos, que abrangem diferentes programas e estratégias para alcançar seus objetivos, e incorporação de conhecimento científico e aprimoramento da gestão das informações e monitoramento (BRASIL, 2023).

Para além dessas diretrizes, diversas normas foram estabelecidas para regulamentar e fortalecer os compromissos do Brasil em relação às questões climáticas. Entre essas normas, destacam-se a Lei nº 12.114 de 2009, que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), a Lei nº 12.187 de 2009, que institui

a própria PNMC, e os Decretos nº 9.578 de 2018, nº 10.431 de 2020, nº 10.606 de 2021 e nº 11.550 de 2023, que tratam de diversos aspectos relacionados à implementação de políticas de baixa emissão de carbono na agricultura e à coordenação de esforços interministeriais para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no país.

No contexto da Caatinga, está em tramitação o Projeto de Lei do Senado nº 222, de 2016, aprovado pela Comissão de Meio Ambiente (CMA), que institui a Política de Desenvolvimento Sustentável da Caatinga, com vistas à preservação do meio ambiente, à erradicação da pobreza e à redução das desigualdades sociais no território da Caatinga. Também busca promover o uso racional e sustentável dos recursos naturais da Caatinga, estimular atividades agrossilvopastoris e florestais sustentáveis na área, proteger a biodiversidade do bioma, combater o desmatamento na Caatinga e impulsionar o desenvolvimento econômico da região (Alves Filho, 2016) e o Projeto de Lei 6391/2016, que propõe a criação do Fundo Caatinga pelo Banco do Nordeste (BNB). Este projeto autoriza o BNB a alocar recursos de diversas origens para financiar ações não reembolsáveis voltadas para a prevenção, acompanhamento e combate à degradação ambiental, além de promover a preservação e o uso sustentável do ecossistema Caatinga em várias regiões (Prado *et al.*, 2019).

2.3 Mapas de uso e cobertura da terra: um instrumento de planejamento ambiental

As atividades humanas promovem diversas alterações na paisagem, sendo necessária a análise e a compreensão das mudanças e suas interferências no sistema. Para compreender esses processos, a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra, obtidos a partir de imagens de satélites, são fundamentais.

O uso e cobertura da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, pois a mesma permite a visualização e identificação direta dos elementos ali geometricamente apresentados. Uso, ocupação e cobertura da terra podem ser sintetizados através de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas. Sua identificação, quando atualizada, é de grande importância ao planejamento e orienta à ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (Leite; Rosa, 2012, p. 2).

Dessa forma, através desses instrumentos, tem sido possível a observação, avaliação e o desenvolvimento de estudos capazes de nortear, através dos dados e diagnósticos, as ações que oferecem suporte ao planejamento ambiental.

No Brasil, a elaboração de mapas mais detalhados acerca das formas de uso da terra ocorreu a partir do século XX, com o advento de instituições como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as academias científicas. A partir da criação do IBGE em 1936, se consolidaram as correntes de pensamento da Geografia no contexto brasileiro. O IBGE desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento de pesquisas voltadas ao estudo do Uso da Terra, bem como as universidades e organizações governamentais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O conhecimento sobre o uso da terra é relevante para garantir sua sustentabilidade em relação às questões ambientais, sociais e econômicas, amplamente discutidas no âmbito do desenvolvimento sustentável (IBGE, 2013).

O mapeamento do uso e cobertura da terra é uma ferramenta importante para o planejamento ambiental, pois oferece informações sobre a distribuição espacial das atividades desenvolvidas numa determinada área, as condições ambientais da cobertura e a compreensão das mudanças ao longo do tempo. Além disso, contribui para o monitoramento das alterações climáticas, como avaliaram Sobral *et al.* (2018) por meio da união de dados pluviométricos e análise dos impactos nos recursos hídricos.

As metodologias utilizadas por Sobral *et al.* (2018) foram o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e a classificação de uso e ocupação da terra com o uso das geotecnologias através do software Spring-5.4.3. Os autores relataram a importância do mapeamento de uso e cobertura ao constatarem que a distribuição e dinâmica espacial dos usos e cobertura de uma área é refletida no estado e disponibilidade dos recursos hídricos. Nesse sentido, a aplicações de metodologias para o mapeamento de uso da terra têm contribuído para o planejamento ambiental em diversas escalas, principalmente nos estudos de bacias hidrográficas.

Degrande e Firmino (2020) realizaram um estudo voltado para a análise morfométrica e do uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego da Onça, em Presidente Prudente-SP. Na metodologia utilizaram imagens Shuttle Radar Topography Mission - SRTM e o programa Google Earth para cálculo de valores morfométricos e imagens do satélite Landsat 7 e 8 para gerar o mapeamento do uso

da terra. A pesquisa desenvolvida consistiu em três etapas: elaboração de mapas temáticos, geração do perfil longitudinal do rio principal e cálculo de dados morfométricos. A metodologia aplicada foi fundamental na identificação da predominância de solos suscetíveis à erosão, ocupação irregular, baixa densidade de drenagem e o índice de rugosidade médio do relevo que favorece a estabilidade da bacia durante picos de cheias.

Silva *et al.* (2022), em estudo de bacias hidrográficas, analisaram a qualidade das águas captadas na represa Ipaneminha, no município de Sorocaba-SP, com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos e dados de precipitação local. Para relacionar com o uso da terra, foram utilizadas imagens do sensor Sentinel para os anos de 2016 a 2019. O resultado do uso do solo apontou que houve avanço de áreas antropizadas na sub-bacia nas classes de agricultura e pastagem em até 50% na maioria dos anos analisados. Esse resultado está relacionado com a qualidade da água, que foi afetada pelas atividades agropecuárias.

O mapeamento de uso de solo permite identificar conflitos de terra em Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Pinto; Toppa, 2017). No contexto do planejamento urbano também auxilia na identificação de áreas que devem ser protegidas devido a sua importância ecológica ou que oferecem riscos à segurança dos moradores, uma vez que as vulnerabilidades ambientais podem oferecer restrições a ocupações (Liberti, Estêvez; Nucci, 2019; Souza, 2018).

Estudos dessa natureza fornecem informações importantes para fins de conservação dos recursos naturais, que incentivam a tomada de decisão dos gestores, sendo uma ferramenta de planejamento ambiental.

Um dos recursos utilizados para a elaboração de mapas de uso e cobertura vegetal refere-se a base de dados do MapBiomas, que disponibiliza uma série histórica do uso e cobertura da terra, usando classificadores automatizados e processamento em nuvem dos dados, que são elaborados, processados e operados para o desenvolvimento de mapas (MAPBIOMAS, 2021).

O projeto tem como principal objetivo o combate às mudanças climáticas, a conservação e manejo sustentável dos recursos naturais, além de tornar acessíveis informações sobre as transformações que ocorrem no território brasileiro. Assim, é possível monitorar florestas, as áreas agrícolas, as áreas urbanas, as áreas de pastagem e as áreas de mineração.

O projeto também acompanha a evolução do desmatamento, das queimadas e dos processos de regeneração natural da vegetação, entre outros. Além disso, há diversos artigos científicos que avaliam a acurácia dos mapas produzidos pelo MapBiomas, demonstrando a qualidade e confiabilidade dos dados gerados.

Cada edição anual da série histórica de mapas e dados de cobertura e uso da terra do projeto é chamada de coleções. As coleções podem variar em termos de período abrangido, metodologia utilizada e legenda adotada. A coleção 1 (2008-2025) tinha 7 classes, enquanto a coleção 2 (2000-2016) tinha 13 classes e subclasses. A coleção 3 (1985-2017) utilizou o algoritmo *Random Forest* e amostragem robusta, enquanto a coleção 4 (2018) introduziu o algoritmo *Deep Learning* e análise por cena. A coleção 5 (2019-2020) trouxe melhorias no mapeamento de áreas úmidas e novas classes de agricultura. A coleção 6 incluiu classes como Restinga Arborizada, Citros e outras culturas perenes. A coleção 7 apresenta duas novas classes: Vegetação Herbácea de Restinga e Algodão (versão beta).

Os níveis no MapBiomas são divisões hierárquicas que fornecem diferentes graus de detalhamento das classes de cobertura e uso da terra, permitindo uma análise mais precisa. O esquema de classificação tem 6 classes principais no Nível 1: Floresta, Formação não florestal, Agricultura, Área não vegetada, Água e não observado. No nível 2, há 16 classes que subdividem essas principais, como Formação de Savana na Floresta e Pastagem e Mosaicos de Usos na Agricultura. Existem ainda subdivisões nos Níveis 3 e 4, com culturas temporárias, como Soja, Cana-de-Açúcar, Arroz e Algodão.

Ganem *et al.* (2020) apontaram que o MapBiomas obteve uma taxa de acurácia global de 80% para a coleção de 4.1 na classificação de nível 1 e de 75% para a classificação de nível 3, em cada ano da série temporal (1985-2018). Sendo assim, o MapBiomas é atualmente o mapeamento mais preciso e abrangente do bioma Caatinga em termos de acurácia e intervalo temporal mapeado. Esses valores resultaram do aprimoramento da metodologia de processamento através de lançamento de coleções anuais a partir do ano de 2016 e indicam que a precisão do modelo é satisfatória em ambos os casos.

Atualmente, os resultados estatísticos da coleção 7.0 apontam que a acurácia global é de 91.3% para o nível 1 e 87,9% para os níveis 2 e 3. No bioma da Caatinga, a acurácia geral foi de 81,8%, 77,1% e 77% para os níveis 1, 2 e 3, respectivamente. Essa versão foi lançada em agosto de 2022, abrange o período de 1985 a 2021 e

possui legenda com 27 classes. Em abril de 2023 o MapBiomas lançou a coleção 7.1, com melhorias na classificação. Essa versão apresenta acurácia geral global de 91.5% para o nível 1 e 88.1% para os níveis 2 e 3. Para o bioma da Caatinga, a acurácia é de 81.9% para o nível 1, 77.2% para o nível 2 e 77.1% para o nível 3 (MAPBIOMAS, 2019).

Almeida *et al.* (2018) realizaram estudos de variabilidade da cobertura do solo nos municípios do Agreste de Pernambuco, utilizando as técnicas de NDVI e mapeamento de cobertura e uso da terra gerados a partir do MapBiomas. Os pesquisadores constataram que ambas as técnicas obtiveram resultados semelhantes e contribuíram para entender a variabilidade espacial analisada.

Em mapeamento na escala municipal, Márquez (2021) avaliou a dinâmica de uso da terra no município de Silvânia-GO, utilizando técnicas de interpretação visual de imagens de satélite da coleção 6 do MapBiomas. O estudo identificou que a principal forma de uso da terra na região é a atividade agrícola, sendo que essa utilização teve início em 1985 e aumentou gradualmente ao longo dos anos. Além disso, foi observada a fragmentação e conversão da vegetação nativa. Essa metodologia permitiu uma perspectiva temporal ampliada acerca do uso do solo no período em análise.

Resultados satisfatórios também foram obtidos por Gomes *et al.* (2017) e Rodrigues *et al.* (2022) ao utilizarem o MapBiomas para apresentar as mudanças no uso e cobertura da terra do município de Brejinho, Pernambuco (2000-2016), no bioma da Caatinga e nos municípios do Maranhão (1998-2018), no bioma de Cerrado, respectivamente. Os autores destacaram a eficácia e a alta resolução temporal e espacial dos dados obtidos.

Estudos apresentados constataam que o MapBiomas é amplamente utilizado em pesquisas científicas e demonstra a efetividade de suas técnicas para pesquisas ambientais, o que comprova a confiança que a comunidade científica e os gestores públicos têm na acurácia do projeto.

O MapBiomas também fornece informações espaciais de estimativa de estoque e carbono orgânico no solo. O MapBiomas produziu a primeira série anual de mapas do estoque de carbono orgânico do solo (COS) no Brasil de 1985 a 2021 com resolução espacial de 30 m. O produto foi desenvolvido a partir de *machine learning*, permitindo que demais usuários forneçam dados para melhoria dos resultados. O estudo analisou a variação do estoque de carbono orgânico em diferentes áreas e

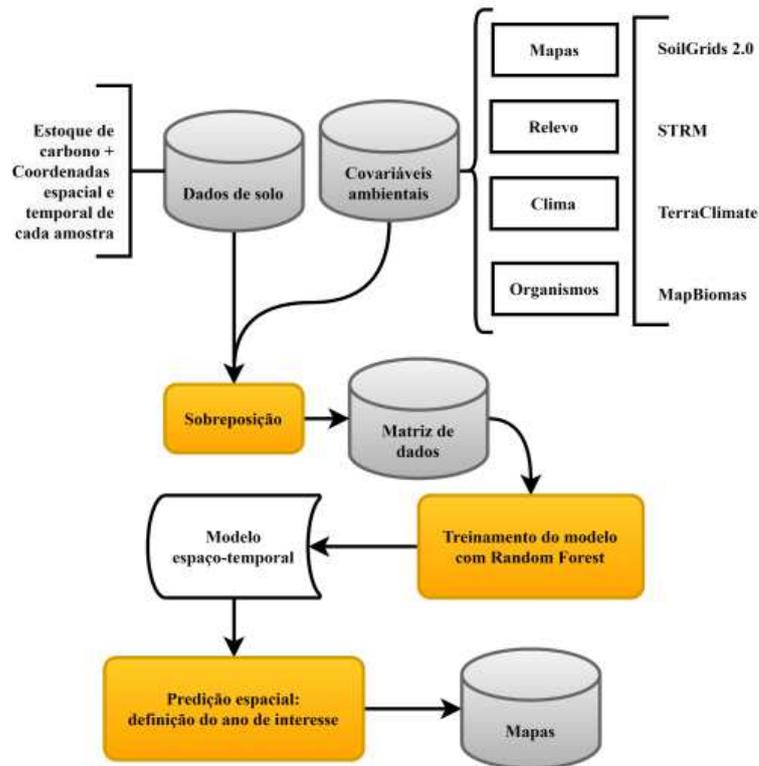
usos da terra, bem como o impacto das práticas de uso da terra nos primeiros 30 cm do solo em relação ao armazenamento de carbono orgânico.

A iniciativa do MapBiomass solo tem como objetivo mapear os estoques de carbono orgânico no solo em todo o território brasileiro, utilizando dados pontuais de solos e informações ambientais estáticas e dinâmicas. A proposta busca fomentar o desenvolvimento de uma ciência do solo mais colaborativa e aberta. Nos estudos edafológicos, a amostragem é limitada às camadas superficiais, nos primeiros 10 ou 20 cm a partir da superfície do solo, que é a zona de interação solo-atmosfera, ou seja, com maior interação com as demais esferas terrestres, especialmente a biosfera. É ocupada pela maior parte do sistema radicular das plantas, contendo grande população de micro e macro organismos, sendo a camada mais afetada pelas mudanças de uso e cobertura da terra e do clima (Teixeira *et al.*, 2017).

A base de dados do MapBiomass considera os primeiros 30 cm do solo brasileiro para mapear os estoques de carbono orgânico do solo (COS) em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) para o período de 1985-2021. Essa camada é importante porque é onde se concentra a maior parte do carbono orgânico do solo, que é um importante indicador da qualidade do solo e da sua capacidade de armazenar carbono e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Os estoques de carbono orgânico no solo são calculados a partir dos dados pontuais de solo usando a equação $Estoque = C_{org} \times (1 - FG) \times D_s \times Esp$, onde C_{org} é a concentração ($g\ kg^{-1}$) de carbono orgânico na fração terra fina (partículas de diâmetro $\leq 2\ mm$) seca em estufa ($105\ ^\circ C$), FG é a fração de gravidade, D_s é a densidade do solo ($g\ cm^{-3}$) e Esp é a espessura da camada de solo (cm) (MAPBIOMASS, 2023).

O projeto MapBiomass Solos utilizou modelagem espaço-temporal, análise de séries temporais, sensoriamento remoto e aprendizado de máquina para produzir a primeira série temporal dos estoques de carbono orgânico nos solos brasileiros. O projeto se baseou em dados de solo disponíveis no Repositório de Dados do Solo Brasileiro (FEBR). A modelagem espaço-temporal dos estoques de carbono orgânico no solo brasileiro incluiu a seleção de covariáveis ambientais relevantes, a coleta de dados de campo, a elaboração de mapas sem referência temporal dos estoques de carbono orgânico no solo, a modelagem espaço-temporal dos estoques de COS com o algoritmo *Random Forest*, a validação do modelo e a geração dos mapas de estoque de carbono orgânico no solo (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma das etapas metodológicas para a modelagem espaço-temporal dos estoques de COS



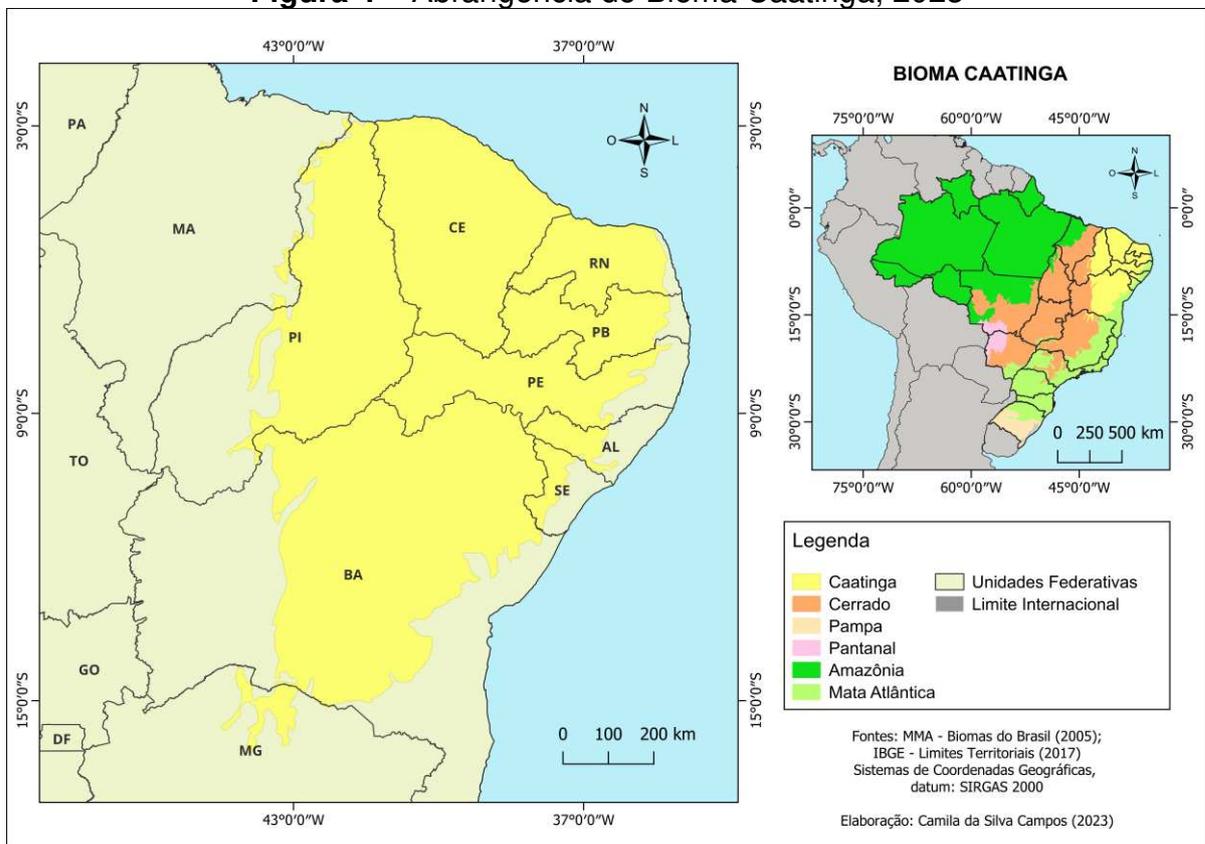
Fonte: Silva *et al.* (2023).

No fluxograma (Figura 3), Silva *et al.* (2023) apresenta as etapas metodológicas desenvolvidas pelo grupo de pesquisadores que fazem parte do MapBiomias Solos. As etapas metodológicas contaram com uma coleta de dados de solo e covariáveis ambientais estáticas e dinâmicas para o território brasileiro; divisão dos dados em conjuntos de treinamento e validação; treinamento de um modelo preditivo usando a matriz de treinamento para prever os estoques de carbono orgânico do solo; previsão espacial dos estoques de carbono orgânico do solo para cada ano de interesse (1985-2021) usando o modelo preditivo treinado; cálculo dos estoques de carbono orgânico do solo a partir dos dados pontuais do solo; avaliação da precisão do modelo usando validação cruzada e validação cruzada espacial, e por fim, a geração de mapas de estoque de COS para cada ano de interesse a partir dos resultados da previsão espacial.

2.4 Definição e caracterização do bioma Caatinga

O recorte espacial da pesquisa está situado na região onde compreende o bioma da Caatinga, uma área que ainda carece de estudos aprofundados. Localizado no nordeste brasileiro, o domínio da Caatinga situa-se nas latitudes subequatoriais que se estendem entre $45^{\circ} 4' 42''$ a $35^{\circ} 4' 2''$ de Longitude Oeste e de $16^{\circ} 42' 47''$ a $2^{\circ} 44' 55''$ de Latitude Sul. Esse território é comumente identificado como o Polígono das Secas (Figura 4).

Figura 4 – Abrangência do Bioma Caatinga, 2023



Fonte: MMA (2005); IBGE (2017).

A Caatinga exibe uma notável heterogeneidade em sua composição e características naturais únicas. Segundo o IBGE (2019), o bioma da Caatinga corresponde a uma área aproximada de 862.818 km², ocupando 10,1% do território nacional.

Ab' Sáber (2003) ao categorizar os domínios da natureza no Brasil, caracteriza a Caatinga da seguinte forma:

Dominam temperaturas médias entre 25 e 29° C [...]. No período seco, existem nuvens esparsas, mas não chove [...] E, de repente, quando chegam as chuvas, árvores e arbustos de folhas miúdas e múltiplos espinhos protetores entremeados por cactáceas empoeiradas, tudo enverdece (AB' SÁBER, 2003, p. 85).

O termo Caatinga é proveniente do Tupi-Guarani que significa “mata branca” e remete ao seu aspecto acinzentado, principalmente durante o período das secas, mesmo que a vegetação apresente a coloração verde nos períodos de chuva (Figura 5).

Figura 5 – Paisagem natural representada pela Caatinga



Fonte: Campos (2023).

Conhecida como um bioma exclusivo do nosso país, a Caatinga abrange uma grande diversidade biológica, apresentando fauna e flora endêmicas, que compõem o cenário desse pouco compreendido e exótico bioma brasileiro. Apesar de estar localizado em uma região de clima semiárido, esse local surpreende com uma ampla variedade de paisagens, abrigando espécies que são exclusivas desse bioma.

A Caatinga possui vegetação arbórescente e xerófila, arbustiva e decídua, ou seja, por plantas que estão adaptadas ao clima semiárido (Pereira, 2020). Durante a estação seca, em sua maioria, perdem as folhas como forma de reter água para garantir sua sobrevivência durante o período de estiagem. Essas espécies são denominadas caducifólias (Souza, 2020). A vegetação também possui aparência retorcida com árvores e arbustos na sua maioria espinhentos.

A Caatinga caracteriza-se pelas espécies de plantas suculentas, bromeliáceas terrestres coriáceas e espinhosas, um tapete herbáceo anual e a ausência de epífitas. Contudo, em algumas formações, como *Tillandsia*, xerófitas e líquens são encontrados, enquanto lianas são geralmente ausentes. Reconhecem-se 12 tipos distintos de Caatingas, que se destacam por suas adaptações às condições semiáridas. Além disso, a vegetação da Caatinga é caracterizada por três estratos distintos de vegetação: o arbóreo, com altura de 8 a 12 metros; o arbustivo, que varia de 2 a 5 metros de altura; e o herbáceo, composto por plantas menores que 2 metros (Alves *et al.*, 2009).

Foram contabilizadas 4.963 espécies na Caatinga até o momento e as que mais se destacam são os cactos, leguminosas e as bromélias (EMBRAPA, 2007; BFG, 2021). Os tipos de cactos mais encontrados são o mandacaru, o facheiro e o xique-xique. Dentre as bromélias, o principal tipo é a macambira, e entre as leguminosas, as principais espécies são os angicos, juremas e catingueira. Cerca de 380 são endêmicas (Alves *et al.*, 2009).

Na Caatinga, o tipo de clima predominante é o semiárido, caracterizado por suas elevadas temperaturas, com média anual de 23° C a 27° C, sendo o período de maio e agosto os meses que apresentam as temperaturas mais baixas (EMBRAPA, 2021). O padrão de precipitação é caracterizado por uma falta de chuvas e prolongados períodos de seca.

A maior parte da chuva geralmente se concentra em um período de três meses, com índices pluviométricos de 400 a 700 mm anuais, uma média anual de precipitação inferior a 800 mm (EMBRAPA, 2022). Além da irregularidade pluviométrica, as condições climáticas da Caatinga apresentam alta radiação solar e evaporação com potencial elevado, de 1.500 e 2.000 mm por ano (Marengo *et al.*, 2011; Velloso; Sampaio; Pareyn, 2022).

Este bioma engloba partes das regiões hidrográficas do Parnaíba, do São Francisco, do Atlântico Nordeste Oriental e Atlântico Leste, onde a aridez predomina, resultando na presença predominante de rios intermitentes ou temporários. Rios importantes, como o São Francisco e o Parnaíba, cortam as terras quentes e secas, originando as bacias hidrográficas correspondentes (Rosa *et al.*, 2003). Os períodos de seca intermitente afetam os rios, que posteriormente ressurgem durante os breves episódios de chuva.

As unidades de relevo presentes nas áreas de Caatinga são diversificadas, com declividade que vai desde áreas plano até fortemente onduladas, com altitudes médias de 400 a 500 metros, e podendo alcançar até 1.000 metros, como é observado no planalto da Borborema. Além dessa unidade, estão presentes as grandes depressões, que se situam nas áreas próximas aos grandes rios, e as chapadas e chapadões, que predominam na porção meridional e o Espinhaço, que se estende desde Juazeiro, na Bahia, até o estado de Minas Gerais. Também são encontradas como bacias sedimentares de relevo suave ondulado; superfícies cársticas e dissecadas; tabuleiros costeiros de relevo plano a suave ondulado; serras, serrotes, maciços, inselbergues e baixadas aluviais (Jacomine, 1996).

De acordo com a EMBRAPA (2014), os Latossolos são o tipo predominante de solo na região Nordeste do Brasil, representando 29,5% da área total, em seguida pelos Neossolos, compreendendo 24,0% e Argissolos, com 16,7%. O Nordeste do Brasil exibe uma diversidade de solos devido à complexa interação entre diferentes climas, vegetação, tipos de rochas e relevo. Isso é evidente na região semiárida, onde a combinação de áreas de cristalino, bacias sedimentares e áreas de recobrimento do cristalino por sedimentos, resultam em uma ampla variedade de solos. Essa diversidade inclui solos arenosos e profundos em algumas áreas e solos argilosos e rasos em outras.

2.4.1 Os serviços ecossistêmicos da Caatinga

Os serviços ecossistêmicos são de extrema importância para o homem, pois eles fornecem diversos benefícios e recursos essenciais para a sobrevivência e o bem estar da sociedade. Esses serviços incluem, por exemplo, o fornecimento de água potável, alimentos, matéria-prima para a indústria, regulação do clima, controle de doenças, entre outros. Além disso, a oferta de serviços ecossistêmicos pressupõe um equilíbrio ou conservação de recursos naturais, o que é fundamental para a manutenção da vida no planeta. Portanto, a conservação e o uso sustentável dos serviços ecossistêmicos são essenciais para garantir a qualidade de vida das gerações presentes e futuras (Tôsto; Pereira; Mangabeira, 2012).

Os benefícios e funções dos serviços ecossistêmicos são derivados dos ecossistemas. O ecossistema pode ser definido como um biossistema que engloba a comunidade biótica, ou seja, os organismos, em interação com o ambiente físico, ou

ambiente abiótico, gerando fluxo de energia e ciclagem de materiais entre os componentes bióticos e abióticos (Odum, 1988).

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA, 2023) destaca que os serviços ecossistêmicos são os serviços de provisão, serviços de suporte, serviços de regulação e serviços culturais. Essa classificação está de acordo com a Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA).

Os serviços de provisão são aqueles que oferecem recursos naturais como água, alimentos, madeira e outros materiais usados pelo ser humano para consumo ou venda; os serviços de suporte garantem a continuidade da vida no planeta, incluindo processos como a reciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a geração e manutenção da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e vetores de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta, bem como a preservação da diversidade biológica e do acervo genético; os serviços de regulação referem-se àqueles que contribuem para assegurar a estabilidade dos ecossistemas. Isso inclui atividades como capturar carbono, purificar o ar, atenuar eventos climáticos extremos, equilibrar o ciclo da água, reduzir inundações e escassez hídrica, além de controlar processos críticos de erosão e deslizamentos de terra e os serviços culturais estão relacionados aos bens não materiais, como as atividades recreativas, estéticas e espirituais, turismo e desenvolvimento intelectual (MEA, 2005).

Dando ênfase ao serviço de suporte, pois ele constitui a base essencial para a produção de todos os demais serviços ecossistêmicos, é importante reconhecer a relevância da atuação do solo, visto que “o solo é a base para que os serviços ecossistêmicos sejam cumpridos e, conseqüentemente, para o bem-estar humano” (Vezzani, 2005, p. 679).

O solo vem enfrentando impactos significativos devido às alterações no uso e cobertura da terra. Essas influências são claramente visíveis nas áreas 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 prejudiciais (Stenzinger, 2016). Esses efeitos afetam a dinâmica natural do solo, no sentido de formação e ciclagem de nutrientes e comprometem a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos oferecidos por ele.

É notório que a agricultura é beneficiada pelos serviços ecossistêmicos, que contribuem para sua produtividade. Além disso, a agricultura pode desempenhar um papel importante na manutenção desses serviços, a partir da ciclagem de nutrientes, a fertilidade do solo, o controle da erosão, o agroturismo e outros benefícios, desde que sejam adotadas práticas de manejo adequadas (EMBRAPA, 2013).

O solo é um recurso que fornece diversos serviços ecossistêmicos, como 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 formação do solo, suporte para vegetação e armazenamento e 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, provisão de 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. Em relação ao serviço cultural, o solo é campo de atuação de atividades recreativas, não-comerciais (culturais, científicas, religiosas, educacionais, estéticas, etc.), e dispõe de registros históricos e culturais (Vezzani, 2015).

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

O estoque de C no solo também é um indicador de serviço ambiental, principalmente na abordagem das mudanças climáticas, pois permite uma análise entre diferentes práticas de manejo e uso da terra, climas, tipos de solos e biomas (Parron *et al.*, 2015). Devido a variáveis complexas e contextos diversos, é importante

adotar abordagens locais e regionais para avaliar funções do solo, considerando fatores edáficos, climáticos, sociais e econômicos (Prado *et al.*, 2016).

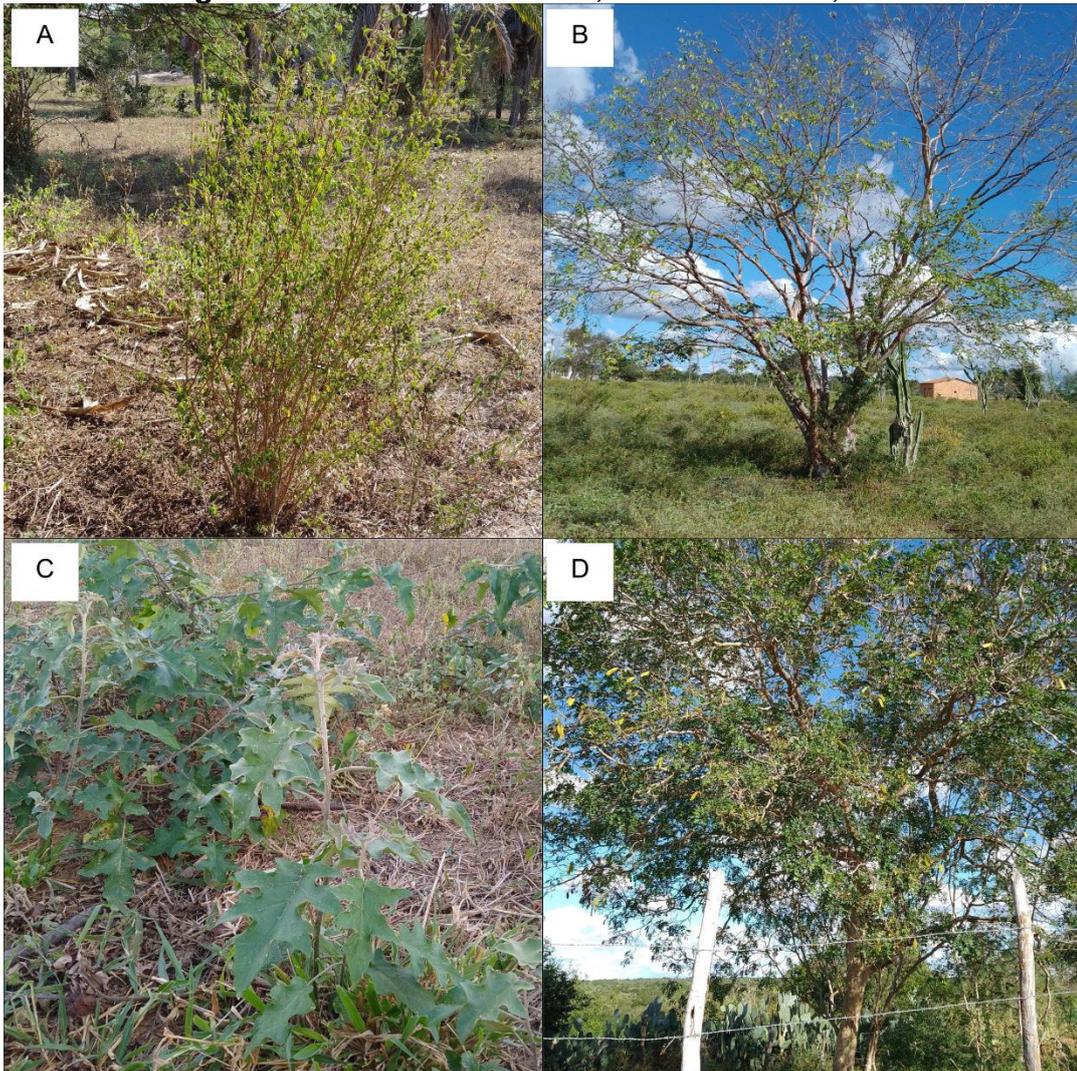
Muitos serviços ecossistêmicos envolvem recursos que são caracterizados como bens comuns, geralmente excluídos do planejamento econômico, contribuindo para a degradação desses bens. Como resposta, surgiu a proposta de valoração dos serviços ecossistêmicos, visando evidenciar a sua importância para o bem-estar humano (Tavares *et al.*, 1999; Jacobi; Sinisgalli, 2012).

A valoração dos serviços ecossistêmicos do solo refere-se à atribuição de um valor, muitas vezes monetário, aos benefícios que o solo proporciona à sociedade, como fertilidade, regulação do clima, purificação da água, entre outros. Essa valoração busca destacar a importância desses serviços para o bem-estar humano e informar a tomada de decisões, mesmo que nem todos esses benefícios possam ser traduzidos em termos monetários devido à sua natureza complexa e diversa. Existem métodos diretos e indiretos para estimar esses valores, ajudando a compreender melhor como o uso e a gestão do solo afetam tais serviços (Prado *et al.*, 2022).

No âmbito econômico, os serviços ecossistêmicos são importantes por proporcionarem recursos que possibilitam a produção de bens para a sociedade através dos seus elementos, como água, alimento, solo, entre outros, que são essenciais para o desenvolvimento das atividades econômicas (Andrade *et al.*, 2012).

Considerando os serviços ecossistêmicos no contexto municipal, em Serrolândia-BA, muitas espécies de plantas apresentam recursos alternativos para a cura de diversas doenças. Elas são consumidas principalmente na forma de chás. Segundo Zank, Ávila e Hanazaki (2006, p. 158) “As plantas medicinais são serviços de provisão que desempenham um papel central na medicina tradicional.” Essas plantas são: alecrim-de-vaqueiro (*Lippia grata* Schauer (Verbenaceae)), catinga-de-porco (*Caesalpinia pyramidalis*), umburana-de-cheiro (*Amburana cearenses*) e jurubeba (*Solanum paniculatum*) (Reis, 2010), conforme identificados na Figura 6.

Figura 6 – Plantas medicinais, Serrolândia-BA, 2023

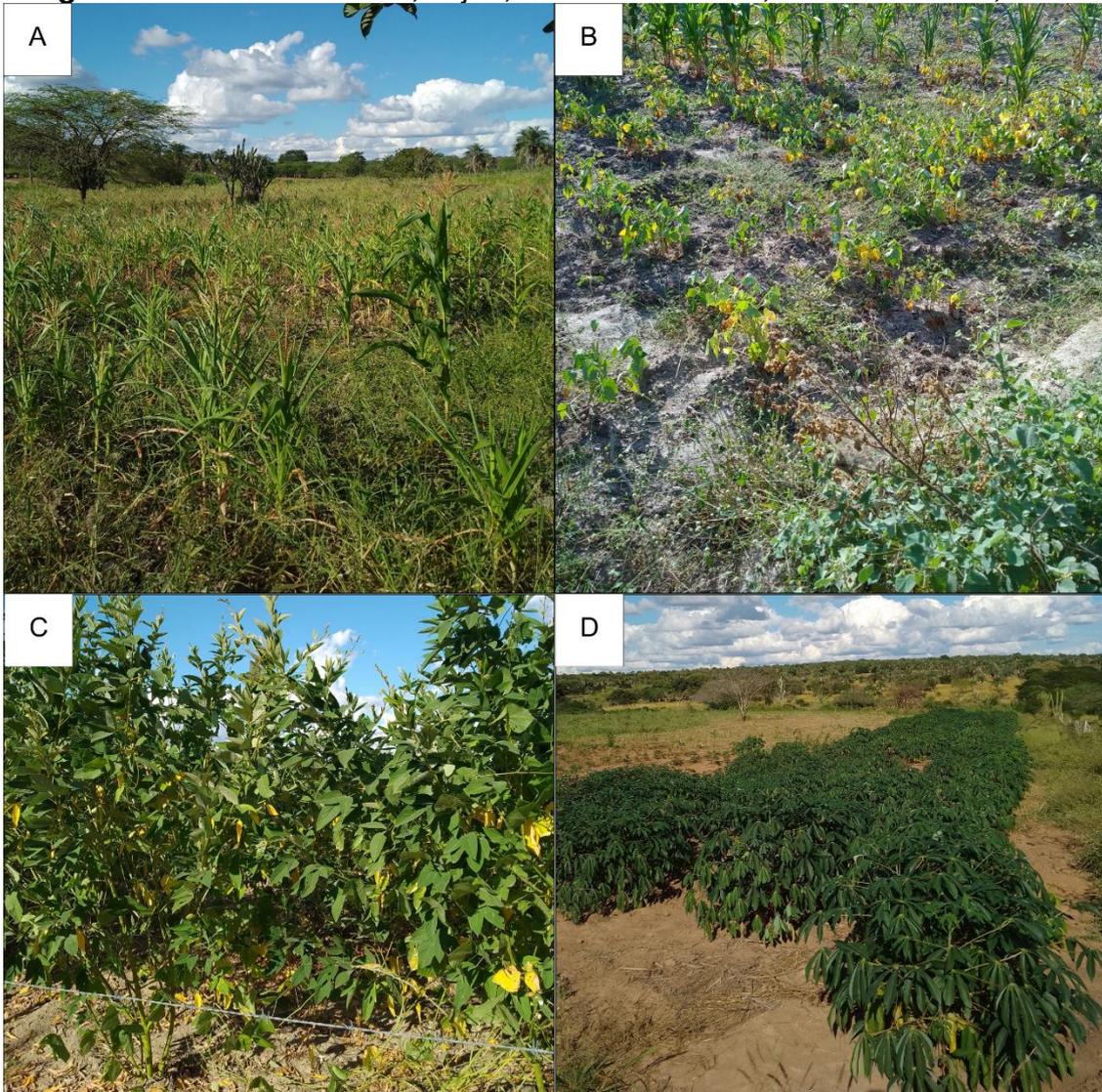


Fonte: Campos (2023). (A) Alecrim-de-vaqueiro (*Lippia grata* Schauer (Verbenaceae)); (B) Umburana-de-cheiro (*Amburana cearenses*); (C) Jurubeba (*Solanum paniculatum*); (D) Catinga-de-porco (*Caesalpinia pyramidalis*).

Sendo assim, compreende-se que os serviços ecossistêmicos de provisão são muito importantes para a manutenção da saúde, proporcionando uma melhor qualidade de vida da população através desses recursos.

A agricultura se encaixa na categoria de serviços ecossistêmicos de provisão, que inclui a produção de alimentos, fibras, biocombustíveis e outros bens que são essenciais para a subsistência humana e a economia (Ferraz *et al.*, 2019). No município, o cultivo de milho (*Zea mays*), mandioca (*Manihot esculenta*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), aipim (*Manihot esculenta*), melancia (*Citrullus lanatus*), abóbora (*Cucurbita pepo* L), batata doce (*Ipomoea batatas*) e andú (feijão guandú) (*Cajanus cajan*) com uso na agricultura de subsistência e familiar são alguns dos exemplos, como exposto na Figura 7.

Figura 7 – Cultivo de milho, feijão, andú e mandioca, Serrolândia-BA, 2023

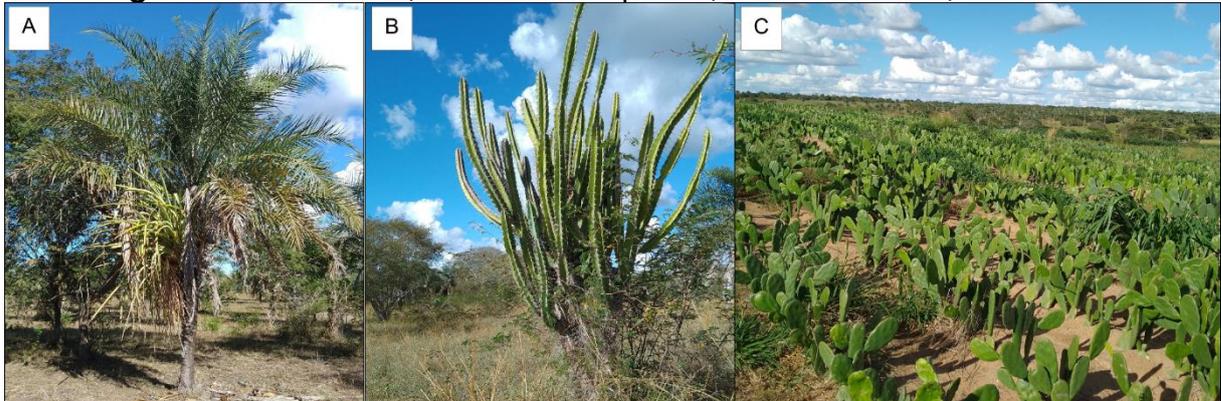


Fonte: Campos (2023). (A) milho (*Zea mays*); (B) feijão (*Phaseolus vulgaris*); (C) feijão andú (*Cajanus cajan*); (D) mandioca (*Manihot esculenta*).

Na classe de criação de animais criados e seus produtos, com uso na produção de leite, ovos e carne, os exemplos são: bovinos, equinos, suínos, caprinos, ovinos, galináceos, asinos e muare. Na classe plantas silvestres, com uso em alimentação do gado, os exemplos são as palhas de licurizeiro (*Syagrus coronata*), palma (*Opuntia cochenillifera*) e o mandacaru (*Cereus jamacaru*) (Figura 8), devido ao seu valor nutritivo na alimentação do gado bovino, consideradas como bons recursos naturais, principalmente nas épocas das secas.

A captação da água da chuva e recursos hídricos para consumo e uso doméstico também se enquadram na categoria de serviços de provisão.

Figura 8 – Licurizeiro, mandacaru e palma, Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Campos (2023). (A) licurizeiro (*Syagrus coronata*); (B) mandacaru (*Cereus jamacaru*); (C) palma (*Opuntia cochenillifera*).

Outros serviços ecossistêmicos de provisão são recursos ornamentais, relacionados aos recursos que podem ser utilizados para fins ornamentais e de artesanato, como o barro, utilizado na confecção de trabalhos artesanais, que são encontrados nas margens dos rios e açudes. Também subsistem as pedreiras e paralelepípedos, empregados na pavimentação de ruas e outras utilidades, recursos também encontrados no município. As matas, além de manter o equilíbrio do meio ambiente são exploradas para fins de atividades madeireiras. Na categoria de energia, na classe de fontes de energia a base de biomassa, com uso de produção da lenha, a vegetação lenhosa é um dos exemplos citados (Silva Filho *et al.*, 2019).

A Caatinga também atua na regulação do clima, pois, segundo Safriel *et al.* (2005), os ecossistemas de terra seca também são responsáveis por regular o próprio clima local, a partir do momento em que há evaporação hídrica e cobertura vegetal, determinando a refletância da superfície da radiação solar. Nesse sentido, a Caatinga também atua na regulação climática global por meio da captura de carbono pela vegetação.

A absorção do CO₂ da atmosfera pelos ecossistemas terrestres controla o CO₂ atmosférico, e dessa forma, os ecossistemas da Caatinga também proporcionam o controle climático global. Por conseguinte, uma parte do carbono absorvido é devolvido para a atmosfera, e a outra parte que se mantém, serve de acréscimo ao carbono orgânico, pois se caracteriza pelas partes vivas e mortas das plantas. Embora o carbono orgânico reduza com a aridez, o carbono inorgânico do solo aumenta em áreas onde a aridez é mais acentuada, portanto a extensa área das terras secas é significativa no que diz respeito à regulação climática global. Nesse sentido, no solo

das terras secas o carbono orgânico total compreende 27% da reserva global de carbono no solo, enquanto o carbono inorgânico total corresponde a 29% desta reserva (Safriel *et al.*, 2005).

A quantidade de matéria orgânica no solo (MOS) em regiões semiáridas costuma ser reduzida, entre 0,5 e 3% e frequentemente menos de 1% (Smith; Elliott, 1990). Em contrapartida, Janzen *et al.* (1992) observaram que, em ambientes áridos, a matéria orgânica do solo (MOS) se decompõe de maneira mais lenta em comparação com áreas mais úmidas. Dessa forma, em condições de climas secos a formação de húmus no solo é intensificada devido ao aumento da humificação e à redução da mineralização (Lepsch, 2002). Isso resulta em uma maior concentração de carbono no solo por um período mais longo. Tal fenômeno ocorre devido à redução da atividade dos microrganismos nesses ambientes (Janzen *et al.*, 1992).

2.4.2 O potencial da Caatinga como reserva de carbono e sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas

As florestas tropicais são importantes reservas de CO₂, atuando como estoque de carbono, mantendo o equilíbrio entre a respiração e a fotossíntese da vegetação (Ferreira Filho, 2004). A fotossíntese, processo que transforma energia luminosa em energia química, é uma atividade importante para a compreensão do metabolismo do carbono. A absorção de CO₂ ocorre por meio desse processo e sua liberação ocorre através da respiração. Dessa forma, os teores de carbono também estão armazenados na biomassa vegetal. As florestas secas, por muitas vezes foram negligenciadas em relação a essa atribuição, principalmente pela falta de estudos relacionados ao bioma da Caatinga. É importante entender as características únicas das espécies da Caatinga para avaliar seu potencial de armazenamento de carbono, considerando suas especificidades.

Em estudos recentes, Mendes *et al.* (2020) comprovaram que a Caatinga contribui para a retenção de dióxido de carbono (CO₂). Os resultados mostraram que, por meio de um estudo do balanceamento de carbono nos anos de 2014 e 2015, a Caatinga é responsável pela absorção de CO₂, e esta característica se relaciona com a sazonalidade das chuvas na região. Os pesquisadores concluíram que nos meses chuvosos essa retenção de CO₂ era mais significativa em relação aos meses mais secos, devido à insuficiência de água no solo. A Caatinga também contribui no

equilíbrio regional e global de carbono, pois mesmo nos períodos secos o bioma apresentou valores anuais significativos de sequestro líquido de CO₂. Os valores observados foram de -169.0 g C m⁻² no ano de 2014 e -145.0 g C m⁻² no ano de 2015, obtendo resultados superiores ou semelhantes em relação às outras florestas tropicais, como a floresta Amazônica. Esse resultado é importante para designar políticas de proteção do bioma Caatinga (Mendes *et al.*, 2020).

Estudos avaliando as variações sazonais dos fluxos de dióxido de carbono em área de vegetação de Caatinga nativa foram realizados por Oliveira *et al.* (2006). Os resultados indicam que, durante a estação seca, de julho a agosto, o ecossistema funciona como um sumidouro de CO₂, retendo mais CO₂ do que libera, com uma taxa média de -0,5 μmol m⁻² s⁻¹. Isso ocorre quando o solo ainda está úmido em decorrência do período chuvoso anterior. No final da estação seca, não há emissão de CO₂ devido à perda de folhas e ao fechamento dos estômatos causados pela escassez de água. A taxa de respiração nesse período é cerca de 1,0 μmol m⁻² s⁻¹. No final de novembro, início do período chuvoso, a taxa de respiração aumenta para aproximadamente 5,0 μmol m⁻² s⁻¹. Esse aumento é atribuído à intensificação da atividade microbiana, que resulta na liberação de CO₂ do solo e à ocorrência de chuvas, essa dinâmica é observada até fevereiro. Em abril, a retenção de CO₂ pela fotossíntese aumenta, com uma média de cerca de - 4,2 μmol m⁻² s⁻¹ (Oliveira *et al.*, 2006).

O período de estiagem da Caatinga é considerado o momento de maior incidência de deposição de biomassa, devido à perda de folhas, característica de espécies caducifólias. Tal fenômeno é particularmente observado durante o início da estação seca. O período chuvoso se caracteriza pela diminuição da serapilheira em função do aumento da atividade fotossintética e restauração das folhas (Souto, 2006).

Esses estudos destacam a relevância da compreensão das diversas condições climáticas, sazonais e vegetativas para o entendimento do metabolismo do carbono na Caatinga e da importância da manutenção da vegetação quanto ao seu potencial de estocar carbono.

Neste sentido, Ribeiro (2017) destaca a importância da temperatura e da umidade do solo como fator condicionante de regulação de emissão de gases de efeito estufa. Esses dados estão relacionados também com a precipitação e o uso da terra. A alteração da cobertura vegetal pode desencadear mudanças na temperatura, expondo o solo e, conseqüentemente, aumentando a emissão de dióxido de carbono. Os fatores meteorológicos do bioma Caatinga contribuem de forma significativa no

aumento da geração de CO₂, pois os microrganismos estão adaptados às condições climáticas do semiárido (Araujo *et al.*, 2009; Nobre; Reid; Veiga, 2012).

Aliada aos fatores edáficos, o aporte de material vegetal ao longo dos anos contribui para o processo de agregação e manutenção da porosidade do solo, matéria orgânica e nutrientes (Ribeiro *et al.*, 2019), sustentando a estabilidade ou o incremento quantitativo do carbono na litosfera, diminuindo a quantidade de CO₂ na atmosfera.

As florestas são importantes armazenadores de dióxido de carbono em comparação com áreas de pastagem e agricultura, pois quando há a remoção da cobertura vegetal, o carbono existente no solo e na vegetação é emitido para a atmosfera (Ahirwal *et al.*, 2021). Para mensurar a quantidade de biomassa e dióxido de carbono (CO₂) presente na vegetação é imprescindível conhecer o uso e cobertura da terra, aprimorando a avaliação do balanço de carbono entre o ecossistema e a atmosfera (Accioly *et al.*, 2017).

Entretanto, no Brasil, as modificações no uso da terra, com a introdução da pecuária e da agricultura, são as principais práticas que causam mais emissões de gases de efeito estufa (Carvalho *et al.*, 2010) e anualmente são lançadas cerca de 8,5 toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera pelas atividades antrópicas (Pinto; Botrel; Machado, 2000). Essas práticas são responsáveis por 27% do aumento de CO₂ na atmosfera.

Para reduzir as consequências do aquecimento global nas áreas de agropecuária, as atividades desenvolvidas devem ter como ponto de partida o manejo correto do solo, para garantir a absorção de carbono e a redução da emissão de gases de efeito estufa. O manejo da vegetação e do solo deve ser realizado a partir do sistema de rotação de cultura, e nas áreas de pastagem deve-se efetuar o manejo correto do solo e da forrageira (Carvalho *et al.*, 2010).

A comparação entre as áreas de cultivo e áreas de vegetação nativa são importantes para avaliar a capacidade de cada unidade de armazenar carbono. Foi nesse sentido que Fracetto *et al.* (2012) avaliaram as alterações dos estoques de C e N no Latossolo Vermelho de textura argilosa em áreas de vegetação nativa e cultivo de mamona no bioma da Caatinga, no município de Irecê, BA. Três áreas cultivadas com mamona, implantadas há 10, 20 e 50 anos, foram avaliadas em relação a uma área de referência de vegetação nativa de Caatinga adjacente. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm. A determinação das unidades ocorreu devido à mudança de uso para compreender como a cultura de

mamona alterou as condições químicas do solo. Os resultados indicaram que, na camada de 0 a 30 cm, os estoques de C (90 Mg ha^{-1}) e N (10 Mg ha^{-1}) foram mantidos devido ao aporte constante de resíduos vegetais da Caatinga. No entanto, a substituição da vegetação nativa pela cultura de mamona levou a uma diminuição significativa de aproximadamente 50% nos estoques de C e N durante os primeiros 10 anos de cultivo. Os resultados evidenciam que a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas afeta todos os atributos do solo (físicos, químicos e biológicos) e a capacidade de estocar o carbono.

Um estudo desenvolvido por Araújo Filho *et al.* (2022), com o objetivo de mensurar o estoque de carbono orgânico até 30 cm de profundidade, foi realizado em 649 perfis de classes de solo do semiárido brasileiro. Dentre essas classes, foram analisados 80 perfis de Latossolos, sob vegetação de Caatinga. Os Latossolos apresentaram valores mínimos e máximos de $0,46 \text{ Kg m}^{-2}$ e $5,75 \text{ Kg m}^{-2}$ com teor médio de $2,60 \text{ Kg m}^{-2}$ de C org. Importante destacar que esta classe de solo ocupa 71,1% da cobertura pedológica da área do semiárido e apresenta características morfológicas distintas. Os resultados evidenciam diferentes potenciais de estoque de carbono orgânico nos solos do ambiente semiárido na camada de 0 a 30 cm. A massa total de carbono orgânico em até 30 cm dos solos do semiárido foi estimada em 2,20 Pg.

Com o objetivo de analisar o efluxo de CO_2 do solo em locais preservados e degradados da Caatinga, Lourenço *et al.* (2022) realizaram medições de CO_2 em quatro pontos de amostragem durante a estação seca e chuvosa de 2017. O solo também foi avaliado com base nos atributos físicos, quanto à textura e porosidade e quanto aos atributos químicos, como reatividade e teor de nutrientes. Os autores observaram que os locais preservados apresentaram maiores teores de carbono, nitrogênio, fósforo e água disponível e que as emissões de CO_2 aumentaram com a disponibilidade de água após a chuva. A temperatura, o uso da terra e a umidade do solo influenciaram o fluxo de dióxido de carbono, indicando a complexidade do fenômeno. Os locais degradados registraram menor estoque de C e influxo de CO_2 , indicando desertificação. Esse estudo contribuiu para entender as emissões de CO_2 do solo em florestas sazonalmente secas da Caatinga. Os autores identificaram que existe uma ligação entre o manejo inadequado do solo, a perda de vegetação e o aumento das emissões de CO_2 . A baixa disponibilidade de resíduos orgânicos em

locais degradados limita a disponibilidade de água e nutrientes no solo, levando a liberação de CO₂ armazenado.

É evidente que a vegetação nativa atua como sumidouro de CO₂ e a mesma deve ser protegida para garantir o equilíbrio ambiental e climático. No entanto, Mata (2015) comprovou através de um estudo sobre as emissões de CO₂ que a vegetação secundária de Caatinga também pode absorver quantidades significativas de dióxido de carbono, o que não significa que o sequestro de CO₂ da vegetação secundária seja efetivo a longo prazo, devido às constantes atividades humanas. Essa conclusão é importante no que tange a recuperação de áreas degradadas e abandonadas após a remoção da cobertura vegetal.

No contexto do conhecimento do uso do solo na Caatinga é importante compreender os processos e o comportamento do padrão de gases de efeito estufa, elementos importantes para a compreensão das mudanças climáticas, uma vez que Ribeiro (2017) afirma que as regiões áridas e semiáridas compreendem 41% da superfície terrestre. Uma das consequências do aquecimento global é o aumento das *drylands*, que em português significa terras secas. Essas áreas são compreendidas pelos ecossistemas de terras áridas e semiáridas, caracterizadas pela baixa precipitação e pelo alto índice de transpiração e evaporação (Vanderlei; Moura, 2017).

Estudos mostram que nos últimos 60 anos houve o aumento das terras secas em escala global e que essa expansão poderá continuar nos próximos anos. Em algumas partes do mundo ocorrerá aumento de terras semiáridas e a América do Sul está incluída nesse cenário. Segundo Marengo (2008), as terras semiáridas serão impactadas pela desertificação, podendo ocorrer até nas áreas agricultáveis. No contexto Amazônico, a redução de água no solo atrelada à elevação de temperatura pode modificar parte da Amazônia, se transformando em savanas.

2.5 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo contribui para a formação dos agregados através de substâncias derivadas da decomposição de resíduos orgânicos. Essas substâncias atuam como um aditivo, aprimorando as propriedades físicas do solo, como a capacidade de reter água, a permeabilidade e a porosidade. A matéria orgânica do solo (MOS) é definida como a fração orgânica, incluindo resíduos de plantas, animais, micróbios, e o húmus relativamente estável (Lepsch, 2002).

O húmus é constituído por três frações denominadas ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina (Costa, 1973). Este, através da mineralização, libera sais que servem como nutrientes para as plantas. O húmus é a porção mais estável da matéria orgânica e alcança o estado coloidal permitindo a adsorção e troca catiônica. Sua habilidade de reter e liberar nutrientes torna-o importante para a funcionalidade do solo (Lepsch, 2002). Solos bem drenados e de textura arenosa são mais susceptíveis à mineralização da MO, o que pode resultar em uma maior liberação de CO₂ para a atmosfera (Dieckow *et al.*, 2004).

A análise dos compostos da matéria orgânica fornece informações relevantes que ajudam a compreender a qualidade do solo e, por meio desses dados, é possível mensurar os impactos do uso e do manejo do solo. Cinquenta e oito por cento da MOS é composta por carbono (C). Os demais componentes são: hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P). O cálculo para determinar a MOS é feito através da multiplicação do teor de carbono orgânico (CO) do solo x 1,72 (100/58) (Prezotti; Guarçoni, 2013). Além de proporcionar a produtividade, a MO melhora a qualidade física do solo e serve de energia para os microrganismos (Xavier *et al.*, 2006).

A compreensão da ciclagem de nutrientes na Caatinga é essencial para entender a dinâmica desse ecossistema. É um processo contínuo e natural que envolve a troca de nutrientes entre o solo e as plantas. As condições climáticas, o pH do solo, a fertilidade e a disponibilidade de nutrientes também influenciam significativamente o processo de decomposição, assim como o manejo do solo (Teixeira *et al.*, 2012). Compreender essa dinâmica é fundamental, pois manter os resíduos culturais na camada superficial do solo protege contra processos erosivos e ajuda a manter a umidade do solo, além de contribuir para a liberação de nutrientes (Boer *et al.*, 2007).

Nesse sentido, a classificação do solo também é uma variável importante, pois a ciclagem de nutrientes é fundamental para solos com pouca disponibilidade de nutrientes e altamente intemperizados, como os Latossolos (Inkotte *et al.*, 2019). Além disso, no bioma da Caatinga, o ciclo de nutrientes é afetado pela queima de material vegetal e pela escassez de água, o que reduz a disponibilidade de nutrientes. Como resultado, o ciclo tem um caráter sazonal (Holanda *et al.*, 2017).

Assim, o carbono orgânico é um indicador da qualidade do solo e da ciclagem de matéria orgânica, pois a matéria orgânica é responsável por proporcionar energia e nutrição ao sistema (Neves *et al.*, 2009).

De acordo com Fontana *et al.* (2011),

A dinâmica da matéria orgânica na maior parte dos sistemas terrestres é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e pela contínua transformação com ação dos fatores físicos, químicos, biológicos, climáticos e principalmente pelo uso e manejo das terras (Fontana *et al.*, 2011, p. 545).

A MOS pode ser alterada por compostos químicos, fertilizantes, tipos de culturas desenvolvidas e o manejo adotado.

Quando ocorre a retirada e/ou mudança da cobertura vegetal de forma inadequada, a perda de matéria orgânica e a redução da fertilidade do solo se tornam consequências inevitáveis. Isso se deve à interrupção do ciclo de nutrientes, que é mantido pela decomposição de restos vegetais e pela atividade de microrganismos presentes no solo. Um dos fatores que intensificam esse processo é a atividade agrícola, uma vez que o preparo do solo por meio de aração com uso de máquinas agrícolas favorece a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos e possibilita a erosão hídrica, diminuindo a concentração de nutrientes no solo (Bayer *et al.*, 1999). Portanto, é essencial adotar práticas de manejo adequadas, como a implementação de sistemas de rotação de culturas, adição de compostos orgânicos e manutenção de áreas de preservação, a fim de promover a recuperação e a conservação da qualidade do solo.

O carbono pode se apresentar na forma mineral, como na estrutura de carbonatos (por exemplo, CaCO_3 e MgCO_3), na forma de carvão ou carbono pirogênico, ou na forma orgânica, presente nos solos, na vegetação, na decomposição de animais, na serapilheira e na biomassa (Fontana; Campos, 2017).

O solo é o compartimento de maior potencial de reserva de carbono nos ecossistemas terrestres, tendo a capacidade de armazenar mais carbono em relação à vegetação. Essa característica também se aplica quando comparado à atmosfera (Machado, 2005; Medeiros *et al.*, 2023).

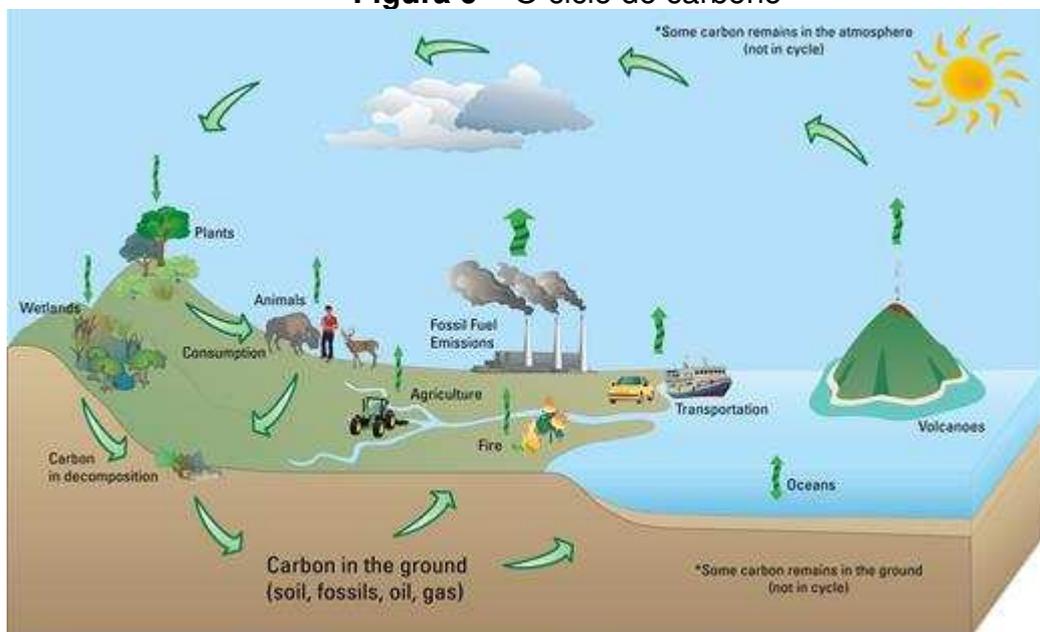
O ciclo do carbono é um processo biogeoquímico que envolve reservatórios, fluxos e processos de transformação do carbono na natureza. O C é armazenado em diferentes reservatórios, como a atmosfera, os oceanos, a biosfera e o solo. O maior

reservatório de C é a hidrosfera, com 8.000 petagramas de C (1 Pg = 10^{15} g = 1 bilhão de toneladas) na forma de carbonatos. A geosfera, possui um estoque de 7.500 Pg de C, distribuídos no solo (2.500 Pg), na litosfera (500 Pg) em rochas carbonatadas e (4.500 Pg) em material fossilizado. A atmosfera contém cerca de 760 Pg de C, enquanto a biosfera possui 500 Pg de C (Dieckow *et al.*, 2004).

Através de processos como a fotossíntese, a respiração, a decomposição e a queima de combustíveis fósseis, o C é transferido entre esses reservatórios em diferentes formas, como CO₂, CH₄ e outros compostos orgânicos, GEE, que auxiliam na regulação das temperaturas globais (Nunes; Rezende, 2022).

No ciclo biogeoquímico do carbono no solo ocorre o armazenamento e liberação do C através dos processos de decomposição de matéria orgânica e trocas com a atmosfera. Nesse sistema, a decomposição e respiração são responsáveis pela saída de C e a fotossíntese desempenha o papel de entrada (Baumgärtner *et al.*, 2021; Wiesmeier *et al.*, 2019). A Figura 9 demonstra o ciclo do carbono a partir de sistemas naturais, destacando os principais processos de entrada e saída de carbono.

Figura 9 – O ciclo do carbono



Fonte: USGS (2022).

A representação mostra que as plantas e os animais retêm e liberam CO₂ através da respiração. As fontes naturais de dióxido de carbono estão representadas pela atividade vulcânica, porém atividades antropogênicas como o uso da terra (agricultura) e a queima de combustíveis fósseis (transporte) liberam CO₂ para a

atmosfera em maiores quantidades (IPCC, 2001). Observa-se também a ação dos organismos na decomposição da matéria orgânica, onde parte do C é depositado no solo. O esquema mostra que o CO₂ atmosférico dissolve em rochas e nas águas do oceano e ainda enfatiza que o oceano pode tanto absorver como emitir CO₂ por meio de processos físico-químicos.

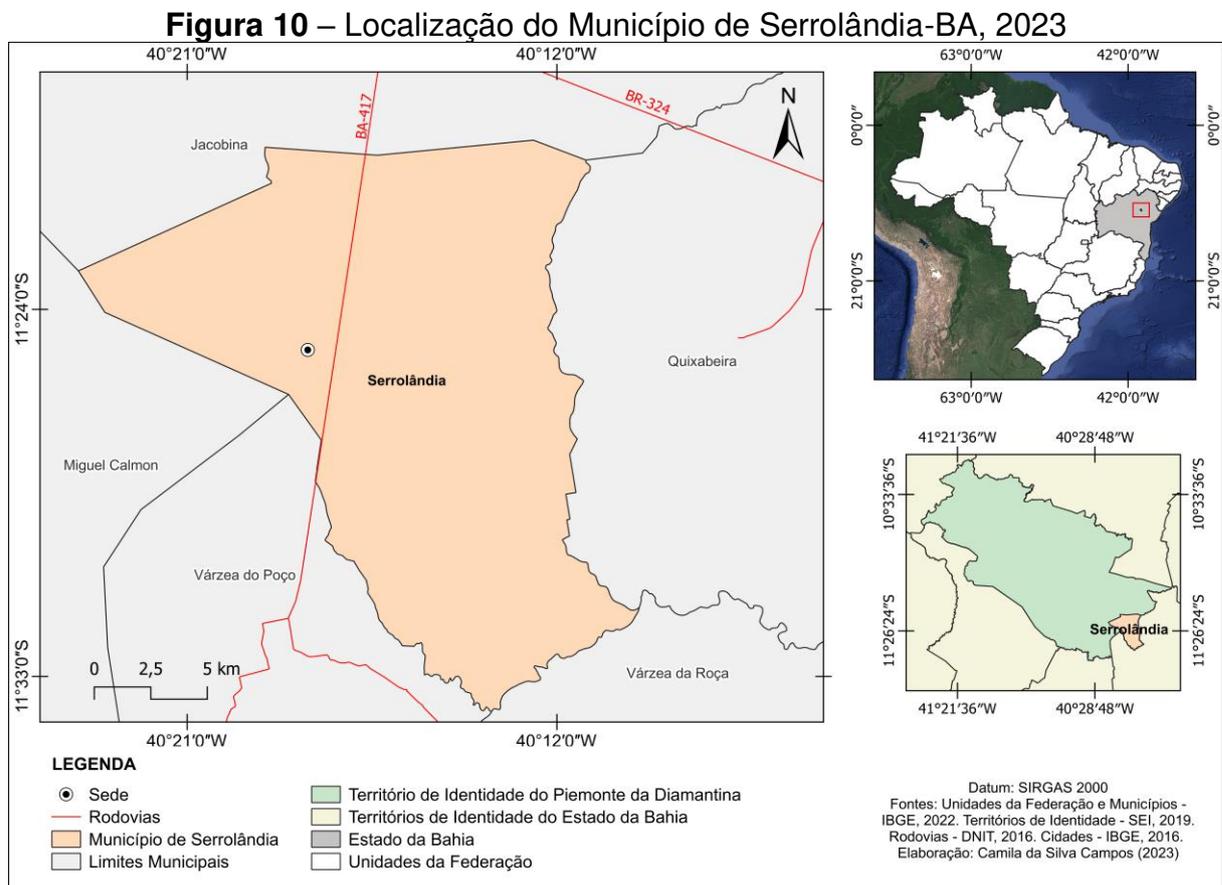
Os microrganismos exercem uma função fundamental no processo biogeoquímico, influenciando aspectos como a decomposição da matéria orgânica, a liberação de nutrientes no solo e a transformação de compostos químicos em diferentes estados (Correia, 2002). Essas complexas reações ocorrem em um sistema integrado que envolve a troca e reciclagem de elementos e substâncias essenciais para a vida, manifestando-se em solo, água e sedimentos (Madsen, 2011). Os ciclos biogeoquímicos são compreendidos pelos processos que envolvem a troca e reutilização de materiais e energia na Terra, resultantes da interação entre processos geológicos, químicos e biológicos (Hedges, 1991).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Serrolândia-BA, distante a aproximadamente 320 km de Salvador, capital do estado, localizado numa região de clima semiárido no estado da Bahia, na Mesorregião do Centro Norte Baiano e Microrregião de Jacobina (IBGE, 2021), no Território de Identidade do Piemonte da Diamantina (BAHIA, 2016) (Figura 10).

A sede do município está localizada nas coordenadas $11^{\circ} 25' 7''$ de Latitude Sul e $40^{\circ} 17' 40''$ de Longitude Oeste, estando presente nas folhas cartográficas de Caldeirão Grande (SC.24-Y-D-I) e Mundo Novo (SC.24-Y-D-IV). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) Serrolândia possui uma área municipal de 322,022 km² 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 (Reis, 2010).



Fonte: (IBGE, 2022); (SEI, 2022). Elaboração: CAMPOS, Camila da Silva (2023).

O município possui uma população de 13.335 pessoas, comportando um número de 41,41 hab./km² (IBGE, 2023). No ano de 2010 o município possuía um número de habitantes de 12.664 pessoas, o que configura um aumento de 5,3%. Apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,590 (IBGE, 2010) e PIB per capita de R\$ 7.946,89 (IBGE, 2020). As principais atividades econômicas desenvolvidas no município são a pecuária, agricultura, indústria e comércio (Reis, 2010).

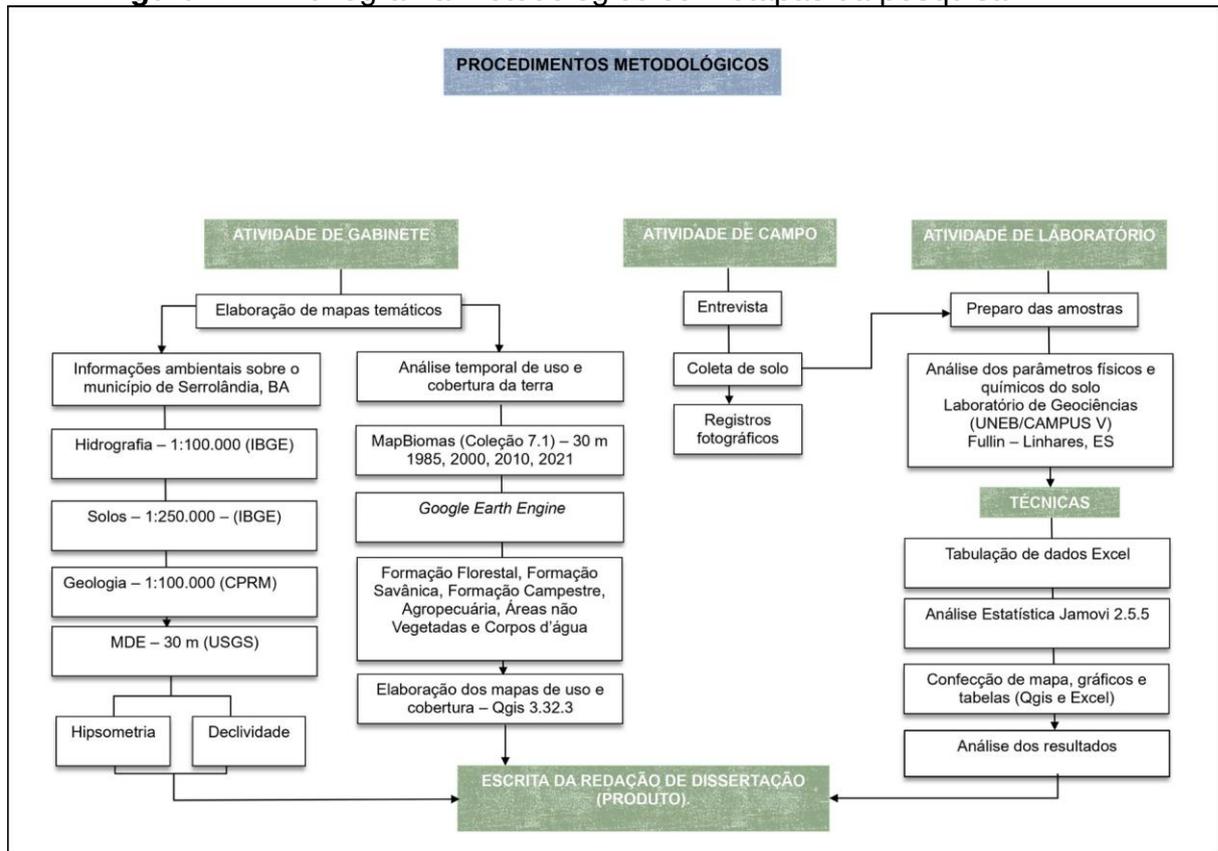
3.2 Procedimentos metodológicos

A abordagem adotada nesta pesquisa é quali quantitativa, uma vez que busca medir e avaliar dados sobre o uso e cobertura da terra e estoque de carbono no solo e compreender as variáveis sociais, ambientais, políticas e econômicas em que essas mudanças ocorrem. Conforme Minayo (2002), a pesquisa quali quantitativa se complementam, onde dados estatísticos e objetivos se unem ao subjetivismo e significado das relações e ações humanas para dar explicações a um determinado problema e interagem dinamicamente a fim de reduzir lacunas.

A pesquisa proposta é classificada como descritiva, pois busca identificar, descrever, analisar e mapear o fenômeno por meio dos procedimentos técnicos, com a finalidade de obter um resultado que possa categorizar características.

Os principais instrumentos utilizados na pesquisa são o mapeamento do uso e cobertura da terra utilizando dados do MapBiomass, a análise do estoque de carbono no solo, a identificação do manejo do solo pelos produtores rurais e das políticas de proteção ambiental implementadas pelo poder público do município, por meio de entrevistas e questionários. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica com base em artigos científicos, teses e dissertações sobre o tema de estudo, compondo os fundamentos teórico-metodológicos para compreensão dos dados obtidos nesta pesquisa. As atividades de gabinete, campo e laboratório estão apresentadas na Figura 11.

Figura 11 – Fluxograma metodológico com etapas da pesquisa



Elaboração: Campos (2023).

3.2.1 Informações ambientais sobre o município de Serrolândia, BA

Para confecção do mapa hipsométrico foi utilizado o modelo digital de elevação com resolução de 30 m, obtido na plataforma *Earth Explorer* do Serviço Geológico dos EUA (USGS). O arquivo *raster* foi importado para o QGIS e reprojeto para o sistema de referência SIRGAS 2000 e coordenadas UTM, zona 24S. Após recorte da área com os limites do município de Serrolândia, Bahia, foi realizada a reclassificação em quatro classes de altitudes, com amplitude de 100 m, convertido de *raster* para vetor e calculado a área de cada classe. Utilizando a mesma base de dados foi elaborado o mapa de declividade utilizando o comando *raster* – declividade. Os valores de declividade foram obtidos em porcentagem e reclassificados em cinco classes, conforme EMBRAPA (2016): 0 a 3% relevo plano; 3 a 8% - suave ondulado; 8 a 20% ondulado; 20 a 45% forte ondulado e de 45 a 75% montanhoso. Após a reclassificação os dados foram vetorizados e calculada a área de cada classe de relevo.

O mapa de hidrografia foi obtido utilizando duas cartas topográficas digitais na escala 1:100.000, Caldeirão Grande (SC.24-Y-D-I) e Mundo Novo (SC.24-Y-D-IV) que

recobre o município de Serrolândia, Bahia, disponíveis no site do IBGE (2021). As cartas foram unidas e posteriormente procedeu-se ao recorte usando o arquivo com os limites do município.

Para confecção do Mapa Geológico foram utilizados os arquivos das Cartas Geológicas (SC.24-Y-D-I e SC.24-Y-D-IV) disponíveis na escala 1:100.000 no Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB) da CPRM (2017). O Mapa de Geomorfologia foi obtido do Projeto GeoSGB referente ao mapeamento de Geodiversidade do Brasil na escala 1:1.000.000, disponibilizado pela CPRM (2007). O mapa de Solos foi elaborado conforme arquivo disponível pelo IBGE para *download* na pasta Informações ambientais, na escala 1:250.000. Após recorte da área, a simbologia e legenda foi elaborada segundo as normas descritas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Santos *et al.*, 2018).

3.2.2 Elaboração dos mapas de uso, cobertura da terra e estoque de carbono

Os mapas de uso e cobertura da terra no município de Serrolândia foram obtidos no formato *raster*, com resolução de 30 m disponíveis na plataforma MapBiomass, para os anos 1985, 2000, 2010 e 2021.

As classes analisadas foram: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Agropecuária, Áreas não Vegetadas e Corpos d'água. Os mapas de classe de uso foram adquiridos através da coleção 7.1 do MapBiomass. O MapBiomass é um projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, compondo uma rede colaborativa, formada por ONGs, universidades e startups na área de tecnologia, sensoriamento remoto, usos da terra, SIG e biomassas.

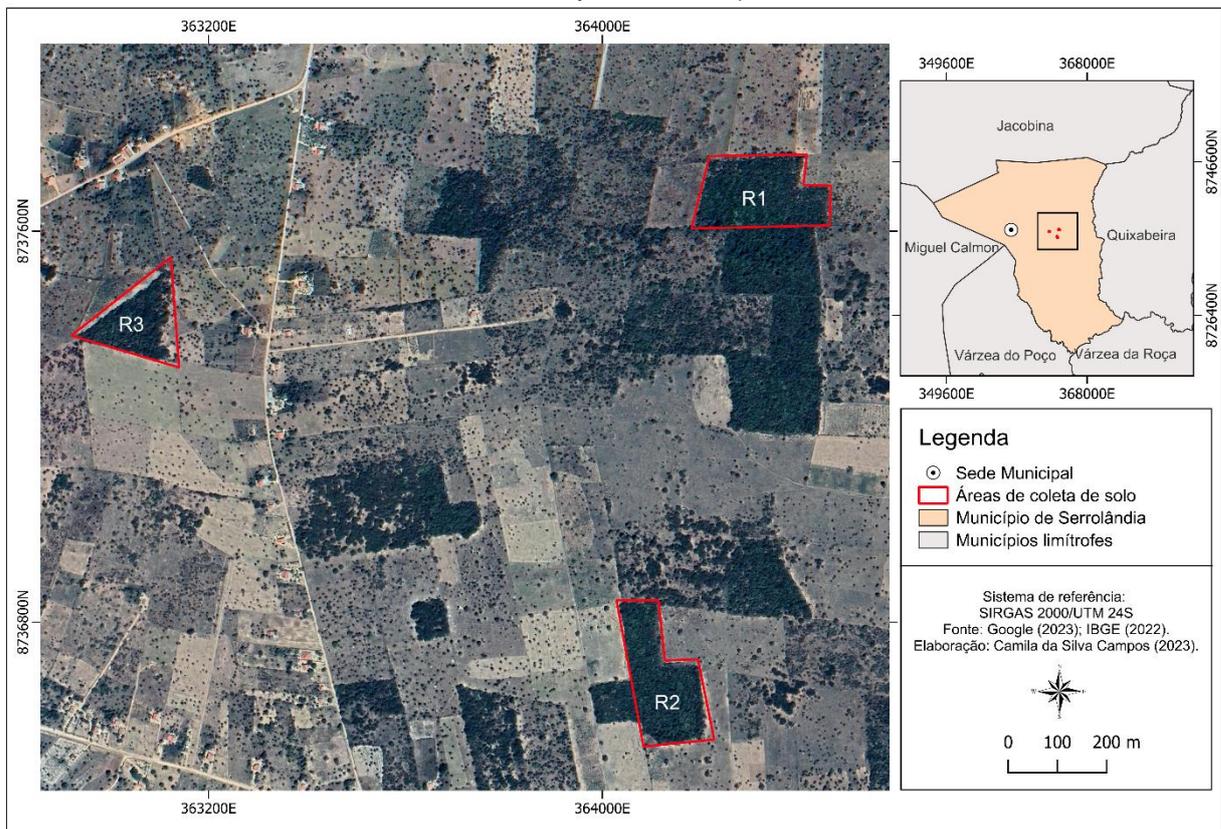
Os arquivos foram baixados no formato GeoTiff junto aos dados de área. O código referente a classe de uso e respectiva legenda com paleta de cores estão disponíveis no site e foram baixados para organização do mapa no *software* Qgis, versão 3.32.3 (MAPBIOMASS, 2021). Os mapas e as informações sobre o estoque de carbono orgânico no solo (coleção beta) foram obtidos no site do MapBiomass e os *downloads* foram feitos através do Google Earth Engine. Os mapas possuem resolução espacial de 30 metros, e apresentam os estoques de COS até a profundidade de 30 cm, em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

3.2.3 Avaliação das reservas de carbono no solo nas diferentes classes de uso e cobertura da terra

a) Coleta de amostras de solo

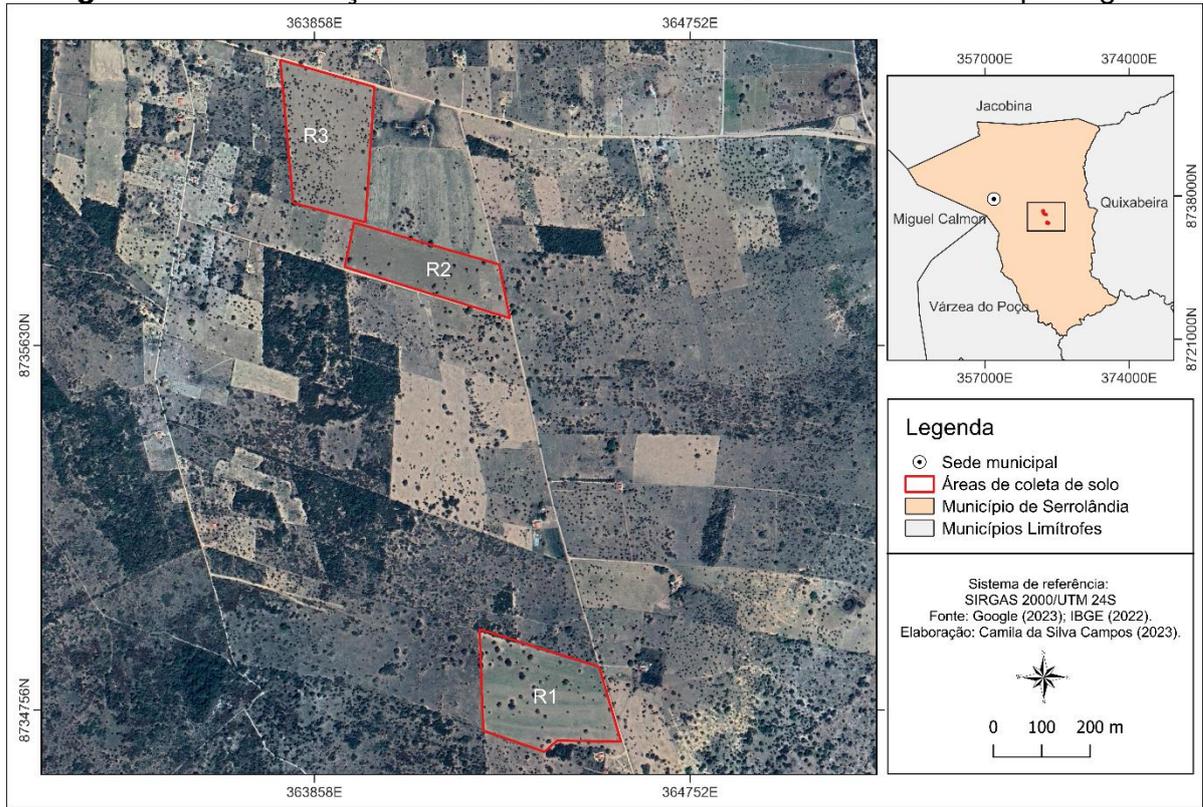
Para avaliação dos teores de carbono orgânico no solo foram selecionadas três classes de uso e cobertura da terra, com três repetições: I) Caatinga, livre de ação antrópica (Figura 12), II) Pastagem (Figura 13) e III) Agricultura temporária (Figura 14). Para definição das unidades de amostragem foram observados os seguintes critérios de homogeneidade: cor, textura, topografia, vegetação e umidade do solo.

Figura 12 – Localização das áreas de coleta de solo na unidade de Caatinga (Mata nativa preservada)



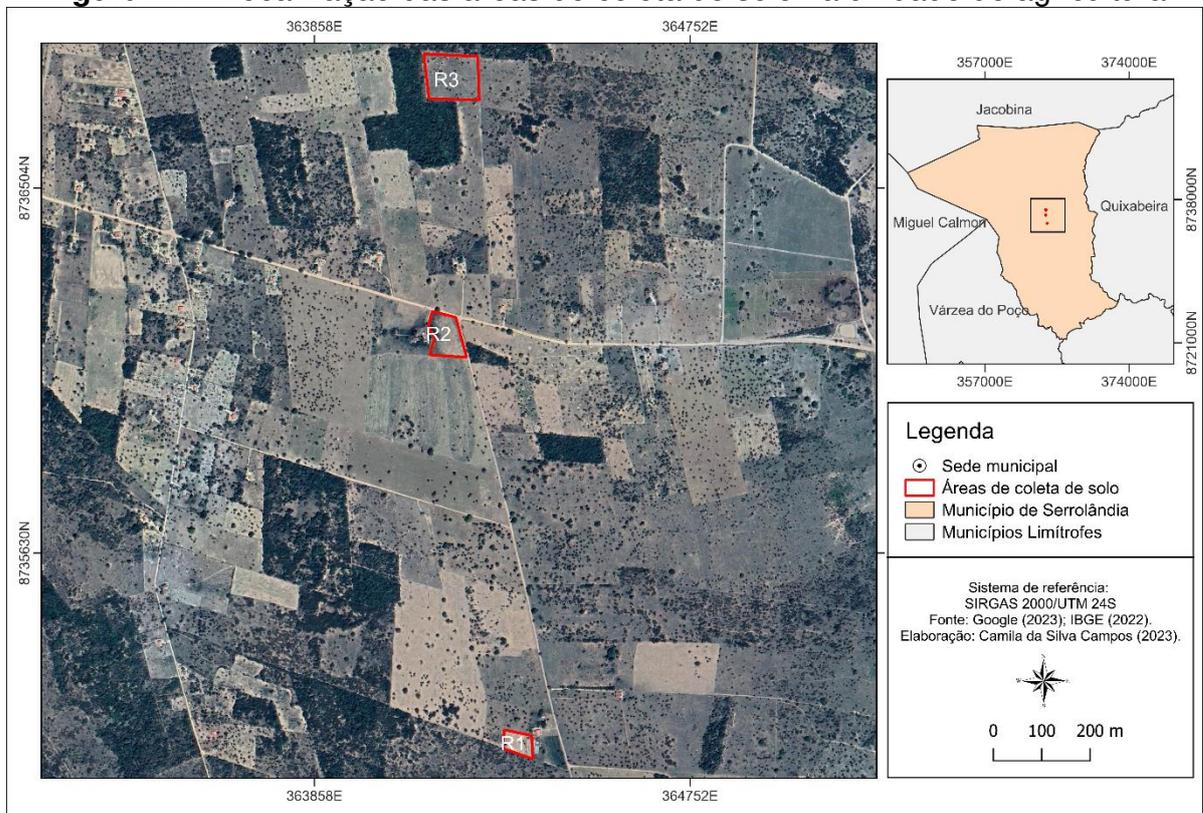
Fonte: Campos (2023).

Figura 13 – Localização das áreas de coleta de solo na unidade de pastagem



Fonte: Campos (2023).

Figura 14 – Localização das áreas de coleta de solo na unidade de agricultura



Fonte: Campos (2023).

Em cada unidade de amostragem os pontos de coletas foram georreferenciados utilizando o sistema geodésico SIRGAS 2000 e coordenadas geográficas. As informações de área, altitude e coordenadas de cada ponto estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos pontos de coletas das amostras de solo, Serrolândia, Bahia, 2023

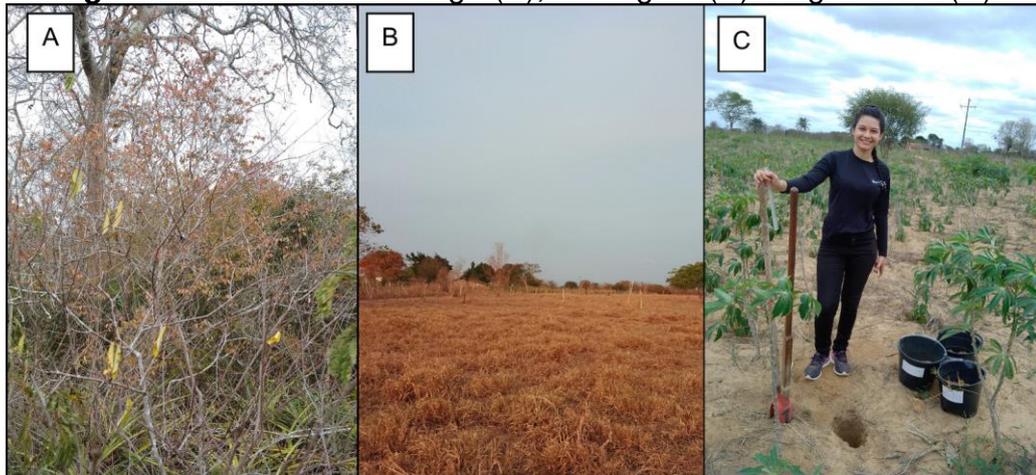
Classe de uso	Área (ha)	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas
Caatinga (R1)	3,51	439,29	11°24'58.96"S; 40°14'36.97"O
Caatinga (R2)	3,46	443,51	11°25'29.30"S; 40°14'47.86"O
Caatinga (R3)	2,43	439,08	11°25'6.72"S; 40°15'18.71"O
Pastagem (R1)	6,75	444,05	11°26'32.23"S; 40°14'35.59"O
Pastagem (R2)	4,34	443,13	11°25'54.26"S; 40°14'47.18"O
Pastagem (R3)	6,6	441,87	11°25'48.50"S, 40°14'52.64"O
Agricultura (R1)	0,34	445,57	11°26'20.98"S; 40°14'37.71"O
Agricultura (R2)	0,71	441,6	11°25'48.70"S; 40°14'43.50"O
Agricultura (R3)	1,32	441,59	11°25'29.74"S; 40°14'42.08"O

Fonte: Campos (2023).

A descrição das unidades de amostragem com histórico de uso e manejo está apresentada no Apêndice A.

As amostras de solo deformadas foram coletadas em zig-zag, num total de 20 amostras simples por unidade de amostragem, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, perfazendo um total de 27 amostras compostas (Figura 15). Após coleta, as amostras foram postas para secar ao ar e destorroadas, posteriormente peneiradas em malhas de 2 mm, obtendo terra fina seca ao ar (TFSA), no Laboratório de Geociências da Universidade do Estado da Bahia, *Campus V*.

Figura 15 – Área de Caatinga (A), Pastagem (B) e Agricultura (C)



Fonte: Campos (2023).

b) Determinações analíticas

As características físicas analisadas foram: (i) densidade do solo, pelo método da proveta, devido a textura arenosa das amostras de solo; (ii) análise granulométrica e argila dispersa em água pelo método da pipeta. A partir dos resultados calculou-se a relação silte/argila e o grau de flocculação da argila.

As determinações químicas realizadas foram: (i) pH em água - determinado em potenciômetro, com eletrodo de vidro, empregando-se a relação terra solução 1:2,5; (ii) alumínio, cálcio e magnésio trocáveis - extração com KCl 1 mol L⁻¹ e titulação com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹; (iii) acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) – extração com acetato de cálcio [(CH₃COO)₂ Ca.H₂O], 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹; (iv) carbono orgânico - método volumétrico pelo dicromato de potássio; (v) fósforo disponível, potássio e sódio trocáveis – extração com solução duplo-ácida Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e determinação por colorimetria para P e fotometria de chama (K⁺ e Na⁺). Todas as análises foram realizadas conforme metodologia de Teixeira *et al* (2017). De posse dos resultados foram calculados: matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions total e efetiva (CTC), saturação por alumínio (m%) e saturação por bases (V%).

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

$$\%MO = \% C \times 1,725$$

Para cálculo do estoque de carbono foi utilizado o teor de carbono orgânico, a espessura da camada determinada na coleta e a densidade do solo, utilizando a equação:

$$EC = C \times p \times Ds \times 10$$

Onde, EC = estoque de carbono ($t \text{ ha}^{-1}$), C é o teor de carbono orgânico ($g \text{ kg}^{-1}$), p é a espessura da camada amostrada (m), Ds é a densidade do solo ($kg \text{ dm}^{-3}$).

Para avaliação da fertilidade do solo, os atributos analisados foram classificados segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

3.2.4 Caracterização do uso e manejo do solo

Para identificar o sistema de manejo do solo nas unidades de agricultura e pecuária foram realizadas entrevistas com os proprietários, produtores rurais e gestores do município de Serrolândia. Para as entrevistas foi elaborado um roteiro com perguntas sobre o histórico de uso, preparo, manejo do solo e produção contemplando os últimos cinco anos, envolvendo os agricultores das unidades agrícolas amostradas, sendo 9 entrevistados. Para identificar as ações do poder público em relação ao planejamento ambiental, preservação dos recursos e políticas públicas, foram realizadas entrevistas com o secretário municipal, responsável pela secretaria de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, e o representante do Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares de Serrolândia (BA), sendo 2 entrevistados. As entrevistas foram feitas com o consentimento de todos os participantes, mediante a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

3.2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da estatística descritiva, obtendo medidas de posição (média, mediana e moda) e dispersão (coeficiente de variação). Para comparação dos teores de estoque de carbono entre as diferentes classes de uso foi realizada a análise de variância (ANOVA) com o teste de médias. Os procedimentos foram efetuados no programa Jamovi versão 2.3.21.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Informações ambientais do município de Serrolândia, Ba

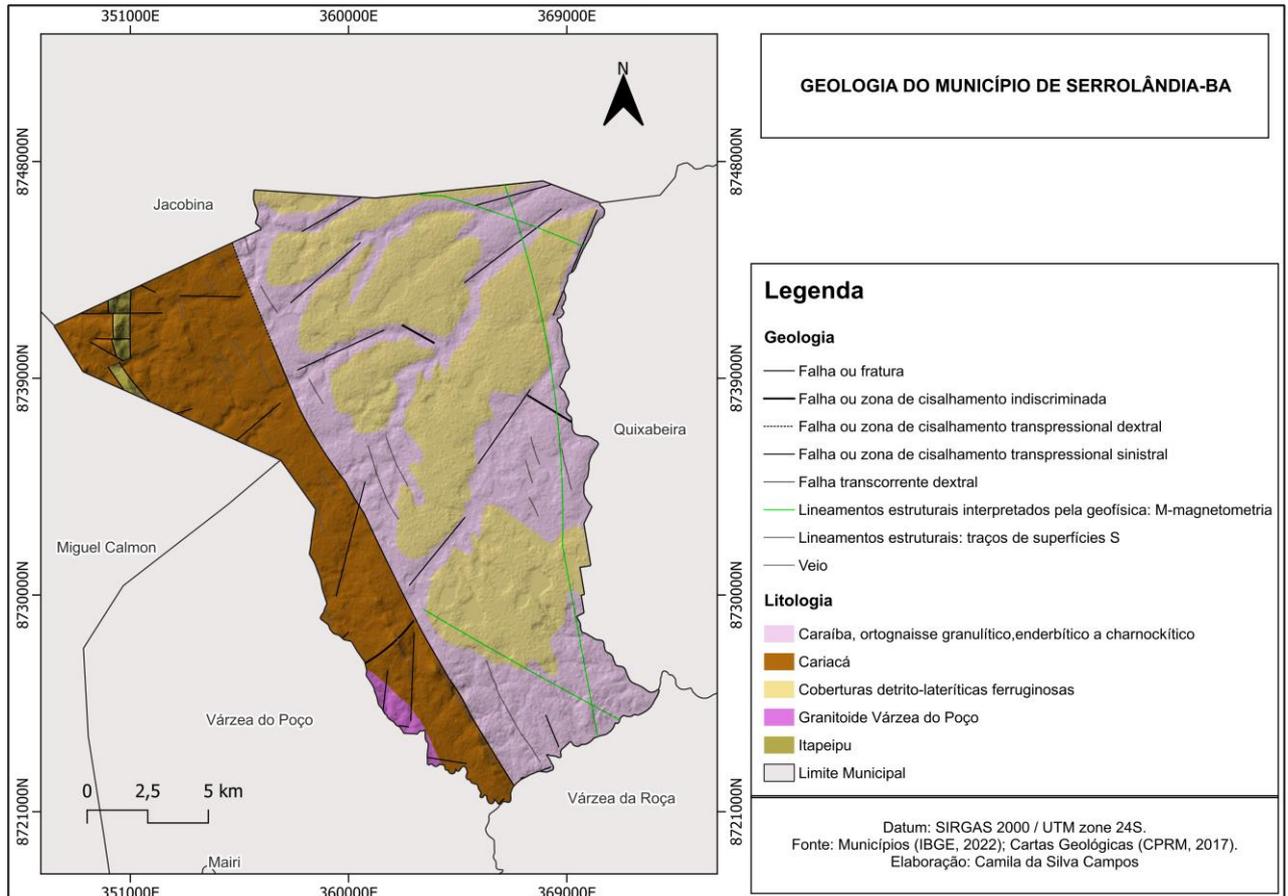
A caracterização do sistema ambiental é fundamental para a compreensão das potencialidades e fragilidades de uma determinada área. Esses sistemas fornecem subsídios para a avaliação e gestão ambiental adequada conforme os atributos geológicos, hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos que o município apresenta.

O arcabouço geológico, marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas, em conjunto com os fatores climáticos, originam variadas formas de relevo com características próprias, mas que guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram (IBGE, 1998). Dessa forma, a identificação das estruturas geológicas permite analisar as fragilidades, comportamento geotécnico e hidrológico das unidades, auxiliando na compreensão do relevo e dos diferentes tipos de solo (Ross, 1995).

O município de Serrolândia está localizado nas áreas de rochas cristalinas dos complexos Caraíba e Saúde (Figura 16). O complexo Saúde é representado pelas unidades Cariacá e Itapeipu, do período Riáciano, e recobre apenas 26% da área do município (Tabela 2). A unidade Cariacá é constituída de paragnaisse e migmatitos, podendo apresentar nódulos de aluminossilicatos ou de quartzo, e ocupa uma faixa de noroeste a sudoeste do município. Na unidade Itapeipu predominam os quartzitos e subordinadamente os metaconglomerados, apresentando-se de forma restrita na porção noroeste do município.

O complexo Caraíba, do período Neoarqueano, representa 36% da área do município e se estende de norte a sul. Esta unidade é constituída principalmente de charnockítico e ortognaisse granulítico enderbítico. De formação mais recente, do período Cenozóico, têm-se as Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas (Figura 16), que representam 36% da área do município (Tabela 2). Nesta unidade geológico-ambiental se fazem presentes as vertentes recobertas; tabuleiros; planaltos; platôs e chapadas; superfícies aplainadas; degraus estruturais e rebordos erosivos (CPRM, 2006).

Figura 16 – Mapa de Unidades Litoestratigráficas do município de Serrolândia- BA, 2023



Fonte: Cartas Geológicas (CPRM, 2017)

A presença de estruturas e feições, como zonas ou falhas de cisalhamento, entre as Unidades Cariacá, Caraíba e Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, corresponde a ambientes onde ocorreram deformação e atrito em grande escala. Na área de estudo, esse tipo de estrutura, em alguns casos, coincide com cursos d'água. Feições de lineamentos estruturais são observadas a leste do município, se estendendo de norte a sul (Figura 16).

Tabela 2 - Abrangência e percentagem relativa das unidades estratigráficas no município de Serrolândia-BA, 2023

Unidades Litoestratigráficas	Área (km ²)	Área (%)
Caraíba	117,7	36,6
Cariacá	82,6	25,6
Cobertura detrito-lateríticas ferruginosas	116,4	36,2
Granitóides Várzea do Poço	2,6	0,8
Itapeipu	2,7	0,8
Total	322,02	100,0

Fonte: Campos (2023).

As paisagens dos sistemas ambientais são fortemente influenciadas pelo clima. O efeito do clima, através de variáveis como precipitação, temperatura e umidade, pode ser considerado o mais importante agente na manifestação das expressões do meio físico, biótico e antrópico.

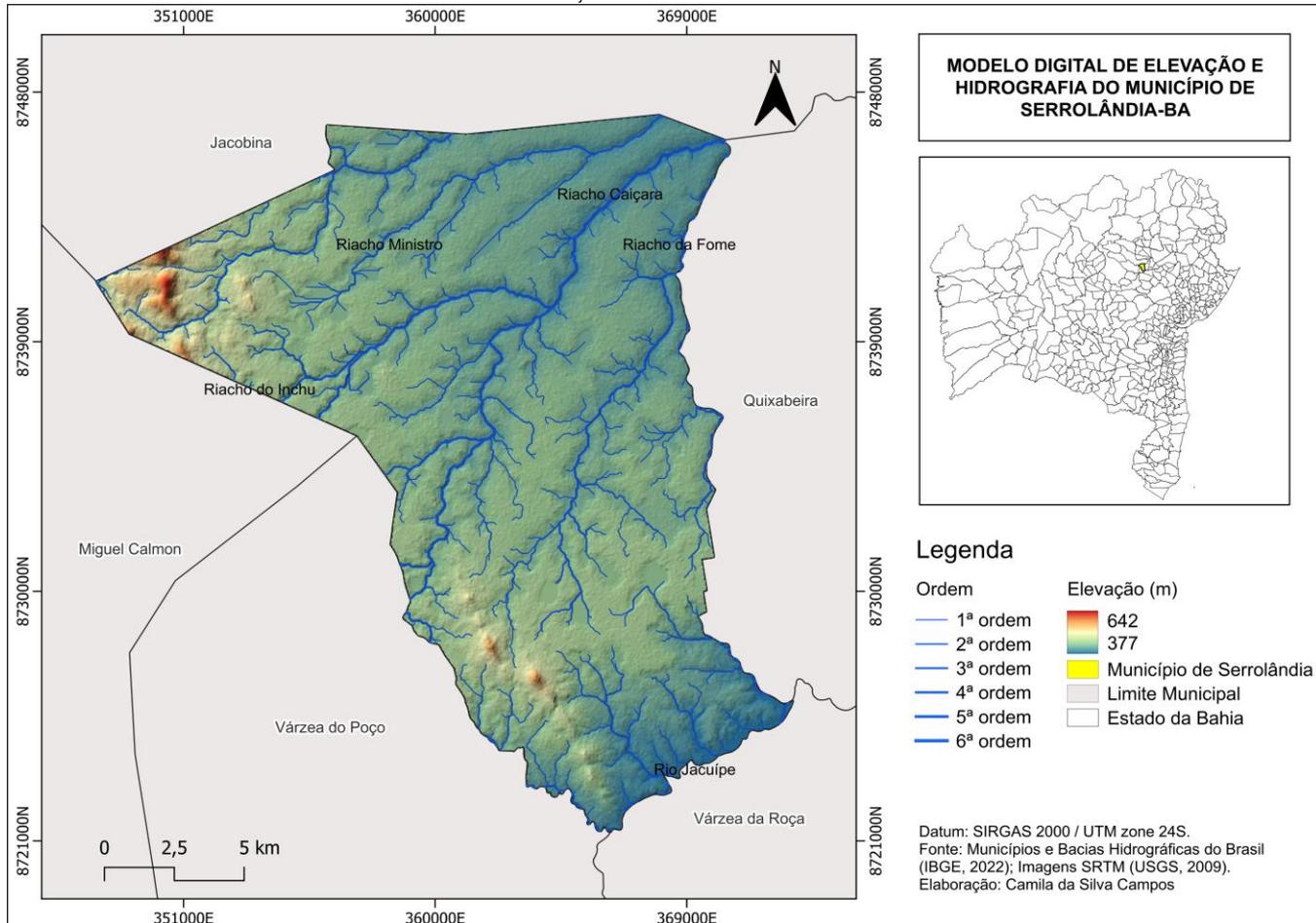
De acordo com o IBGE (2019) o município de Serrolândia apresenta clima semiúmido, com 4 a 5 meses secos, com temperatura média superior a 18° C durante todos os meses do ano.

A intensidade e frequência com a qual as variáveis climáticas se manifestam é fundamental para compreender os processos intempéricos, bem como as formas de uso e cobertura da terra. Essa distribuição irregular da precipitação é um fator limitante para a produção agrícola no município, principalmente quando as práticas agrícolas inadequadas aumentam a exposição do solo, elevando a temperatura e reduzindo a umidade.

As características do relevo são importantes não só por interferir nas formas de uso e ocupação das terras, como também por atenuar ou intensificar os impactos decorrentes das atividades antrópicas, definindo áreas com maior ou menor vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, influencia no transporte de materiais, nos padrões climáticos, na distribuição da vegetação, no tipo de solo, na disponibilidade de recursos hídricos e na erosão, atuando na redistribuição de agentes endógenos e exógenos no sistema (Medeiros *et al.*, 2023).

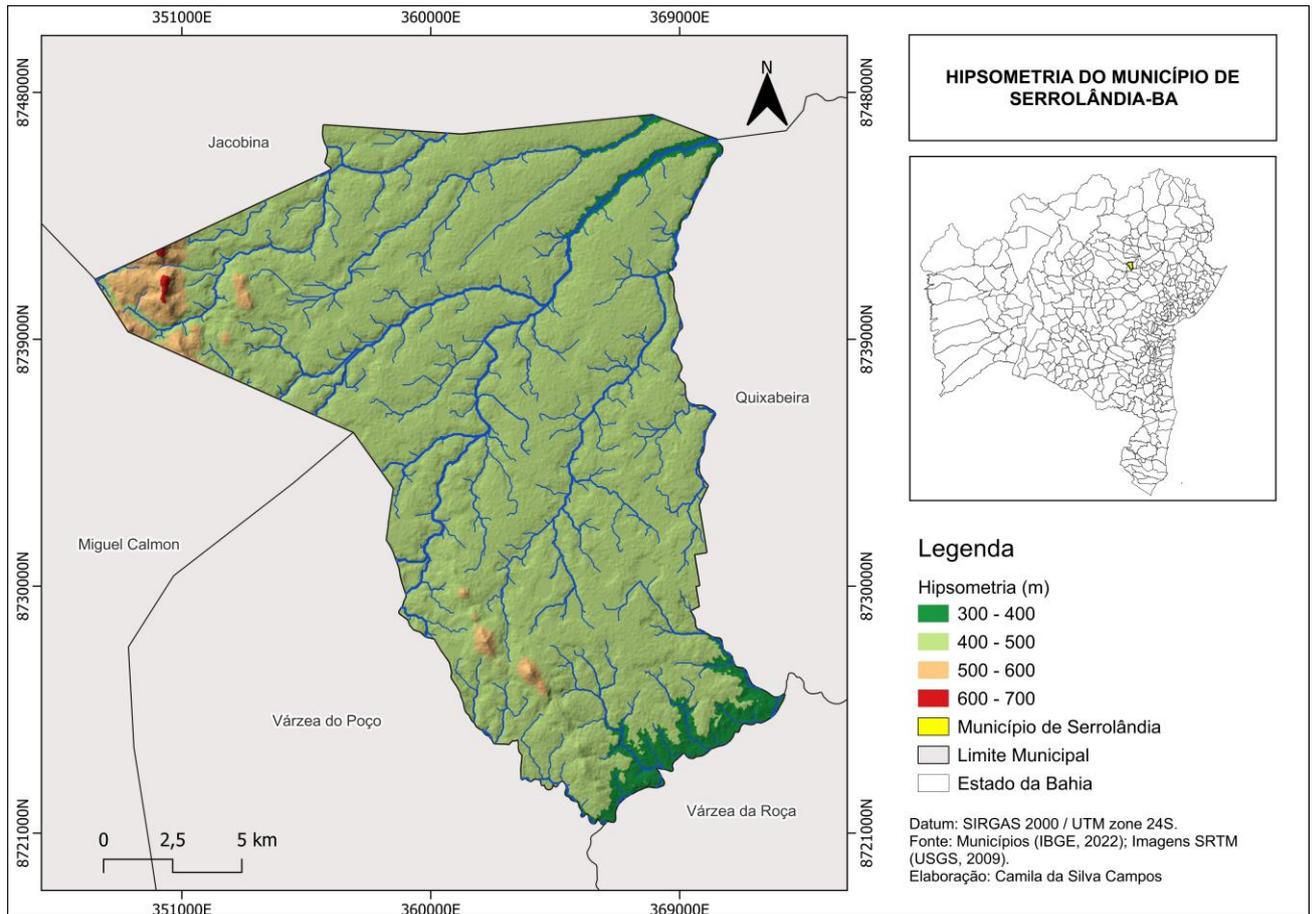
De acordo com o modelo digital de elevação (MDE), o município de Serrolândia possui uma altitude variando de 377 a 642 m em relação ao nível do mar, com as áreas mais elevadas ao noroeste e sudoeste (Figura 17).

Figura 17 – Modelo Digital de Elevação e Hidrografia do Município de Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022); Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2009). Elaboração: CAMPOS, Camila da Silva (2023).

A hipsometria é uma técnica cartográfica que permite apresentar as variações altimétricas do relevo em um mapa (Guerra, 1993). Nessa representação, as áreas de menor altitude estão indicadas por tons verdes, enquanto as áreas de maior altitude são representadas por tons avermelhados, seguindo a norma cartográfica. No município, as menores altitudes variam entre 300 a 400 m, e as maiores entre 600 a 700 metros (Figura 18).

Figura 18 – Mapa hipsométrico do município de Serrolândia-BA, 2023

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022); Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2009). Elaboração: CAMPOS, Camila da Silva (2023).

A maior parte do município possui altitude na faixa de 400 a 500 metros, equivalendo a 92,6% da área total. Apenas 3% da área apresenta altitudes superiores a 500 m (Tabela 3). As áreas mais elevadas apresentam vegetação mais densa e preservada, apesar da presença de atividades antrópicas nas áreas próximas ao relevo mais acentuado. As áreas destinadas à pastagem são facilmente identificadas no entorno dos morros, como se observa nas Figuras 19 e 20.

Tabela 3 - Hipsometria do município de Serrolândia-BA, 2023

Hipsometria (m)	Área (km ²)	Área (%)
300 – 400	13,8	4,3
400 – 500	298,4	92,6
500 – 600	9,3	2,9
600 – 700	0,3	0,10
Total	322,02	100,00

Fonte: Campos (2023).

As áreas de topo de morro apresentam vegetação mais densa, por serem definidas como das Áreas de Preservação Permanente. Conforme prevê a Lei nº 12.651/2012, art. 4º do Código Florestal, considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (Brasil, 2012, p. 5).

Observa-se que a geomorfologia do município conta também com relevos residuais (Figura 19, Figura 20). No sudoeste do município, os relevos mais elevados evidenciam o material mais resistente em relação ao seu entorno (Figura 20).

Figura 19 – Morro do Mocó, Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Campos (2023).

Figura 20 – Morro da Canafístula, Serrolândia- BA, 2023



Fonte: Campos (2023).

A rede de drenagem tem papel fundamental no transporte de materiais das áreas elevadas para as áreas mais baixas, sendo primordiais nos processos de formação do relevo. Em termos hidrográficos, o município está situado na Região Hidrográfica Atlântico Leste e faz parte de duas Bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Paraguaçu e a Bacia do Rio Itapicuru, sendo que a maior parte do município está inserida na Bacia do Itapicuru.

A hidrografia do município é de grande maioria intermitente, com padrão de drenagem fluvial do tipo dendrítica ou arborescente, onde as correntes tributárias estão distribuídas ao longo da superfície do terreno (Figura 17). Esse modelo de drenagem é comum em áreas de estruturas sedimentares horizontais ou de rochas de resistência uniforme (Christofoletti, 1980).

De acordo com a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 2011), os principais rios que drenam o território de Serrolândia são: Rio Jacuípe, Riacho Inchu, Riacho da Fome, Riacho Caiçara, Rio do Peixe de Cima ou Pedra D'Água e o Açude Serrote, importante corpo hídrico do município localizado próximo a área urbana que abasteceu a população nos períodos de estiagem nas últimas décadas (Figura 17, Figura 28). O rio do Peixe e o rio Jacuípe (Figura 21) são afluentes do rio Paraguaçu, limitando o município ao Norte e ao Sul, respectivamente.

Figura 21 – Imagem panorâmica do Rio Jacuípe, Serrolândia-BA



Fonte: Campos (2023).

O rio Jacuípe é perene e na parte sul flui na direção leste, mudando de direção para nordeste nas imediações do entroncamento com o município de Várzea da Roça (Figura 22).

Figura 22 – Rio Jacuípe, Serrolândia-BA 2023



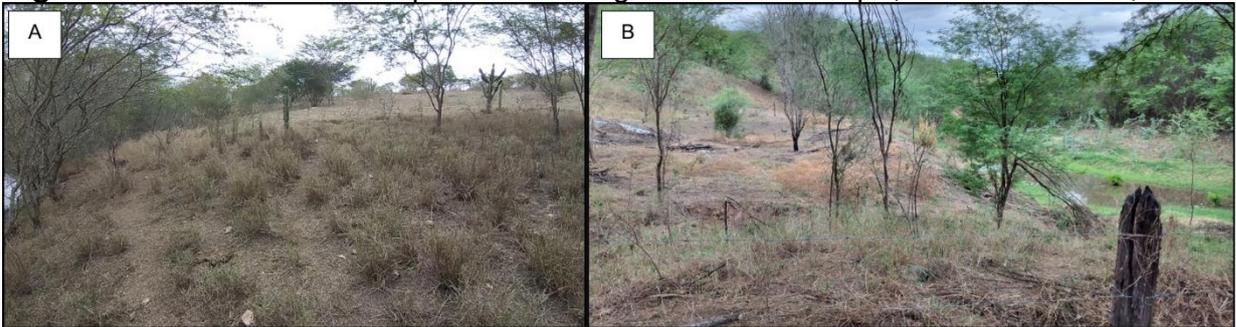
Fonte: Campos (2023). (A) rio Jacuípe na Fazenda Calumbi; (B) área de APP.

O rio Caiçara é um curso d'água intermitente situado na região norte do município de Serrolândia, em estreita proximidade com a sede do município, com fluxo na direção nordeste. O riacho da Fome se localiza a nordeste do município, próximo ao município de Quixabeira, sendo também de natureza intermitente. Ambos os

corpos hídricos se unem no extremo nordeste do município formando o rio do Peixe, que não está localizado dentro da área municipal.

O Código Florestal prevê a necessidade de proteger as margens dos rios para prevenir o assoreamento e a erosão. No entanto, apesar dessas diretrizes, atividades antrópicas, como desmatamento e queimadas (conforme ilustrado na Figura 23), continuam ocorrendo. Essas ações contribuem para o escoamento superficial, levando ao assoreamento dos cursos d'água.

Figura 23 – Atividades antrópicas nas margens do rio Jacuípe, Serrolândia-BA, 2023



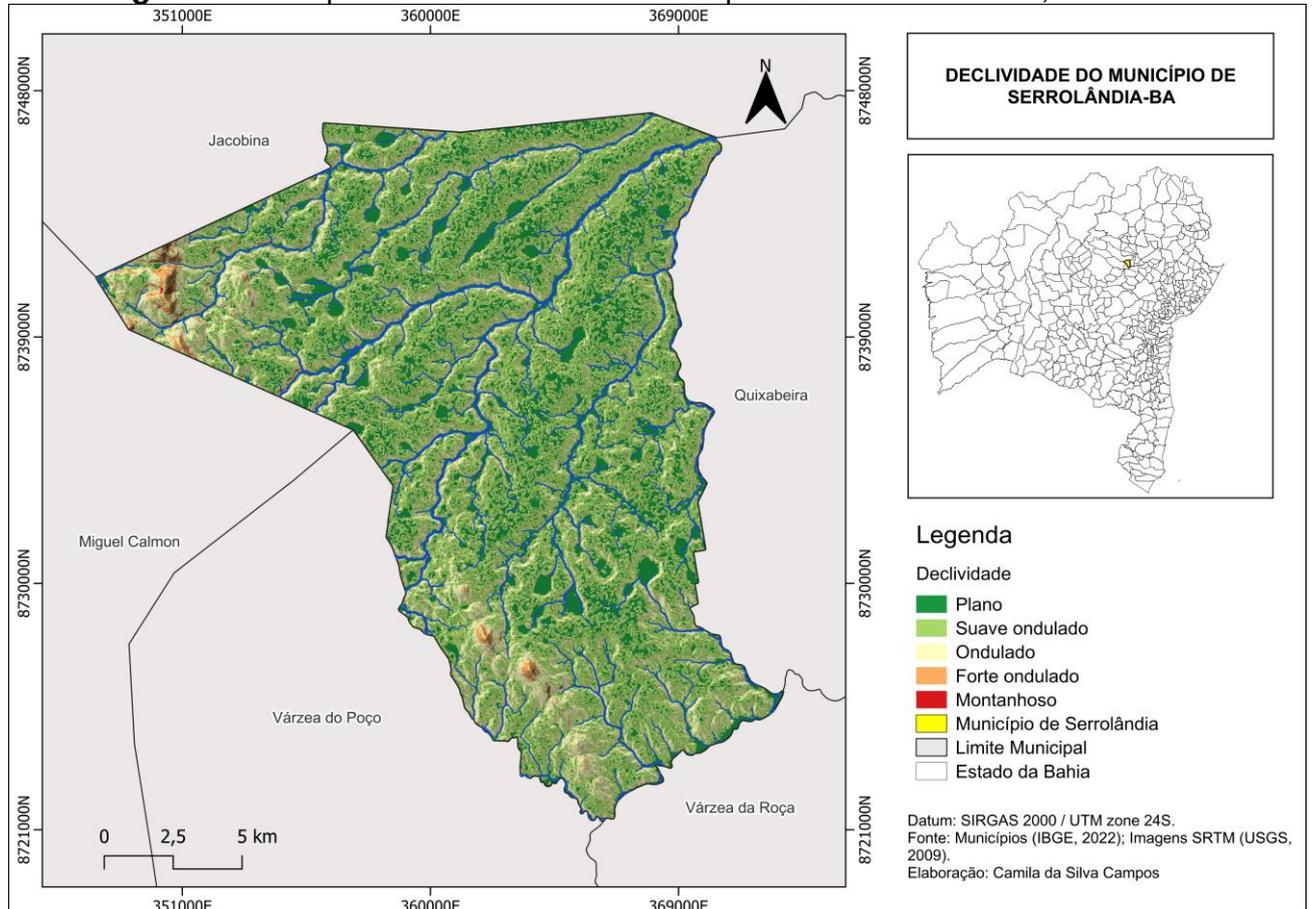
Fonte: Campos (2023). (A) pastagem nas margens do rio; (B) desmatamento e queimada nas margens do rio.

A geomorfologia visa compreender as diferentes formas do relevo e a dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas. Esse conhecimento é relevante, uma vez que, o modelado terrestre, elemento do sistema ambiental, é também um condicionante para as atividades humanas e organizações sociais (Christofoletti, 2007).

Os domínios morfoestruturais, compreendem os maiores táxons na compartimentação do relevo, estando o município de Serrolândia inserido nas Bacias e Coberturas sedimentares fanerozóicas, caracterizada pelos planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos no interior do continente (IBGE, 2009). Pertence à região geomorfológica dos Tabuleiros Interioranos e apresenta predomínio de modelados de aplanamentos, embora ocorram feições de dissecação na porção noroeste nas unidades da Serra de Jacobina. Os modelados de aplanamento são caracterizados por pediplanos retocados e pediplanos degradados inumados.

Neste modelado, as classes de relevo predominantes são plano e suave ondulado, representando 76% da área do município (Figura 24). A classe de relevo ondulado ocupa apenas 22% da área (Tabela 4).

Figura 24 – Mapa de declividade do Município de Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022); Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2009). Elaboração: CAMPOS, Camila da Silva (2023).

As informações de declividade são importantes para o planejamento ambiental, especialmente em áreas de maior declividade (inclinação superior a 45°). Essas áreas são categorizadas como de preservação permanente de acordo com o Código Florestal devido à sua alta susceptibilidade à erosão (Silva; Santos; Leal, 2016). A cobertura vegetal adequada é essencial para minimizar os impactos negativos da erosão, portanto, medidas de proteção, como manutenção e recomposição da vegetação nativa e restrição das atividades antrópicas, são necessárias para preservar essas áreas e garantir a sustentabilidade.

Nessa condição, é importante afirmar que a substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas ou pastagens aumenta significativamente o risco de degradação do solo devido à intensificação dos processos erosivos (Santos; Salcedo, 2010).

Tabela 4 – Declividade do município de Serrolândia-BA, 2023

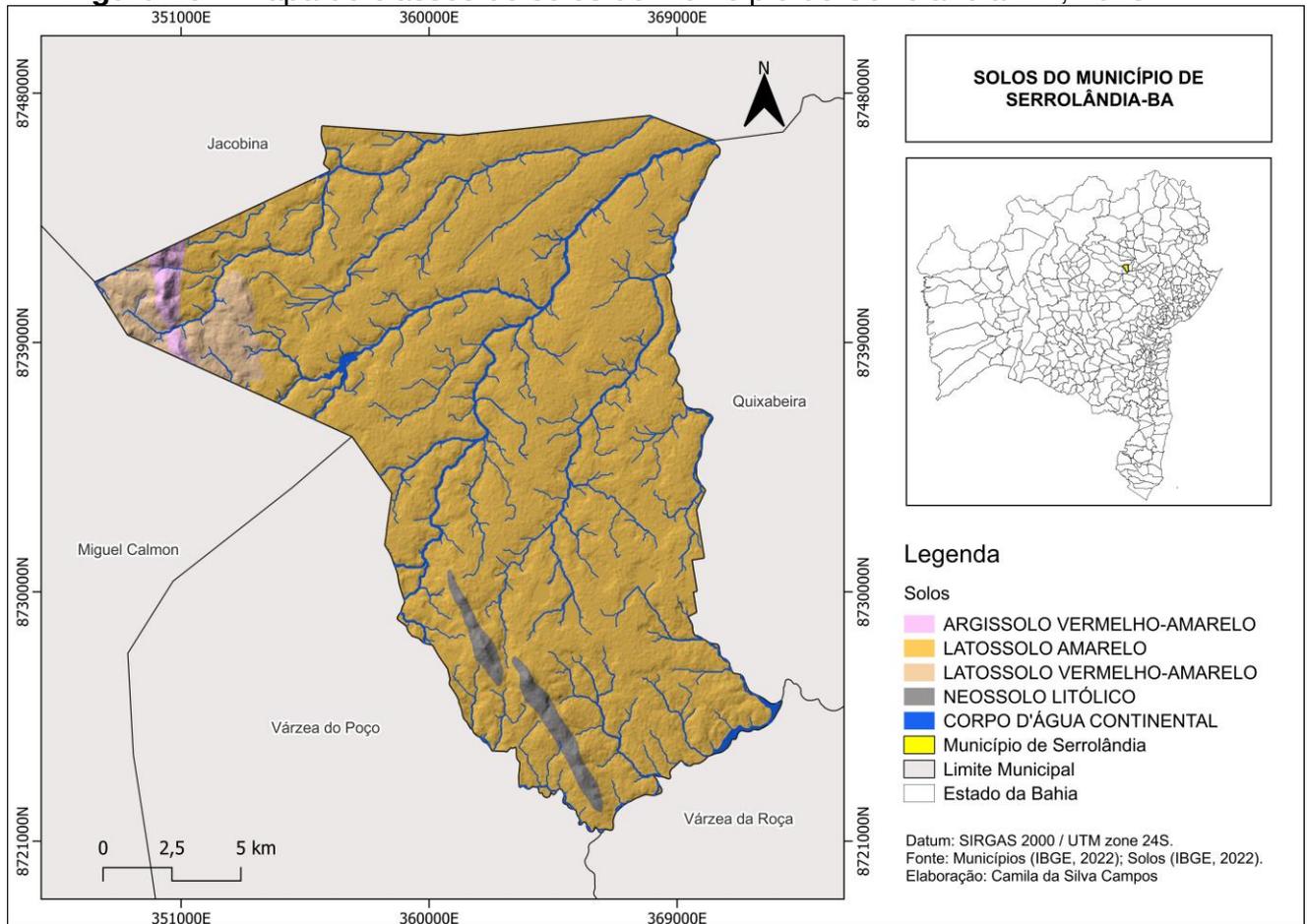
Declividade	Área (km²)	Área (%)
Plano	78,3	24,3
Suave ondulado	167,1	51,9
Ondulado	73,0	22,7
Forte ondulado	3,3	1,0
Montanhoso	0,3	0,1
Total	322,02	100,00

Fonte: Campos (2023).

Considerando as inter-relações estruturais e funcionais do clima-solo-biota, Guerra e Cunha (2009) afirmam que solos bem desenvolvidos apresentam íntima ligação com o clima e a vegetação, enquanto solos jovens apresentam características evidentes da rocha matriz.

No bioma da Caatinga, os Latossolos são expressivos em termos de distribuição geográfica (Araújo Filho *et al.*, 2022), ocupando uma área de 21% da Caatinga (Jacomine, 1996). No município de Serrolândia estão presentes os solos Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Neossolo Litólico Eutrófico (IBGE, 2022), conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Mapa de classes de solos do município de Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). **Elaboração:** CAMPOS, Camila da Silva (2023).

A classe de solo de maior abrangência no município é o Latossolo Amarelo Distrófico que ocupa 92% da área (Figura 25, Tabela 5). São solos com saturação por base inferior a 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (incluindo BA) e possuem uma matriz amarela (7,5YR ou mais) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (incluindo BA) (Santos *et al.*, 2018).

Os Latossolos são solos profundos, bem drenados e bastante intemperizados. Eles possuem restrições agrícolas devido à baixa disponibilidade de nutrientes e apresentam textura de média a muito argilosa, com pouca variação no conteúdo de argila ao longo do perfil do solo. Suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas no horizonte diagnóstico Bw (B latossólico) são bastante homogêneas, ou seja, não apresentam grande variabilidade (Araújo Filho, 2011).

A limitação agrícola do Latossolo é a sua baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE, no município foram identificados 19 hectares de lavouras permanentes e 992 hectares de lavouras

temporárias, dependentes do ciclo da chuva para a produção. Nas lavouras temporárias, são cultivados feijão, mamona, mandioca (aipim, macaxeira), milho, milho forrageiro e palma forrageira (IBGE, 2017).

Tabela 5 – Abrangência e porcentagem relativa das classes de solos no município de Serrolândia-BA, 2023

Classes de Solo	Área (km²)	Área (%)
Latossolo Amarelo	299,2	92,9
Latossolo Vermelho-Amarelo	12,4	3,8
Neossolo Litólico	5,8	1,8
Argissolo Vermelho-Amarelo	3,3	1,0
Corpos D'água	1,0	0,3
Total	322,02	100,00

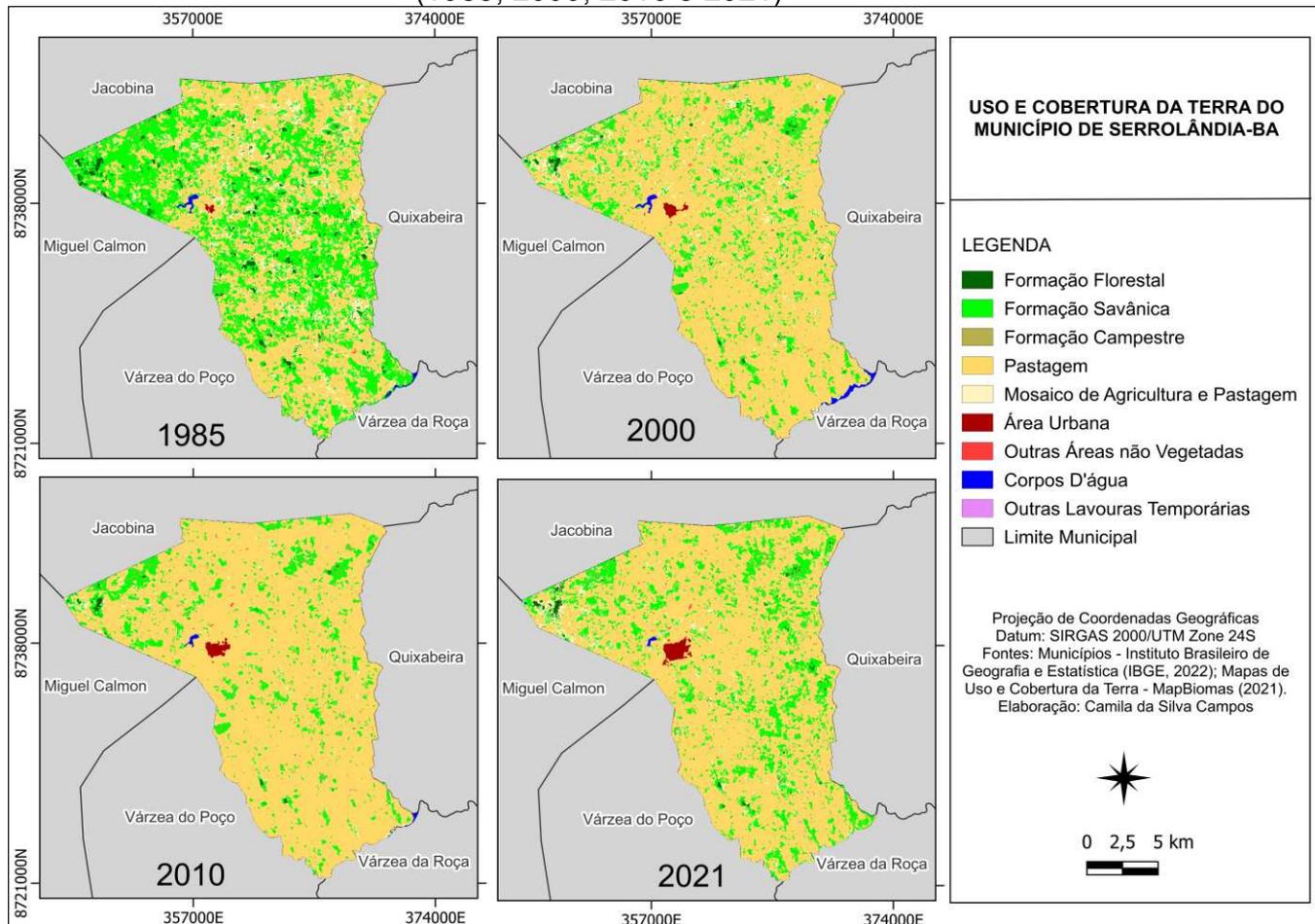
Fonte: Campos (2023).

Apesar da baixa fertilidade, os Latossolos por estarem distribuídos nas classes de relevo plano e suave ondulado, são favoráveis ao uso agrícola, principalmente ocupado pelas pastagens. O avanço das pastagens tem contribuído para a redução da vegetação original, aumentando a pressão sobre o bioma Caatinga, como será discutido no próximo tópico.

4.2 Avaliação temporal do uso e cobertura do solo

A análise temporal do uso e cobertura da terra permitiu investigar as transformações ocorridas ao longo do tempo e identificar padrões espaciais que evidenciam a influência antrópica no município. A evolução temporal de uso e cobertura da terra do município de Serrolândia para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2021 está apresentada na Figura 26.

Figura 26 – Alterações no Uso e Cobertura da Terra do Município de Serrolândia-BA (1985, 2000, 2010 e 2021)



Fonte: MapBiomias (2021); IBGE (2022). Elaboração: CAMPOS, Camila da Silva (2023).

No mapa referente ao ano de 1985, se observa o predomínio de formação savânica. De acordo com o MapBiomias (2021), coleção 7.1, a Formação Savânica corresponde à formação vegetal aberta com um estrato arbustivo e/ou arbóreo mais ou menos desenvolvido, estrato herbáceo sempre presente. Neste ano, a área era composta pela Formação Savânica e Pastagem ocupavam 39,37% e 46,74% da área do município, respectivamente. Ocorre também fragmentos de formação florestal.

A classe de Formação Florestal na Caatinga, compreende os tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual (MAPBIOMAS, 2021).

A formação florestal está localizada na porção noroeste do município, próximo aos municípios de Jacobina e Miguel Calmon, o que pode estar relacionado com a forma de relevo forte ondulado e elevação acima de 500 metros (Figuras 17 e 24).

Nota-se que a Formação Florestal ainda permanece entre 1985 e 2021, com perda de área de 73,75%. Em 1985, essa classe ocupava 6,92 km², abrangendo

2,15% da área do município. Em 2021, aproximadamente 0,56% da área do município ainda é coberta por Formação Florestal, e essa área tem um tamanho de 1,82 km² (Figura 6). Houve uma diminuição significativa na área de Formação Florestal ao longo desse período de 36 anos.

A predominância da Formação Savânica no ano de 1985 demonstra que grande parte da cobertura vegetal ainda estava mantida e que não havia muitos indícios de antropização no município. Para o mesmo ano, observa-se a existência de manchas de Formação Campestre, uma composição natural da paisagem do município, ocupando áreas pequenas e descontínuas.

Conforme o MapBiomias (2021), a Formação Campestre no bioma da Caatinga compreende aos tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva).

É possível identificar que, para o ano de 2010, houve aumento na fragmentação da vegetação Formação Savânica devido ao aumento de áreas destinadas à agropecuária. Portanto, a paisagem está distribuída em fragmentos de tipos 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.

Até o ano 2000, ainda se observa pequenas áreas de Formação Florestal, na porção noroeste, nordeste e pequenas áreas ao sul, composto por vegetação natural que não foi alterada pelo homem, bem como manchas de Formação Savânica. Essas mudanças também são observadas a partir da quantificação da área ocupada por cada classe de uso, durante o período avaliado. A pastagem ocupa 244,99 km² em 2021 que corresponde a 76,08% da área total do município (Tabela 6).

Tabela 6 – Dinâmica temporal de uso e cobertura do município de Serrolândia-BA, 2023

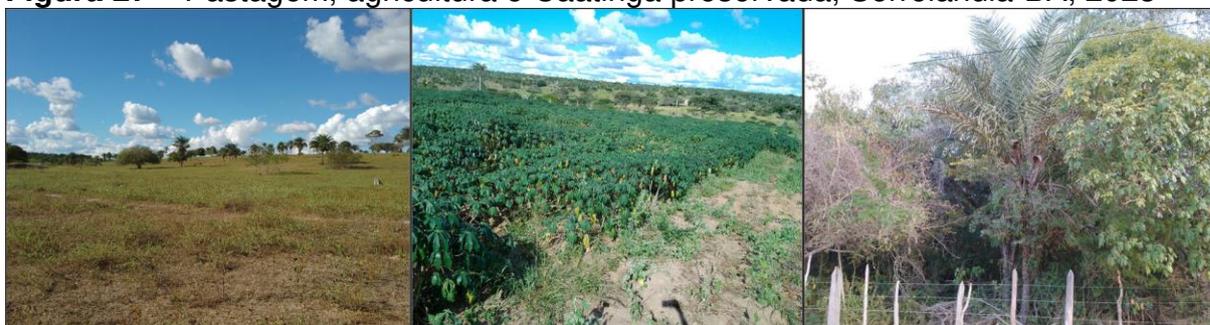
Classes	1985		2000		2010		2021	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km^{2})	Área (%)	Área (km^{2})	Área (%)	Área (km^{2})	Área (%)
Pastagem	150,51	46,74	254,71	79,10	277,02	86,02	244,99	76,08
Formação Savânica	126,79	39,37	45,79	14,22	35,24	10,94	59,81	18,57
Mosaico de Agricultura e Pastagem	31,95	9,92	15,45	4,80	4,65	1,44	10,69	3,32
Formação Florestal	6,92	2,15	1,76	0,55	0,80	0,25	1,82	0,56
Formação Campestre	4,79	1,49	1,80	0,56	2,24	0,70	2,02	0,63
Corpos D'água	0,74	0,23	1,44	0,45	0,48	0,15	0,24	0,08
Área Urbana	0,28	0,09	0,86	0,27	1,38	0,43	2,17	0,67
Outras Áreas não Vegetadas	0,05	0,02	0,20	0,06	0,16	0,05	0,18	0,05
Outras Lavouras Temporárias	-	-	-	-	0,05	0,02	0,10	0,03
Total	322,02	100,00	322,02	100,00	322,02	100,00	322,02	100,00

Fonte: MapBiomias (2021).

No ano de 2010, houve um avanço de áreas antropizadas como a pastagem (Figura 26, Tabela 6), que compreendia a maior área do município nesse período, ocupando 277,02 km², com uma extensão de 86,02% da área total.

Em 2021, as outras lavouras temporárias ocupavam a menor da área do município (0,03%), correspondendo a unidades ocupadas com 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 uso representativas do município estão representadas na Figura 27.

Figura 27 – Pastagem, agricultura e Caatinga preservada, Serrolândia-BA, 2023



Fonte: Campos (2023).

A classe de pastagem apresentou um avanço significativo entre 1985 e 2000, aumentando significativamente a área no ano de 2010. No entanto, desde então, houve uma diminuição gradual de 11,56% em 2021. Além da pastagem, registra-se a

presença de agricultura. Conforme Reis (2010, p. 39), em Serrolândia-BA “a maior parte da agricultura é de subsistência, modelo em que os alimentos produzidos são suficientes para suprir as necessidades do proprietário de terra e sua família.” No município, é realizada pelos pequenos produtores a agricultura cíclica, proporcionando maior produtividade. São predominantes as culturas de milho, mandioca e feijão.

Os dados indicam mudanças significativas no uso da terra ao longo do tempo. A diminuição de áreas de pastagem pode ser atribuída a conversão de outros usos, como agricultura e urbanização, ou mudanças nas práticas agrícolas.

A classe da Formação Savânica, que compreende a vegetação da Caatinga com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada (MAPBIOMAS, 2021), mostrou redução acentuada entre 1985 e 2010, de 39,37% a 10,94%. Mas houve um pequeno aumento em 2021, ocupando 18,57% da área total. De maneira geral, houve uma diminuição significativa de Formação Savânica de 52,83% no período analisado. A diminuição de Formação Savânica, que é a vegetação representativa de Caatinga no município, também é preocupante, pois representa perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Os valores de Formação Florestal são relativamente baixos em comparação com outras classes. Apesar de ter maior área presente apenas no ano de 1985, essa classe mostra uma tendência de recuperação nos anos recentes, de 0,80 km² em 2010 para 1,82 km² em 2021.

Outro aspecto importante a destacar se refere a redução da área ocupada pelos corpos hídricos. Nos mapas referentes aos anos de 1985 e 2000, a classe de Corpos D'água mostra valores mais elevados, ocupando 0,23% e 0,45% da área do município (Figura 26). Para os anos seguintes, essas áreas representam 0,15 % no ano de 2010 e em 2021, 0,08% da área municipal.

O Açude Serrote, de grande relevância ao longo da história do município, foi construído na década de 50 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), quando Serrolândia ainda pertencia ao município de Jacobina, com o objetivo de amenizar a falta d'água durante as épocas de seca (Figura 28).

Figura 28 – Açude Serrote, Serrolândia-BA, 2022



Fonte: Campos (2022).

O açude tem capacidade de comportar 10.776.170 m³ de água e seu uso foi descontinuado devido ao elevado teor de salinidade e evapotranspiração. No mapa referente ao ano de 1985 se observa maior extensão do açude, perdendo área ao longo dos anos (Figura 26). Com base nessas evidências, Silva *et al.* (2022) apontaram que o avanço de áreas antropizadas também afetam os corpos hídricos, alterando a qualidade da água. Dessa forma, urgem medidas conservacionistas para recuperação e proteção do reservatório. Outro fator que inviabilizou a sua utilização é de origem antrópica – a eutrofização. Esse processo ocorreu devido ao aumento de resíduos sólidos proveniente das ações humanas (Lima, 2013).

A área ocupada pela classe urbana apresentou um aumento contínuo ao longo dos anos (Tabela 6). Esses dados refletem nas informações demográficas fornecidas pelo IBGE. No ano de 2010 a população de Serrolândia era de 12.344 habitantes. Em 2022 houve um aumento de 5,3% em relação ao censo anterior, computando um total de 13.335 pessoas (IBGE, 2023).

O número total de habitantes no ano de 1970 era superior aos dias atuais, porém essa população era predominantemente rural, que caracterizava os usos e atividades praticadas pela população do município. Ao longo dos anos houve um aumento significativo da área e da população urbana, conforme apresentados na Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 7 - População rural e urbana no município de Serrolândia (1970-2010)

Ano	1970	1980	1991	2000	2007	2010
Urbana	2.373	3.673	4.743	6.042	6.979	7.279
Rural	17.439	18.686	7.069	6.574	5.141	5.065
Total	19.812	22.359	11.812	12.616	12.120	12.344

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022).

Segundo Reis (2010), o declínio populacional de Serrolândia no ano de 2007 em relação ao ano 2000 foi motivado por questões políticas e territoriais, como o desmembramento de povoado do município.

O aumento de áreas urbanas cria demandas por infraestrutura e serviços no município. Esse crescimento pode resultar em pressões adicionais dos recursos naturais, necessitando um planejamento ambiental adequado para mitigar os impactos ambientais negativos. Conforme argumenta Souza (2018), é importante considerar o mapeamento de uso e cobertura da terra, a fim de que o planejamento considere os aspectos físico-naturais e avalie as condições ambientais das áreas urbanas, pois o crescimento urbano indica o avanço antrópico em áreas vegetacionais nativas.

Para compreender o impacto que as dinâmicas de uso da terra causam no solo, abordaremos no próximo tópico as condições químicas e físicas do solo do município nos ecossistemas e nos agroecossistemas.

4.3 Atributos químicos e físicos dos solos da área de estudo

A tabela 8 apresenta os resultados da análise da estatística descritiva para os atributos químicos do solo, considerando a profundidade de 0 a 30 cm.

Tabela 8 – 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, no município de Serrolândia, Bahia, 2023

	Unidade	Média	Mediana	CV%	Mínimo	Máximo	W	p^1
pHH₂O	-	5,0 ^{±0,05}	5,0	4,0	4,7	5,5	0,94	0,12
C org	g Kg	6,1 ^{±0,5}	5	41,0	3,5	12,6	0,80	< 0,001
MO	g kg	10,6 ^{±0,8}	8,5	40,6	6,0	21,7	0,80	< 0,001
P	mg/dm ³	3,4 ^{±0,12}	3,0	17,6	3,0	5,0	0,66	< 0,001
K	mg/dm ³	52,04 ^{±3,51}	49,00	35,03	32,00	97,00	0,88	0,004
Ca	cmol c/dm ³	0,8 ^{±0,04}	0,8	25,0	0,6	1,3	0,88	0,004
Mg	cmol c/dm ³	0,2 ^{±0,02}	0,2	50,0	0,1	0,5	0,82	< 0,001
Al	cmol c/dm ³	0,5 ^{±0,03}	0,5	40,0	0,2	0,8	0,94	0,15
H+Al	cmol c/dm ³	3,3 ^{±0,21}	3,1	33,3	1,8	6,1	0,94	0,09
Na	mg/dm ³	3,63 ^{±0,21}	4,00	29,75	2,00	6,00	0,92	0,03
SB	cmolc/dm ³	1,1 ^{±0,06}	1,0	27,3	0,8	1,7	0,86	0,002
CTCe	cmolc/dm ³	1,6 ^{±0,10}	2,0	31,3	1,0	2,0	0,63	< 0,001
CTCt	cmolc/dm ³	4,4 ^{±0,25}	4,1	29,50	2,6	7,8	0,93	0,09
m%	%	31 ^{±2,07}	30	35	12	49	0,96	0,34
V%	%	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; pHH₂O = 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; ¹Teste de Shapiro-Wilk, onde p>0,05 segue uma distribuição normal; p<0,05 não segue uma distribuição normal.

De maneira geral, os valores de média e mediana dos atributos químicos são próximos, com exceção das variáveis K, m%, C org e MO, indicando maior assimetria de distribuição em relação aos demais parâmetros. Nesse sentido, é necessário considerar a mediana como medida de tendência central devido a assimetria dos dados e ao alto grau de variabilidade.

Para alguns atributos a mediana apresentou valores menores que a média, como observado por Cambardella *et al.* (1994), mesmo em casos de assimetria de distribuições, sugerindo que a mediana não sofre influência dos *outliers*.

Os atributos com os mesmos valores de média e mediana são Ca, Mg, Al e pHH₂O. Nos demais atributos como o P, H+Al, Na, SB, CTC efetiva, CTC total, m%, V% e C org os valores de mediana e média foram próximos, portanto, isso indica que

para esses atributos, a média obtida é representativa. Propriedades que apresentam medidas de tendência central discrepantes, como K e MO, a média não é um bom parâmetro para representar a distribuição dos dados, sendo preferível a mediana. Esses atributos apresentam valores mais distantes entre média e mediana, e ambos possuem médias superestimadas em relação a mediana.

A normalidade dos dados foi verificada a partir do teste Shapiro-Wilk. Os resultados expressam que mais da metade dos parâmetros não seguem uma distribuição normal, como P, K, Ca, Mg, Na, SB, CTC efetiva, C org e MO ($p < 0,05$). As variáveis de Al, H+Al, pHH₂O, CTC total, V% e m%, seguem uma distribuição normal ($p > 0,05$).

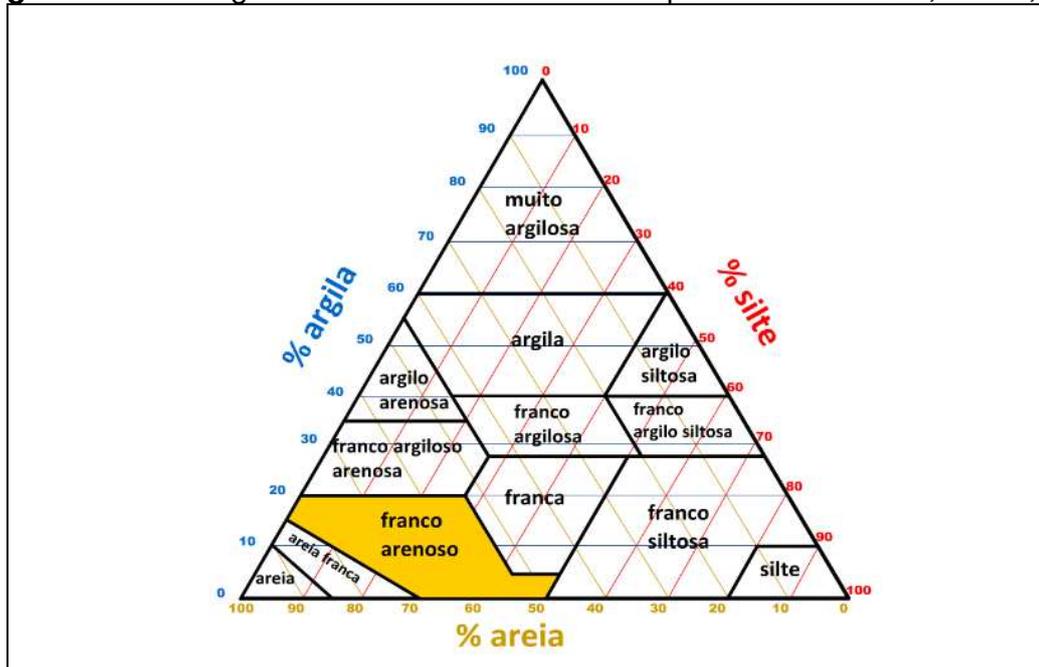
Para avaliar a dispersão dos dados foi utilizado os parâmetros de Warrick & Nelsien (1980). Apenas a propriedade pH em água apresentou um grau de variabilidade baixo ($CV < 12\%$), denotando uma uniformidade na área, conforme encontrado por Artur *et al.* (2014), Dias *et al.* (2015), Silva *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2021), sendo os dois últimos trabalhos em ambiente de Latossolo. Apresentaram CV médios os atributos P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, Na, SB, CTC efetiva, CTC total, m%, V%, C org e MO ($CV 12 - 60\%$).

Graus de variabilidades são esperados no solo, uma vez que o solo não é formado por unidades homogêneas, conforme afirma Warrick & Nelsien (1980). Os fatores que contribuem para a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, junto aos valores mais altos de CV, são resultados de diversas dinâmicas, como a formação do solo, fluxo de água, distribuição de partículas, o manejo e ausência de cultivo, principalmente em áreas de vegetação nativa (Artur *et al.*, 2014). Nenhum dos atributos químicos do solo demonstrou uma alta variabilidade espacial ($CV > 60\%$).

A variabilidade espacial no semiárido não difere em áreas mais úmidas como a floresta amazônica, embora os valores sejam inferiores. Santos *et al.* (2023), em estudos de variabilidade espacial da fertilidade do solo sob sistema agroflorestral e floresta nativa na Amazônia, destacaram que a maioria dos dados apresentaram distribuição homogênea. O pH foi o único atributo que apresentou CV% baixo, os demais apresentaram CV% moderado ($60\% > CV \geq 12\%$), exceto P, que teve a maior variabilidade ($CV > 100\%$), o que difere do presente estudo, que obteve variabilidade média ($CV 17,6\%$). Os valores de P são baixos ($3,4 \text{ mg dm}^{-3}$). O P apresenta média variabilidade porque os agricultores não fazem adubação fosfatada.

A tabela 9 apresenta o resultado da estatística descritiva dos atributos físicos para a camada de solo de 0 a 30 cm. Com base na análise granulométrica que forneceu os valores para silte, argila e areia, a textura do solo foi identificada utilizando o triângulo textural. A classe textural do solo foi classificada como Franco Arenoso (Figura 29). Portanto, embora o solo seja caracterizado por uma textura média, de acordo com o agrupamento textural, apresenta uma alta concentração de areia.

Figura 29 – Triângulo textural do solo do município de Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: QUOOS, João (2024).

Nos atributos físicos avaliados, as propriedades argila total, areia e densidade apresentaram valores de moda mediana e média muito próximos, o que indica que a média obtida é representativa, ou seja, esses atributos possuem uma distribuição de dados em torno da média.

Os atributos silte, argila natural e grau de flocculação apresentaram medidas de tendência central discrepantes (moda, mediana e média diferentes), portanto os valores da mediana são mais representativos que a média. Esses atributos também apresentaram valores de coeficiente de variação moderado (CV 12 - 60%) a alto (CV > 60%), denotando uma maior variabilidade espacial e alta dispersão em torno da média. Os demais atributos apresentaram baixo (CV < 12%) a médio (CV 12 - 60%) expressando maior homogeneidade nos valores, com destaque para areia (CV 2,2%).

Em relação ao teste de normalidade, apenas o atributo argila total não segue uma distribuição normal ($p < 0,05$).

Tabela 9 – Parâmetros da estatística descritiva para medidas de posição, dispersão e teste de normalidade, na profundidade de 0 a 30 cm, no município de Serrolândia, Bahia, 2023

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

Araújo *et al.* (2018) avaliou as propriedades físicas do solo no semiárido e constatou que o coeficiente de variação da maioria dos atributos avaliados também apresentou baixa a média variabilidade. França Neto *et al.* (2021), que também avaliou solo considerando a textura arenosa em Caatinga preservada, obteve os resultados de 61,91% de areia, 28,29% de silte e 9,80% de argila. O atributo areia também obteve a menor variabilidade dentre os demais atributos químicos (CV 5,05%).

A densidade do solo representa a relação entre a massa de solo seco em estufa e o seu respectivo volume total, representa o arranjo das partículas do solo e define as características do sistema poroso (Ferreira, 2010). A densidade do solo apresentou média de 1,53 g cm⁻³ com valores mínimos e máximos de 1,47 g cm⁻³ e 1,56 g cm⁻³ (Tabela 9). Ao contrário da textura, que é uma das propriedades mais estáveis do solo, a densidade pode ser alterada em função do uso e manejo do solo. Os valores de Ds diminuem com o aumento dos teores de matéria orgânica no solo. Neste estudo, os valores de Ds apresentaram correlação negativa ($r = -0,67$), significativa a 0,1% com os teores de matéria orgânica.

A média dos valores de Ds na pastagem e agricultura foi de 1,54 g cm⁻³. No solo sob Caatinga esse valor foi de 1,50 g cm⁻³, um pouco abaixo, evidenciando a

influência do teor de MO de $16,7 \text{ g kg}^{-1}$ em relação às médias de $7,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $8,3 \text{ g kg}^{-1}$ observadas no solo sob agricultura e pastagem, respectivamente. Nos solos minerais, os valores da D_s variam de 1,1 a $1,6 \text{ g cm}^{-3}$, estimando uma porosidade total de 60% e 40%, respectivamente (Kiehl, 1979). Na área de estudo, os valores de D_s estão próximos aos valores máximos esperados para solos minerais, sugerindo valores mais baixos de porosidade total.

Os valores de densidade foram semelhantes aos valores encontrados por Santos (2021) em área de transição de Caatinga, no Latossolo Amarelo Distrófico ($1,53 \text{ g cm}^{-3}$) em área de cultivo intensivo.

O grau de flocculação permite inferir sobre o grau de estabilidade dos agregados do solo. Os resultados obtidos indicam um baixo grau de flocculação com média de 35% o que compromete as condições estruturais do solo e aumenta a suscetibilidade a processos erosivos devido ao alto teor de argila dispersa.

A dispersão das argilas reduz a velocidade de infiltração da água no solo e o processo de aeração. A prática da calagem e adição de matéria orgânica favorece o processo de flocculação e conseqüentemente, a formação e estabilidade dos agregados. No entanto, Jucksch (1986) aponta que, em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, a calagem aumentou a dispersão da argila, especialmente em profundidade, ao invés de promover a flocculação. Portanto, a eficácia da calagem pode variar de acordo com as características específicas do solo e as condições experimentais, requerendo um manejo mais criterioso e contextualizado para melhorar a estrutura do solo.

A análise dos atributos acima permite avaliar a disponibilidade de nutrientes em função do uso e cobertura do solo, o que será discutido no item seguinte.

4.4 Classes de fertilidade para os atributos químicos dos solos

Fósforo

A baixa disponibilidade de P nos solos de regiões tropicais e subtropicais, inferior a 10 mg dm^{-3} é um fator que limita a produção agrícola (Malavolta, 1980; Fontana *et al.*, 2021). Neste estudo, os teores de P variaram de 3,0 a $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$, com mediana de 3 mg dm^{-3} indicando disponibilidade muito baixa (Tabelas 1 e 3). O nível crítico desse elemento no solo é de 30 mg dm^{-3} e 20 mg dm^{-3} para solos com

teores de argila < 150 g kg⁻¹ e de 150 a 350 g kg⁻¹, respectivamente (CFSEMG, 1999). Na área de estudo a disponibilidade de P está abaixo do nível crítico nas classes de uso avaliadas, indicando limitação na produção agrícola.

Vieira *et al.* (2021) relataram uma média de 3,3 mg dm⁻³ de P Mehlich-1, valor este que se assemelha ao presente estudo, também realizado em ambiente de Latossolo de textura arenosa, não cultivado e em condição semiárida. Segundo os autores, a baixa concentração de argila nesses solos é responsável pela reduzida capacidade máxima de sorção de P.

Tabela 10 – Disponibilidade de macronutrientes na profundidade de 0 a 30 cm, por classe de uso, em Serrolândia, Bahia, 2023

Uso do solo	P		K		Ca		Mg	
	.....mg dm ⁻³.....		.....cmol _c dm ⁻³					
	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe
Pastagem	3,3 ^{±0,2}	MBa	67,9 ^{±6,5}	M	0,8 ^{±0,1}	Ba	0,2 ^{±0,05}	Ba
Agricultura	3,4 ^{±0,2}	MBa	46,2 ^{±4,3}	M	0,8 ^{±0,1}	Ba	0,2 ^{±0,03}	Ba
Caatinga	3,4 ^{±0,2}	MBa	42,0 ^{±3,2}	M	0,9 ^{±0,1}	Ba	0,2 ^{±0,03}	Ba

Classificação: M = médio; Ba = baixo, MBa = muito baixo, B = bom; MB muito bom de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

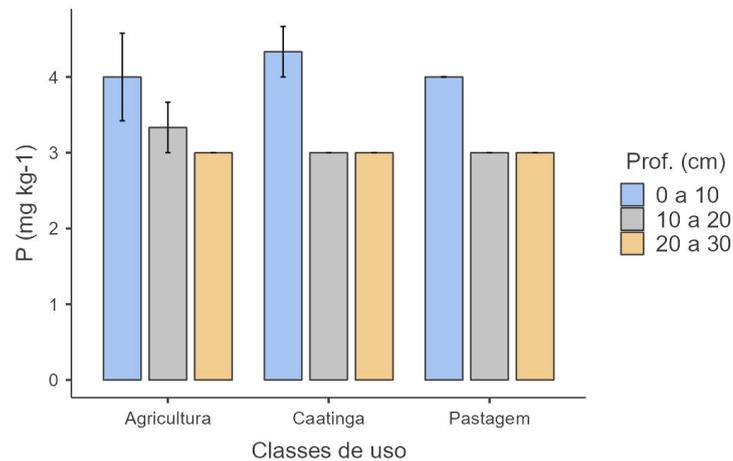
Outro resultado similar de P em condições naturais foi identificado por Motta *et al.* (2002), em um Latossolo Amarelo distrófico, sob e Floresta tropical subcaducifólia. De acordo com os autores, os teores de P extraídos com P-Mehlich-1 foi de 4 mg dm⁻³ em solo não cultivado e 12 mg dm⁻³ em solo cultivado. Estes valores indicam que o solo cultivado recebeu adubação fosfatada periódica, aumentando a disponibilidade de P.

Convém ressaltar que as áreas analisadas de cultivo de mandioca (*Manihot esculenta*) e pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) não dispõem de adição de fertilizante químico, adubo orgânico, ou qualquer tipo de correção de solo, segundo o que foi declarado pelos agricultores. Portanto, devido à baixa fertilidade natural dos Latossolos, a adição de fósforo pode ser necessária para melhorar a produtividade, seja na pastagem ou na agricultura. O fósforo no solo impulsiona não só a produção de forragem, como também o desenvolvimento radicular, permitindo que as plantas absorvam mais nutrientes e resistam melhor à seca. A matéria orgânica do solo contribui para essa dinâmica, fornecendo fósforo e promovendo um ambiente propício para o crescimento das raízes. Portanto, a presença de fósforo e matéria

orgânica no solo é essencial para a saúde e produtividade das plantas (Santos; Gatiboni; Kaminski, 2008; Cunha; Mendes; Giongo, 2015).

Os teores de P foram mais altos na profundidade de 0 a 10 cm nas três classes de uso, com discreto incremento no solo sob Caatinga. Não houve variação dos teores nas profundidades de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm nas áreas de Caatinga e pastagem (Figura 30). No solo cultivado observa-se variação nos teores, decrescendo com o aumento da profundidade. Esse comportamento deve-se ao revolvimento constante do solo nas culturas anuais. A baixa mobilidade do P no solo explica as maiores concentrações na camada superficial.

Figura 30 – Distribuição dos teores de P no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: Campos (2023).

Analisando os valores médios e desvios, não há diferença significativa entre a agricultura e a Caatinga, sugerindo que, estatisticamente, os desvios em relação à média são semelhantes para ambos os tipos de uso. Além disso, ao observar o gráfico (Figura 30), nota-se que a concentração média de fósforo é similar nas áreas de Caatinga e agricultura na profundidade de 0 a 10 cm. Quanto às demais profundidades, tanto a pastagem quanto a Caatinga apresentam comportamento semelhante. No entanto, na agricultura, há uma variação maior na camada de 0 a 10 cm, possivelmente relacionada ao manejo constante e à taxa de remoção pelos vegetais. Logo, devido à condição natural do solo, é possível afirmar que não houve alteração desse atributo químico em função da profundidade entre Caatinga e pastagem.

Em termos agronômicos, no caso específico do tipo de solo, é importante considerar que esses solos são geralmente pobres em nutrientes e têm baixa capacidade de fixação de fósforo. Outro fator que explica o pequeno aporte de fósforo no solo é a acidez elevada, que corresponde a pH menor que 5,5 (Batista *et al.*, 2018).

Em solos ácidos a capacidade de absorção de P para as plantas é reduzida. Portanto, a disponibilidade de fósforo no solo pode ser limitada devido à acidez do solo (Velooso *et al.*, 2007). Em solos de caráter oxídicos, devido a atributos de mineralogia e textura, ocorre a adsorção de P, sendo necessária a adoção dos sistemas de manejo, por meio da correção da acidez e o incremento de matéria orgânica para reduzir a adsorção do fósforo no solo e otimizar o aproveitamento pelas culturas (Souza *et al.*, 2006).

Nos solos jovens, os fosfatos de cálcio são os principais fornecedores de fósforo aos organismos vivos. Em solos altamente intemperizados, que naturalmente dispõem de baixos níveis de P, a biociclagem dos fosfatos orgânicos assume grande importância na manutenção da biodisponibilidade. Ou seja, a disponibilidade de P no solo depende da atividade biológica e da decomposição da matéria orgânica. Quanto mais atividade biológica e decomposição, maior a disponibilidade de P (Batista *et al.*, 2018). Essa relação foi evidenciada na área de estudo, com teores de P mais elevados na camada de 0 a 10 cm. No entanto, o solo apresentou acidez média a elevada e os teores de matéria orgânica foram muito baixos a baixo, o que explica os teores de P classificados como muito baixo.

Potássio

A disponibilidade de K apresentou mediana de 49,00 mg dm⁻³ com valores mínimos e máximos de 32 mg dm⁻³ e 97 mg dm⁻³, respectivamente (Tabela 8). Os solos sob pastagem apresentaram valores mais elevados, com média de 67,89 mg dm⁻³, para a camada de 0 a 30 cm (Tabela 10). Na profundidade de 0 a 10 cm a média é de 87,7 mg dm⁻³, com valores mínimos e máximos de 73 mg dm⁻³ e 97 mg dm⁻³, respectivamente, classificados como bom, estando acima no nível crítico (70 mg dm⁻³) definido pela CFSEMG (1999) (Figura 31).

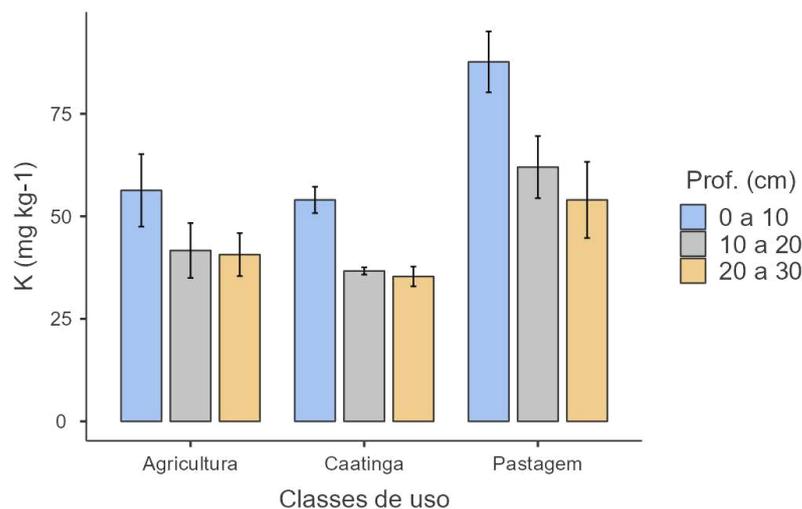
Os resultados indicam que o uso e manejo do solo interferem na disponibilidade de potássio. O capim *Brachiaria* favorece a fertilidade do solo, especialmente em termos de disponibilidade de potássio, por ser um condicionador do solo (Oliveira *et*

al., 2015). Na agricultura e na Caatinga as médias dos teores de K foram próximas, correspondendo a $46,22 \text{ mg dm}^{-3}$ e $42,0 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 10).

O uso agrícola promove a extração de nutrientes do solo ao longo do tempo, especialmente se não for adequadamente gerenciada com práticas de rotação de culturas e adubação. As florestas nativas geralmente têm solos menos férteis, pois a maior parte dos nutrientes está contida na biomassa vegetal e não no solo.

A prática da queimada nos agrossistemas acelera a perda de nutrientes voláteis como N e enxofre (S) para a atmosfera. As cinzas resultantes são ricas em K e P, que não são volatilizadas. Isso resulta em um aumento temporário na disponibilidade de K. Com o tempo, o K não absorvido pelas plantas pode ser perdido por lixiviação (Campos *et al.*, 2004). No entanto, a absorção contínua de K pelas plantas provoca uma depleção contínua de formas não-trocáveis de K no solo, que é mais acentuada quando os teores de K disponíveis são mais baixos. Portanto, mesmo em usos sem adubação, as plantas ainda o absorvem, podendo esgotar rapidamente as reservas desse atributo, principalmente quando não há reposição e os níveis de K já são baixos (Kaminski *et al.*, 2007).

Figura 31 – Distribuição dos teores de K no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: Campos (2023).

Importante considerar que os solos da área de estudo apresentam textura arenosa, com teor de areia variando de 767 g kg^{-1} a 824 g kg^{-1} (Tabela 9). Em solos arenosos, as reservas de K não trocável são naturalmente baixas, onde há pequenas quantidades de minerais primários que fornecem K. No entanto, as reservas de

potássio não trocável tendem a ser pequenas, o que caracteriza ambientes com baixas reservas desse nutriente a médio e longo prazo. Portanto, os solos mais desenvolvidos como o Latossolo Amarelo indicam uma capacidade reduzida de fornecer K para as plantas (Medeiros *et al.*, 2014).

É comum observar uma redução significativa nos teores de potássio trocável nos primeiros cultivos nesses ambientes, a menos que haja reposição desse nutriente por meio de adubação. Quando o nível de carbono orgânico no solo aumenta, a capacidade de troca de cátions (CTC) também aumenta. Isso afeta a quantidade de K disponível na solução do solo, reduzindo-a e, conseqüentemente, diminuindo sua perda por lixiviação. Por outro lado, se a CTC diminui devido ao manejo inadequado do solo, ocorre o efeito oposto (Pereira, 2009).

Os dados mostram como o capim-braquiária melhora as propriedades químicas do solo, auxiliando na fertilização das primeiras camadas. Ele fornece nutrientes através do seu sistema radicular e da fitomassa aérea. Quando seca, essa fitomassa mantém os atributos químicos, disponibilizando potássio para futuros cultivos. Isso ocorre devido à decomposição do material vegetal, que mineraliza e disponibiliza os nutrientes para o sistema solo-planta (Oliveira *et al.*, 2015), através da ciclagem de nutrientes. Além disso, os autores também afirmam que o capim-braquiária tem o potencial de absorver mais potássio em comparação a outras culturas, protegendo o solo da lixiviação e mantendo o potássio no solo.

Demais estudos em cultura de mamona e milho apontaram que o incremento contínuo de esterco bovino e a adição de materiais orgânicos no solo resultaram em um aumento do pH e dos teores de K do solo, além de neutralizar o Al (Demétrio *et al.*, 1988; Lima *et al.*, 2009), sendo esses teores mais significativos em comparação com outras culturas. Resende *et al.* (2021) constataram que a braquiária tem a capacidade de absorver e remobilizar o potássio em camadas mais profundas do solo, resultando em uma rápida liberação do nutriente na superfície do solo após a dessecação ou ceifa das plantas, levando a um incremento expressivo no estoque disponível de potássio no solo para o cultivo imediatamente posterior, equivalente a até 40 kg ha⁻¹ de K₂O na camada de 0 a 5 cm do perfil.

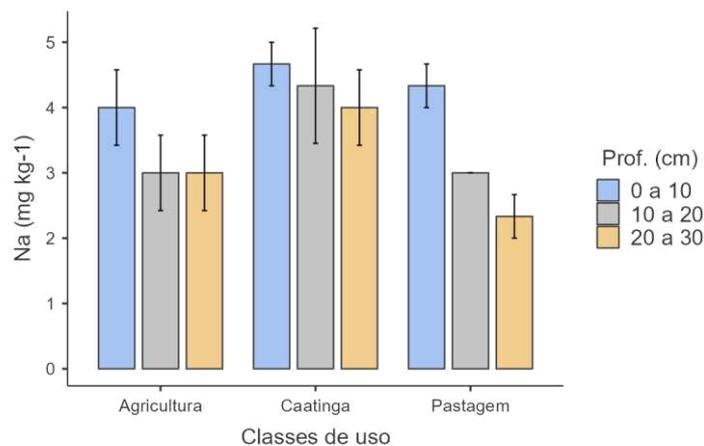
Além disso, a presença da braquiária em sistemas de culturas anuais pode favorecer a recirculação e ciclagem do potássio, conservando o nutriente na camada superficial do solo a longo prazo. A braquiária atua como uma "fonte protegida e de liberação gradual" de nutrientes, contribuindo para a disponibilidade de potássio para

as culturas subsequentes. Portanto, a inserção do capim-braquiária pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a disponibilidade de potássio no solo e melhorar a nutrição das plantas cultivadas, beneficiando a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Resende *et al.*, 2021).

Sódio

O sódio não atende ao critério de essencialidade, por isso não é considerado um nutriente e sim, elemento benéfico para algumas culturas. Normalmente, solos intemperizados apresentam baixos teores de Na (Sobral *et al.*, 2015), razão pela qual, na área de estudo os teores de Na apresentaram valores mínimos e máximos de 2 mg dm⁻³ e 6 mg dm⁻³, respectivamente (Tabela 8). Esses valores correspondem a uma percentagem de sódio trocável de apenas 0,2% a 0,7% em relação a CTC do solo. As maiores concentrações foram observadas nos solos sob Caatinga em todas as profundidades (Figura 32).

Figura 32 – Distribuição dos teores de Na no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



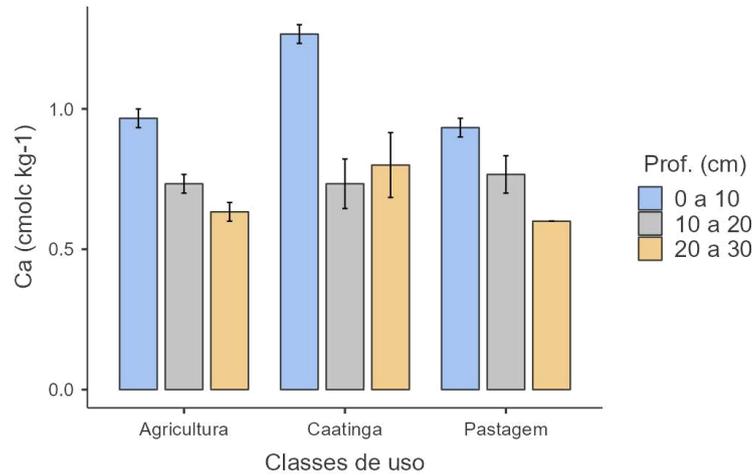
Fonte: Campos (2023).

Cálcio

Os valores da média de cálcio no solo para os três diferentes usos da terra foram iguais para a agricultura e a pastagem, correspondente a 0,8 cmol_c kg⁻¹, e 0,9 cmol_c kg⁻¹ para a Caatinga (Tabela 10). Os valores mínimos e máximos de Ca registrados variaram de 0,6 cmol_c kg⁻¹ a 1,3 cmol_c kg⁻¹, respectivamente (Tabela 8).

Concentrações mais elevadas foram observadas na profundidade de 0 a 10 cm com maiores incrementos nos solos sob Caatinga (Figura 33).

Figura 33 – Distribuição dos teores de Ca no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: Campos (2023).

A disponibilidade de Ca foi classificada como baixa para todas as classes de uso, exceto na profundidade de 0 a 10 cm, na Caatinga com valores próximos ao limite inferior da classe média, mantendo-se, portanto, abaixo do nível crítico correspondente a $2,4 \text{ cmolc kg}^{-1}$ sugerido pela CFSEMG (1999).

Os teores de Ca apresentaram correlação positiva ($r=0,58$) com a matéria orgânica, significativa a $p < 0,01$. O aumento do teor de matéria orgânica no solo favorece a retenção de cálcio. Isso ocorre porque a matéria orgânica tem a capacidade de reter nutrientes como o cálcio, tornando-os disponíveis para as plantas (Pereira; Veloso; Gama, 2000). Esse resultado evidencia a importância da matéria orgânica na CTC de solos intemperizados, com predomínio de argila 1:1 de baixa atividade, como da área em estudo.

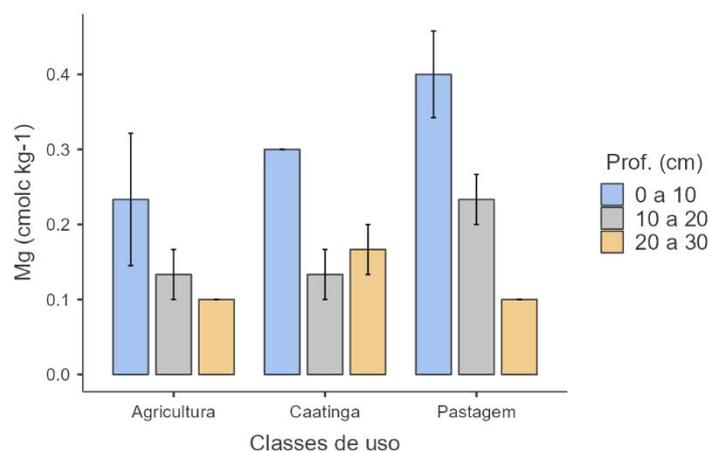
Os compostos orgânicos impactam significativamente a maneira como o cálcio se move no solo. A deficiência de cálcio resulta em solos ácidos. A acidez do solo é um processo que ocorre devido à lixiviação de cátions básicos solúveis, como Ca, Mg e K, que são substituídos por cátions ácidos ($H+Al$). Essa condição pode afetar o crescimento das raízes das plantas (Ziglio; Miyazawa; Pavan, 2011). Além disso, o carbono no solo pode ser encontrado na forma mineral, como na estrutura de

carbonatos, mas não são facilmente decomponíveis, sendo desconsiderados nas determinações via úmida de C org (Teixeira *et al.*, 2017).

De acordo com a classificação proposta pela CFSEMG (1999), o teor de Mg no solo utilizado para agricultura é muito baixo ($\leq 0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), e baixo para pastagem e Caatinga ($0,16 - 0,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

No solo sob pastagem a disponibilidade Mg foi mais elevada nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em relação a agricultura e Caatinga. Esse comportamento difere do observado para o Ca que apresentou valores mais altos na Caatinga (Figura 33). Segundo Castro *et al.* (2020), a pastagem contribui para uma maior disponibilidade de magnésio no solo, devido à decomposição do esterco animal e a entrada via resíduos culturais. Na agricultura, a concentração média de magnésio no solo é de $0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. A variabilidade dos teores de Mg foi maior na agricultura, na camada superficial, refletindo a influência do uso e manejo do solo em função do revolvimento e a exportação de nutrientes pelas culturas. Na Caatinga, a concentração média de magnésio no solo na profundidade de 0 a 10 cm é de $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, maior do que na agricultura. A mata nativa pode ter um equilíbrio natural de nutrientes, com a decomposição da matéria orgânica contribuindo para a disponibilidade de magnésio (Figura 34).

Figura 34 – Distribuição dos teores de Mg no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte Campos (2023).

Os solos ácidos de textura arenosa, que são comuns em regiões tropicais, apresentam menores aportes de magnésio (Mg) devido aos seus baixos teores de

matéria orgânica. Em contraste, os solos argilosos, que possuem maior aporte de matéria orgânica, tendem a ter mais magnésio.

Os níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) variam dependendo da estação do ano. Conforme o relato dos agricultores, as unidades de pastagem produzem bem, mas as estiagens prolongadas afetam a produção e acarretam queda da produtividade. A disponibilidade desses nutrientes no solo é sazonal, devido ao acúmulo de matéria orgânica no solo que ocorre de maneira mais intensa em estações chuvosas (Pereira; Veloso; Gama, 2000; Holanda *et al.*, 2017). A deficiência de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em todos os usos está ligada à acidez do solo. Para neutralizar essa acidez nas áreas de cultivo, a incorporação de Ca e Mg se faz necessária, uma vez que esses elementos neutralizam a acidez do solo (Veloso *et al.*, 2007).

Acidez ativa, trocável e potencial

O pH do solo é muito importante para a atividade dos microrganismos. Quando o pH do solo é $< 5,0$ a atividade microbiana diminui, afetando a mineralização da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes (EMBRAPA, 2021). A acidez ativa corresponde a concentração hidrogeniônica na solução do solo, medida pela escala de pH, que varia de 0 a 14 (Sobral *et al.*, 2015). Nesse estudo os valores de pH foram baixos, indicando acidez média e elevada nas classes de uso avaliadas.

O solo da pastagem possui uma média de pH de 5,2, o que representa uma acidez média (Tabela 11). A *Brachiaria decumbens* é uma espécie tolerante e altamente adaptada à acidez do solo, portanto, esses valores são adequados para a gramínea da pastagem (Lima; Maria, 2020). Quando o pH está entre 4 e 5, há presença de alumínio trocável, no entanto, quando o pH atinge cerca de 5,2 a 5,3, esse alumínio se torna quase totalmente insolúvel, não prejudicando mais as raízes (Sobral *et al.*, 2015).

Tabela 11 – Parâmetros de acidez do solo na profundidade de 0-30 cm do município de Serrolândia, Bahia, 2023

Uso do solo	Al		H+Al		pHH ₂ O		m%	
	.....cmol c/dm ³							
	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe
Pastagem	0,4 ± 0,04	Ba	3,0±0,46	M	5,2 ±0,07	Ba	24,5±3,46	Ba
Agricultura	0,5 ±0,05	Ba	3,0±0,25	M	5,0 ±0,06	Ba	32,1±3,40	M
Caatinga	0,6±0,05	M	3,8±0,34	M	4,9 ±0,06	Ba	34,89±3,33	M

Classificação: M = médio; Ba = baixo MBa = muito baixo B = bom; MB muito bom de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Na agricultura, a média do pH é 5,0, indicando uma acidez elevada (Tabela 11). A mandioca produz bem em solos ácidos, sendo pouco afetada por essa condição. É recomendado que a sua produção seja feita em solos com pH entre 5 e 6, portanto, está na faixa ideal para esse cultivo, segundo Lorenzi *et al.* (2002) e Souza, Silva e Souza (2009).

Os valores de pH mais elevados nas unidades de pastagem e agricultura, em comparação com os valores encontrados na Caatinga, podem estar associados à queima nos agrossistemas, conforme relatado pelos agricultores e proprietários das unidades amostradas. O uso do fogo na limpeza resulta no aumento do pH do solo, divergindo do caráter natural de pH encontrado nos Latossolos da mata nativa. Portanto, as queimadas promovem a redução da acidez do solo, das substâncias húmicas e da CTC, como também leva à diminuição dos teores de matéria orgânica e do H⁺ do solo, conforme observado por Ebeling *et al.* (2008).

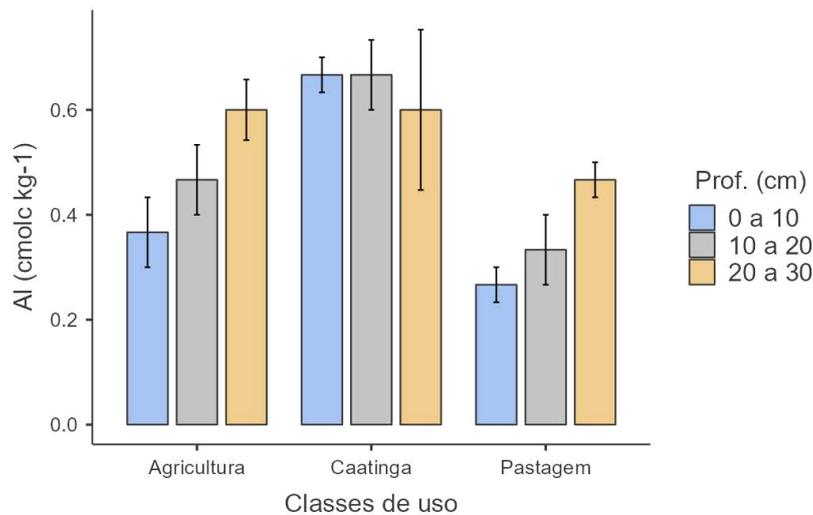
Na Caatinga, a média do pH é 4,9, que está abaixo de 5,0, indicando uma acidez elevada. Em solos sob vegetação nativa a decomposição da matéria orgânica pode acidificar o solo, como explicam Pavinato e Rosolem (2008). Isso se deve ao fato de que a mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de íons H⁺. Esta liberação de íons H⁺ aumenta a acidez do solo. Conforme os autores, ao incorporar os restos vegetais no solo, ocorre o aumento do pH antes do processo de humificação. Isso se dá porque esses resíduos facilitam a formação de complexos com H e Al, liberando mais Ca, Mg e K na solução do solo, podendo resultar em um aumento na saturação na CTC por esses cátions básicos.

A relação entre o aumento dos teores de matéria orgânica que resulta na redução dos valores de pH também foi observada por Ebeling *et al.* (2008). Os solos

ricos em matéria orgânica, argila e alumínio contém acidez mais elevada e maior tamponamento do pH, devido à presença desses elementos (Veloso *et al.*, 2007).

O alumínio trocável é uma medida da acidez do solo e pode afetar a produtividade das culturas (Brauner; Catani; Bittencourt, 1966). Analisando os dados, observa-se que a média de Al é maior na Caatinga ($0,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), seguida pela agricultura ($0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e pastagem ($0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Tabela 11). Os teores de Al são classificados como baixos para a pastagem e agricultura ($0,21 - 0,50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e médio na Caatinga ($0,51 - 1,00 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). O solo sob Caatinga apresentou concentrações mais elevadas de Al trocável em todas as profundidades, com valores máximos de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, nas profundidades de 10 a 30 cm. Na agricultura e na pastagem houve nítido acréscimo dos teores de Al com a profundidade (Figura 35).

Figura 35 – Distribuição dos teores de Al no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: Campos (2023).

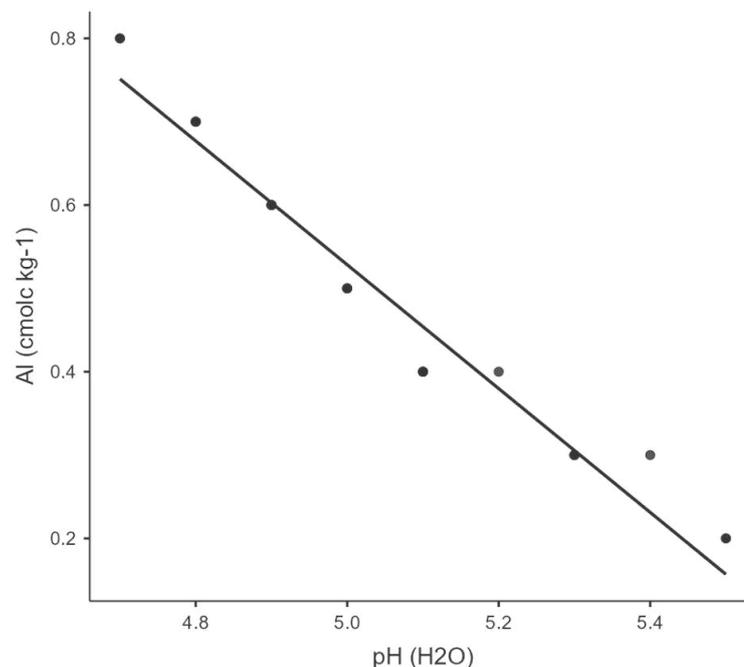
Os solos sob florestas tendem a ser mais ácidos em relação aos ocupados por pastagem devido a diferença na quantidade de Ca e Mg removidos do solo no processo de absorção, como também a decomposição da matéria orgânica aumenta a acidez devido a liberação do amônio que sofre nitrificação (Malavolta, 1999). Esse comportamento explica os valores mais elevados de Al trocável observado na Caatinga (Figura 35), que registrou teores mais elevados de MO. Conforme Novak *et al.* (2021), a acidez do solo pode aumentar quando cátions básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} ,

K^+ e Na^+ são perdidos por lixiviação ou adsorção, e cátions ácidos como Al^{3+} e H^+ se acumulam.

Na área de estudo predominam os Latossolos Amarelos distróficos, que são caracterizados por baixa fertilidade e alta saturação por alumínio. Esses solos apresentam boa retenção de umidade e boa permeabilidade, mas a acidez e a presença de alumínio podem limitar o crescimento das plantas (EMBRAPA, 2021).

A presença de alumínio trocável está relacionada com o pH do solo. Neste estudo, os valores de pH variaram de 4,7 a 5,5 (Tabela 8) e apresentaram correlação forte negativa ($r = -0,98$), significativo a $p < 0,001$, com os teores de Al (Figura 36). A concentração de Al trocável no solo aumenta com a acidez do solo e, de acordo com Malavolta (1999), o $pH = 5,67$ corresponde ao valor mínimo de pH em que não se encontra Al trocável no solo. A presença de Al no solo, em concentração superior a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ pode inibir o crescimento radicular e interferir no processo de mineralização da matéria orgânica e na disponibilidade de alguns nutrientes, comprometendo a produtividade para as culturas mais sensíveis. A aplicação de calcário no solo neutraliza a acidez e torna o alumínio inofensivo para as plantas (Sobral *et al.*, 2015).

Figura 36 – Correlação linear entre os teores de Al trocável e o pH H_2O do solo, na profundidade de 0 a 30 cm, Serrolândia, Bahia, 2023

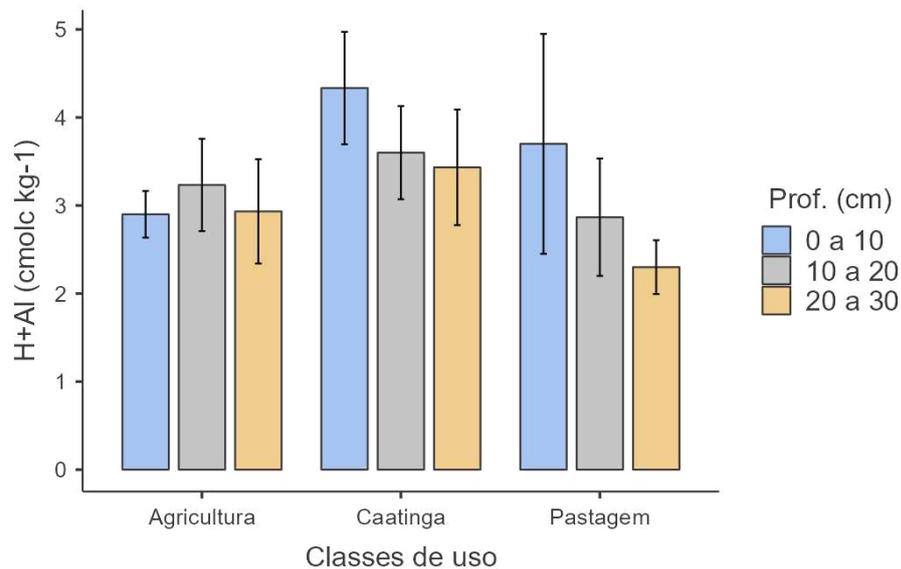


Fonte: Campos (2023).

Convém ressaltar também que os agricultores praticam queimadas para limpeza das áreas de cultivo, e conforme Rheinheimer *et al.* (2003), a redução do alumínio nos agrossistemas ocorre em função da queima nessas áreas, que resulta em um aumento nos níveis de K, Ca e Mg e nos valores de pH, enquanto diminuiu os níveis de Al. Dessa forma, a correção da acidez do solo, através da calagem é essencial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No entanto, a quantidade de calcário necessária depende de vários fatores, incluindo o tipo de cultura e as condições específicas do solo (Cravo; Smyth; Brasil, 2012).

A acidez potencial ou acidez total é constituída pelo hidrogênio + alumínio (H+Al), caracterizada pela acidez trocável e não trocável. Neste estudo, os teores de (H + Al) foram classificados na classe média (2,51 a 5,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) para todos os usos (Tabela 11). Concentrações mais elevadas, 5,50 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ foram observadas no ecossistema Caatinga, na profundidade de 0 a 10 cm. Ao contrário do observado na distribuição dos teores de Al em profundidade, a concentração de (H + Al) decresceu com a profundidade (Figura 37).

Figura 37 – Distribuição dos teores de H + Al no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023

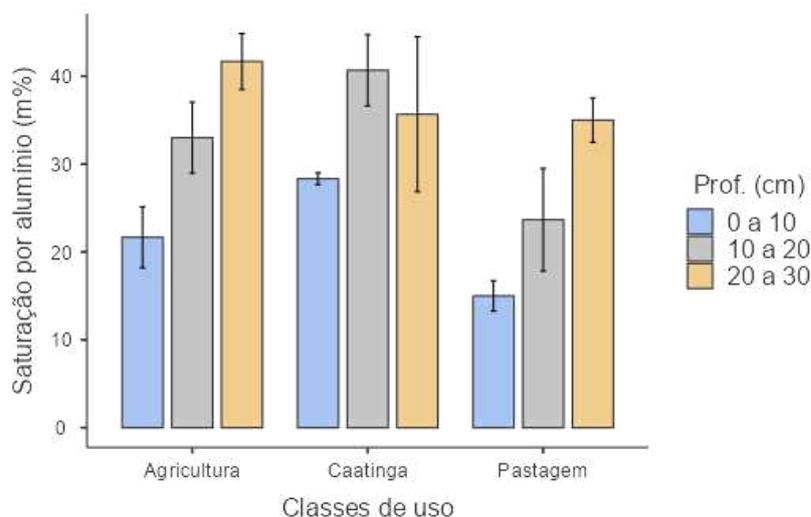


Fonte: Campos (2023).

A quantidade de alumínio em um solo é interpretada com base na CTC do solo, e a sua toxicidade é medida a partir dos valores de saturação por alumínio (m%) (Ronquim, 2020). As médias dos valores de m% nos solos foram classificadas como baixa para a agricultura e média para a pastagem e Caatinga (Tabela 11). Valores de

m% > 20% pode ser tóxico para as plantas mais sensíveis, enquanto a maioria das espécies apresenta toxidez para valores de m% > 40% (Malavolta, 1999). A distribuição dos valores de m% por profundidade evidencia valores superiores a 40% na profundidade de 20 a 30 cm nos solos cultivados e nas profundidades de 10 a 30 cm na Caatinga (Figura 38).

Figura 38 – Distribuição dos valores de m% no solo, por classe de uso e profundidade, Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: Campos (2023).

Os Latossolos são solos em estágio avançado de intemperismo, com argilas de baixa atividade, elevados teores de óxidos de Fe e de Al, alta capacidade de adsorção de fosfatos ácidos e baixa disponibilidade de nutrientes. Portanto, a condição natural dos solos nas regiões tropicais, como a Caatinga, é de serem ácidos e bastante intemperizados (EMBRAPA, 2013).

Soma de bases (SB), Capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe), Capacidade de troca catiônica total (CTCtotal) e Saturação por bases (V%)

A soma de bases (SB) é uma medida importante da fertilidade do solo, representando a quantidade de cátions básicos (Ca + Mg + K + Na) permutáveis, com exceção de (H⁺ e Al³⁺), que o solo pode fornecer às plantas (Veloso *et al.*, 2007; Ronquim, 2020). Em função da baixa concentração de Ca, Mg, K e Na, os valores de soma de bases foram classificados como baixo para todas as classes de usos (Tabela 12).

Os Latossolos distróficos normalmente possuem valores de SB que variam entre 0,3 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e 3,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ na camada superficial, em ambiente de semiárido (Cunha *et al.*, 2010). No estudo conduzido por Souza *et al.* (2022) foram observados valores para a soma de bases (SB) no semiárido um pouco superiores, mas que se assemelham com o presente estudo. Na camada de 0-10 cm, o valor encontrado foi de 3,34 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, classificado como médio, na camada de 0-45 cm o valor foi de 0,91 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, considerado baixo.

Batista *et al.* (2018) avaliando a fertilidade de dois Latossolos na região de Maringá, PR, encontraram valores de SB de 1,91 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, para solos de textura média. Considerando que a formação do Latossolo ocorre a partir da remoção de bases do perfil do solo, esta característica é ainda mais acentuada em relevos planos, onde os Latossolos são comumente encontrados. O resultado obtido se aproxima dos valores observados neste estudo (Tabela 12).

Tabela 12 – Valores de soma de base, capacidade de troca de cátions e saturação por bases na profundidade de 0-30 cm no município de Serrolândia, Bahia, 2023

Uso do solo	Soma de bases (SB)		CTC efetiva		CTC total		Saturação por bases (V)	
	.....$\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.....		.....$\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.....		.....$\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$%.....	
	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe	Média	Classe
Pastagem	1,2 \pm 0,1	Ba	1,4 \pm 0,17	Ba	4,2 \pm 0,54	Ba	29,3 \pm 2,2	Ba
Agricultura	1,0 \pm 0,1	Ba	1,3 \pm 0,17	Ba	4,1 \pm 0,26	Ba	25,8 \pm 2,13	Ba
Caatinga	1,2 \pm 0,1	Ba	1,9 \pm 0,11	Ba	5,0 \pm 0,4	M	24,9 \pm 1,68	Ba

Classificação: M = médio; Ba = baixo MBa = muito baixo B = bom; MB muito bom de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

A CTC total é considerada a partir da soma dos cátions permutáveis do solo ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), enquanto a CTC efetiva não inclui o íon H^+ . Os valores de CTC efetiva e total foram classificados como baixo nos solos sob pastagem e agricultura. Nessas condições, a incorporação de matéria orgânica contribui para elevar a CTC do solo por disponibilizar cargas elétricas negativas, principalmente em solos intemperizados e de textura arenosa. Na Caatinga, a média da CTC efetiva é 1,9 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, que é a mais alta entre os três usos, mas ainda dentro do intervalo de baixa CTC, porém o solo da Caatinga tem uma maior capacidade de retenção de nutrientes em comparação com a pastagem e a agricultura. Neste ecossistema, a média da CTC total é de 5,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, sendo esta classificada como média (4,31 -

8,60 cmol_c kg⁻¹). Esse comportamento é explicado devido ao maior aporte de matéria orgânica (Tabela 12).

Os solos intemperizados possuem baixo teor de argila, principalmente constituídos por caulinita, argila do tipo 1:1 de baixa atividade. Essa baixa CTC é explicada pelos teores reduzidos de argila, que variam de 150 g kg⁻¹ a 200 g kg⁻¹ e apresentando valor médio de 170 g kg⁻¹ (Tabela 9), razão pela qual foi classificado como textura arenosa, justificando a baixa CTC.

É importante destacar o quanto a matéria orgânica contribui para aumentar a capacidade de troca de cátions. Além disso, a matéria orgânica contribui para o fornecimento de nitrogênio, enxofre e fósforo para as espécies vegetais (Ronquim, 2020). Outro fator agravante é a acidez desses solos, que contribui para a baixa CTC efetiva. Portanto, é um solo que, para ser cultivado, precisa de um manejo adequado, com correção acidez, elevando a saturação por base.

A caulinita e os óxidos de ferro e alumínio, componentes dos solos tropicais, têm uma contribuição limitada para a capacidade de troca de cátions (CTC). No entanto, a matéria orgânica pode representar mais de 80% da CTC total. As cargas negativas da matéria orgânica, que vêm da dissociação de íons H⁺ de radicais carboxílicos e fenólicos, só são efetivas em altos valores de pH, quando os íons H⁺ podem ser neutralizados por hidroxilas (Ronquim, 2020).

Na pastagem, na agricultura e na Caatinga a média de saturação por bases é de 29,3%, 25,8% e 24,9%, respectivamente, enquadradas na faixa de 20,1% - 40%, considerada baixa pela CFSEMG (1999) (Tabela 12). Isso indica que o solo utilizado para a agricultura e pastagem apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, são distróficos. A prática de calagem para a correção da acidez do solo também contribui para elevação da saturação por bases, pelo incremento dos teores de Ca e Mg (Tabela 12).

As condições naturais do solo e seus processos são determinadas pelas bases (Ca, Mg, K e Na) e complexo sortivo (SB e CTC). A presença de MO na superfície do solo contribui para o ciclo do carbono e a disponibilidade de bases. A pouca intervenção antrópica e a decomposição gradual da matéria orgânica promovem a preservação da qualidade dos solos e a manutenção dos ciclos biogeoquímicos em áreas florestadas (Novak *et al.*, 2021).

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

A qualidade do solo pode ser avaliada pelos níveis de matéria orgânica, que também servem como um medidor do armazenamento de carbono nesses solos (Lobo *et al.*, 2019). A média dos teores de carbono orgânico e matéria orgânica no solo para as classes de uso avaliadas, considerando a profundidade de 0 a 30 cm, estão apresentadas na tabela 13.

Tabela 13 – Média e erro padrão dos teores de carbono orgânico e matéria orgânica na profundidade de 0 a 30 cm no município de Serrolândia, Bahia, 2023

Uso do solo	Carbono orgânico		Matéria Orgânica	
	.....g kg ⁻¹			
	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 e matéria orgânica no solo 9,1 g kg⁻¹ e 15,7 g kg⁻¹, respectivamente, seguida pela pastagem e agricultura (Tabela 13). Valores inferiores aos observados neste estudo foram encontrados por Sacramento *et al.* (2018) em solos de textura arenosa, sob Caatinga, com aporte de C org variando de 1,6 a 3,5 g kg⁻¹. Entretanto, Rezende *et al.* (2021) registraram uma média de 14,39 g kg⁻¹ de C org na profundidade de 0 a 10 cm na área de Caatinga preservada em solo de textura arenosa e uma média de 4,77 g kg⁻¹ em área de cultivo de mandioca. Esses valores observados são um pouco superiores aos encontrados neste estudo. Essa variação demonstra a heterogeneidade no aporte de C org nos solos do semiárido, os quais sustentam uma grande diversidade de fitofisionomias e condições particulares.

Nas classes de pastagem e agricultura, a concentração de carbono orgânico é semelhante, com 4,8 e 4,5 g kg⁻¹, respectivamente. No entanto, a pastagem tende a ter uma concentração ligeiramente maior na profundidade de 10 a 30 cm (Tabela 15). As áreas de agricultura sofrem mais redução de C org no solo em função do revolvimento e exposição solar em maior intensidade em relação à pastagem (Silva *et al.*, 2010; Gessesse *et al.*, 2020; Srinivasarao *et al.*, 2021; Santana *et al.*, 2022). A

mesma constatação foi feita por Rezende *et al.* (2021), em plantio de mandioca, com preparação do terreno através de aração animal sem neutralização de acidez, sem fertilização e capina manual no terreno. As áreas de plantio de mandioca reduzem os níveis de carbono orgânico no solo pelo revolvimento do terreno e remoção de detritos florestais quando comparado à vegetação nativa conservada, onde 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 14). Os teores de carbono orgânico e, conseqüentemente da matéria orgânica foram mais elevados em todas as profundidades no ecossistema da Caatinga. Na Caatinga, os maiores valores de C org e MO se deve ao maior aporte de nutrientes, que favorece a deposição do material vegetal. O estado de degradação das pastagens explica os baixos teores de C org e MO.

Tabela 14 – Modelo da regressão “glm” (general linear model) na profundidade de 0 a 30 cm das amostras de solo em Serrolândia, Bahia, 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

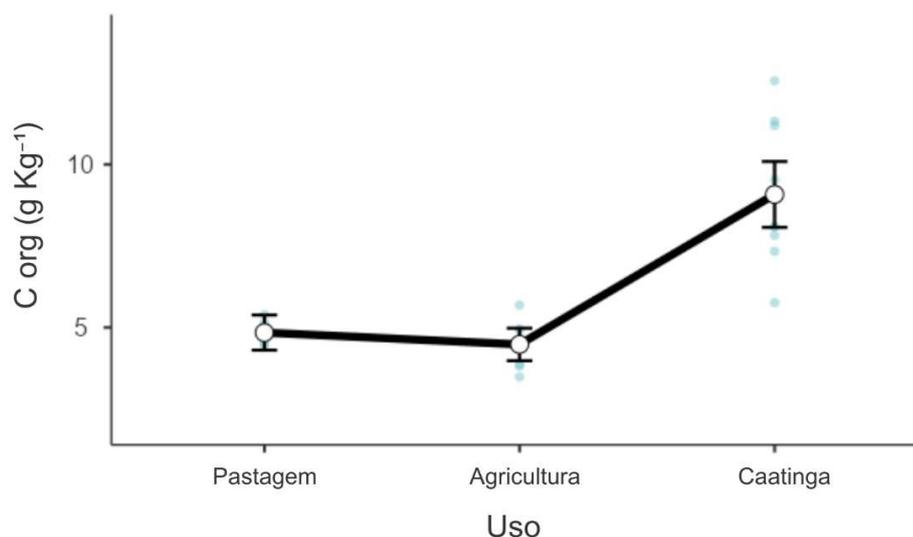
Past=pastagem; Agri=agricultura; Caat=Caatinga; Inter=intercepto.

A diferença entre o valor de carbono da Caatinga e o da pastagem é de 4,2 g kg⁻¹ de carbono. A diferença entre a Caatinga e a agricultura é de 4,6 g kg⁻¹ de carbono orgânico. Portanto, ao alterar o uso da Caatinga para implantar pastagem e agricultura, perde-se 4,2 e 4,6 g de C org por kg de solo, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os teores de carbono orgânico na agricultura e na pastagem (Figura 39).

Apesar da vegetação nativa apresentar teores mais altos de C org em relação a pastagem e agricultura, é importante frisar que nas áreas semiáridas, os solos possuem baixos teores de matéria orgânica. Isso ocorre devido à quantidade reduzida de serapilheira depositada no solo, e das condições climáticas dessa região, pois as altas temperaturas também contribuem para a rápida decomposição da matéria orgânica do solo (Bastos *et al.*, 2012; Giongo; Angelotti, 2022). Razão pela qual, os

teores de C org e MO foram classificados como baixo para todas as classes de uso (Tabela 13).

Figura 39 – Média dos teores de C org e intervalo de confiança (95%) das amostras de solo. Serrolândia, Bahia



Fonte: Campos (2023).

Os teores de C org e 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 15, Figura 40). Se, a essa profundidade, o teor de C org e MO fosse semelhante ao encontrado na pastagem e na agricultura, não se poderia atribuir essa característica ao efeito da cobertura do solo. É importante ressaltar que o sistema radicular de cada espécie é fundamental nessa relação. De acordo com Giongo *et al.* (2021), a presença MO do solo em profundidades mais elevadas pode ser atribuída à decomposição de resíduos orgânicos, tais como detritos vegetais e animais, juntamente com a atividade biológica do solo. Portanto, as raízes das plantas têm a capacidade de infiltrar-se em estratos mais profundos do solo, contribuindo para a acumulação de MOS à medida que se decompõem.

Os dados indicam que a distribuição de C org e MO no solo de Caatinga varia com a profundidade, sendo mais concentrado na superfície devido a 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⁻¹ (Tabela 15). Esses resultados estão de acordo com os observados por Dias *et al.* (2019) e Ferreira *et al.* (2004).

Tabela 15 – Distribuição de carbono orgânico e matéria orgânica no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, no município de Serrolândia, Bahia, 2023

Uso do solo	Profundidade (cm)	C org	MO	Ds	Est C
		.....g kg ⁻¹.....	.....g cm ³....	...Mg ha ⁻¹ ...	
		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.

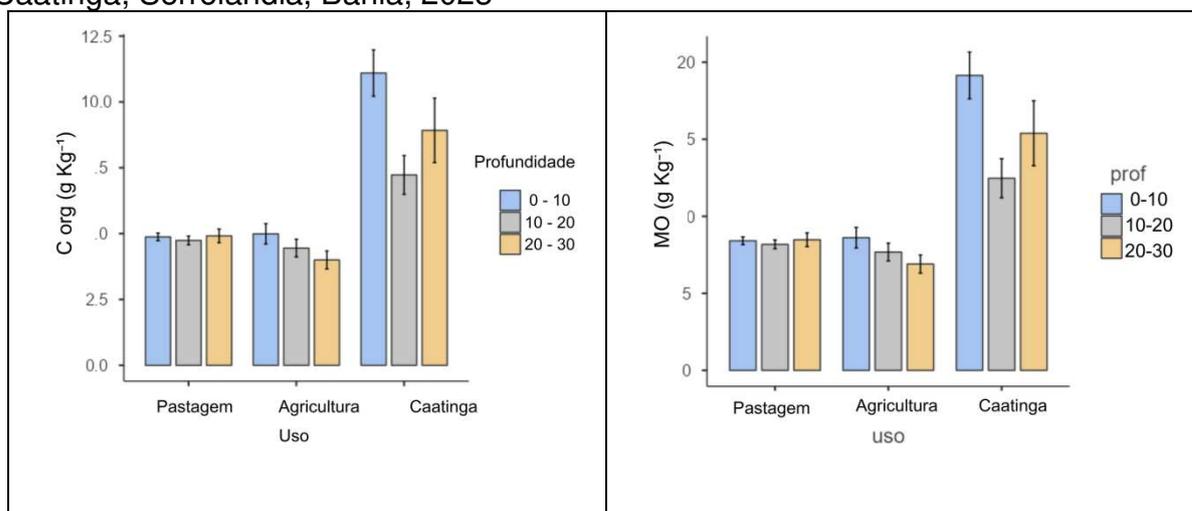
Os teores de MO na camada superficial (0 a 10 cm) apresentaram média de 8,4 g kg⁻¹ na pastagem, 8,6 g kg⁻¹ na agricultura e 19,1 g kg⁻¹ no ecossistema da Caatinga (Tabela 15). Na profundidade de 10 a 20 cm, a média para a mesma classe diminui. Portanto, a quantidade de C org e MO diminui à medida que a profundidade aumenta, conforme observado por Gatto *et al.* (2010).

A intervenção antrópica e o uso de instrumentos 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, conseqüentemente, diminuir as taxas de mineralização. No entanto, essas condições também podem limitar a quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo. Portanto, 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 (Janzen *et al.*, 1992; Lepsch, 2002; Ebeling *et al.*, 2008; Brandani; Santos, 2016).

Quando o solo é cultivado ocorre uma diminuição considerável no aporte de matéria orgânica (Figura 40), o que conseqüentemente reduz os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) (Ronquim, 2020). Dessa maneira, a redução desses valores pode ser explicada a partir do uso contínuo de práticas agrícolas, como revolvimento do solo, podendo levar à degradação da matéria orgânica e destruição da bioestrutura do solo, reduzindo assim o 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. Estes equipamentos intensificam a redução dos teores de matéria orgânica e perda de nutrientes, pois o ciclo de nutrientes é interrompido, como afirmado por Bayer *et al.* (1999).

Figura 40 – Concentração de C org (g kg^{-1}) e MO org (g Kg^{-1}) nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, em condição de uso agrícola, pastagem e Caatinga, Serrolândia, Bahia, 2023



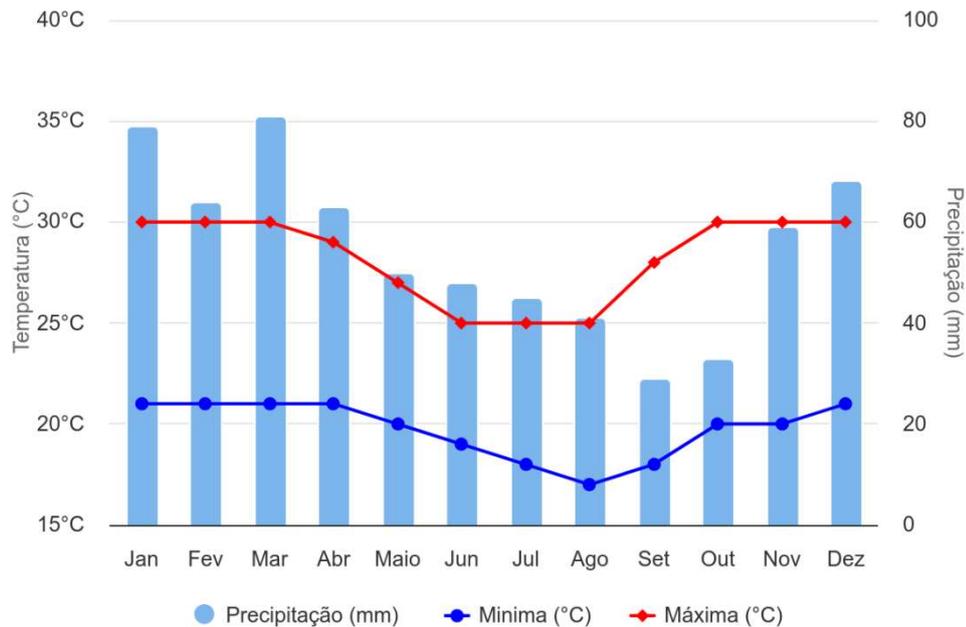
Fonte: Campos (2023).

Outro fator importante a se considerar é a prática da queimada de resíduos agrícolas, afetando o ciclo de nutrientes (Holanda *et al.*, 2017). Este comportamento foi observado por Santos (2018) em um Latossolo Amarelo Distrófico no bioma de Caatinga, porém com valores bem reduzidos em relação aos observados neste trabalho. Na profundidade de 0 a 10 cm, os valores de MO encontrados pelo autor foram de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ para agricultura, $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ para vegetação nativa e $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ para pastagem. O presente estudo revelou valores mais elevados de MO na vegetação nativa (Figura 40), enquanto o estudo de Santos (2018) identificou maiores concentrações de MO na pastagem. No entanto, é importante destacar que as pastagens analisadas na área de estudo estavam em condições degradadas.

Um dos fatores que afeta a concentração de C org no solo são as condições climáticas. No município de Serrolândia, a estação chuvosa se estende de dezembro até abril (precipitação $> 60 \text{ mm}$), e os meses secos de maio até novembro (precipitação $\leq 60 \text{ mm}$), sendo os meses de setembro e outubro os meses mais secos

do ano, com uma média de 29 e 33 mm em 30 anos e incidência de altas temperaturas, com máximas de 28 e 30 graus Celsius (Figura 41).

Figura 41 – Comportamento médio da precipitação e temperatura em 30 anos em Serrolândia, Bahia



Fonte: Climatempo (2024), adaptado pela autora.

Como as coletas foram efetuadas no período seco (setembro e outubro), os valores de C_{org} e MO podem alterar em função da variação sazonal. Isto 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, conforme foi observado por Mendes *et al.* (2020). Isso evidencia que a reserva de carbono está associada à disponibilidade de água no solo e a sazonalidade.

Em decorrência das questões climáticas particulares à Caatinga, a decomposição da matéria orgânica pode ser alta nos meses chuvosos nos ambientes florestais, o que resultaria em uma perda maior de C e com tempos de recuperação muito longos. Em concordância com a afirmação do aporte teórico, Mendes *et al.* (2020) confirmam que a ação microbiana e a decomposição da matéria orgânica se intensificam no período de chuvas do semiárido, amplificando as flutuações diárias na respiração do ecossistema, já que engloba respiração autotrófica e heterotrófica.

Apesar das condições 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 de 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 cerca de 2,20 Pg (Giongo; Angelotti, 2022). Portanto, esses dados podem indicar que a Caatinga desempenha um papel importante no sequestro de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

O estoque de C do solo foi avaliado a partir da profundidade padrão de 0 a 30 cm, conforme sugere o IPCC em seu regulamento (IPCC, 2019). Os ganhos e perdas de C nos sistemas agrícolas locais também impactam as dinâmicas globais (Santana *et al.*, 2022), portanto, é importante avaliar os processos nos diferentes usos da terra para compreender como o homem está intervindo nos ecossistemas naturais, principalmente ambientes sensíveis como os semiáridos. A avaliação do estoque de C no solo é importante porque a maior concentração de C está armazenada na matéria orgânica do solo (Menezes *et al.*, 2021).

Na profundidade de 0 a 30 cm a Caatinga apresentou maior estoque total de carbono, com 40,86 Mg ha⁻¹, seguida pela pastagem, com 22,34 Mg ha⁻¹, e agricultura, com 20,71 Mg ha⁻¹ (Tabela 15). Em determinações de estoque de C também desenvolvidos no semiárido, foram encontrados valores inferiores ao desse estudo, mas apontando a 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⁻¹ na Caatinga densa, o que seria de 21,6 Mg ha⁻¹ em 30 cm. A partir da substituição da Caatinga pela agricultura e pastagem, os estoques foram reduzidos para 59 Mg ha⁻¹ e 68 Mg ha⁻¹, respectivamente. Valores inferiores foram observados em Macedo *et al.* (2023), onde o estoque de C na camada de 0 a 20 cm em Caatinga densa foi de 19,2 Mg ha⁻¹. Nos resultados deste presente estudo foram observados valores superiores. A Caatinga apresentou um estoque de 27,40 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm (Tabela 15), o que é similar ao valor encontrado por Araújo Filho *et al.* (2018) (27,57 Mg ha⁻¹) para as áreas da floresta de Caatinga com corte recente para a mesma profundidade (0 a 20 cm).

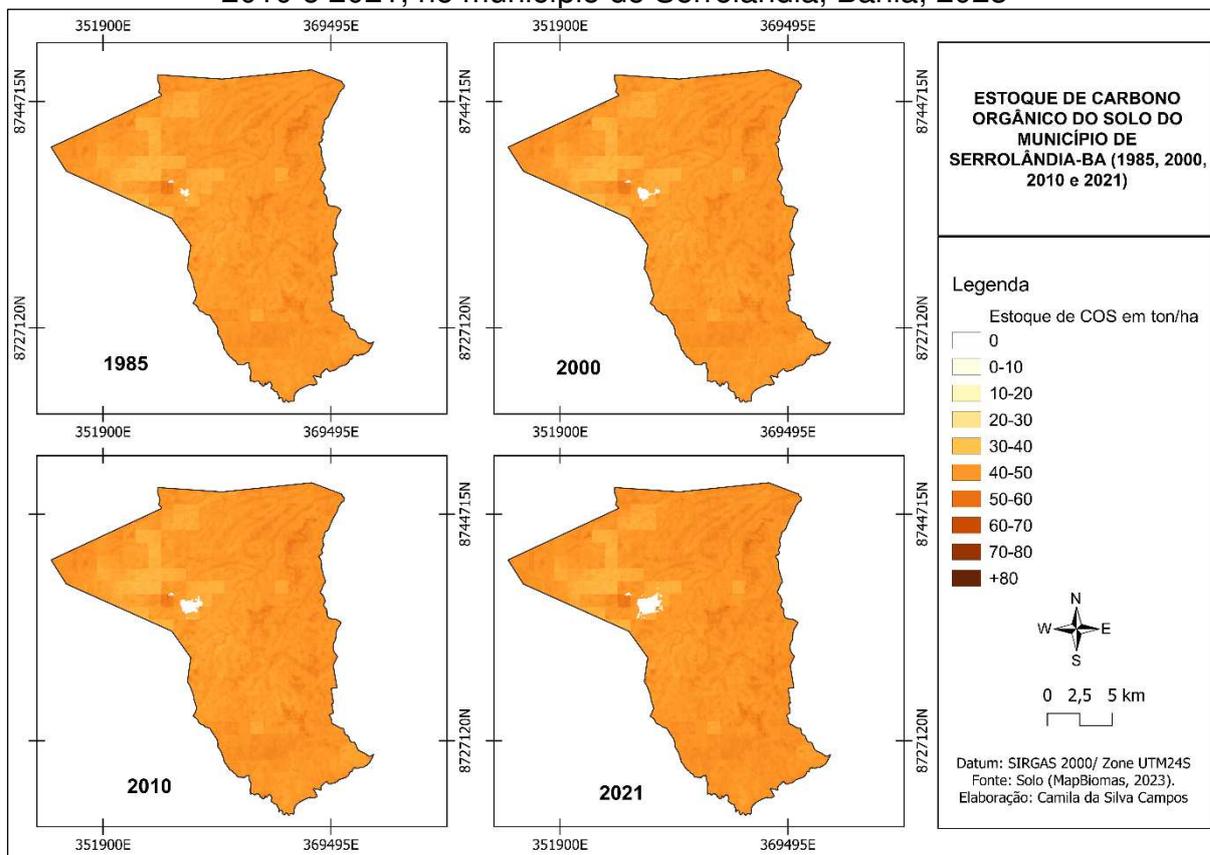
A partir dos dados da tabela 15, a substituição da Caatinga por pastagens e lavouras causaram perdas de aproximadamente 45,32% e 49,32% dos estoques de C do ecossistema, respectivamente, o que equivale a uma perda de 18,52 Mg ha⁻¹ de

C quando a Caatinga é substituída por pastagens e 20,15 Mg ha⁻¹ de C quando a Caatinga é substituída por lavouras. Estes valores são próximos aos encontrados por Menezes *et al.* (2021) e Fracetto *et al.* (2012), ao relatarem que a conversão de Caatinga densa em agricultura e pastagens resultou numa perda de mais de 50% dos estoques de C.

Silva *et al.* (2021) encontraram valores de estoque de C mais altos para a pastagem com *Brachiaria decumbens*, justificados 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, os valores foram menores. Para essas condições, Yu, Sun e Huang (2021) recomendam o pousio como estratégia para aumentar os estoques de C no solo em pastagens degradadas, após observarem um aumento médio de 10,4% na camada superficial (0 a 10 cm) em comparação às áreas de pastejo livre no semiárido da Mongólia.

De acordo com o mapeamento realizado pelo MapBiomass, o município de Serrolândia armazena aproximadamente 1,3 Mt COS e esse número se mantém desde 1985 a 2021, sem modificações significativas (Figura 42). De maneira geral, para o ano de 1985, 94,65% do município revela um estoque de C org no solo de 40 até 50 t ha⁻¹, 3,24% do município apresenta um estoque de 50 até 60 t ha⁻¹ e 2,11% apresenta um estoque de 30 até 40 t ha⁻¹. Para o ano de 2021, observa-se um pequeno aumento de estoque nas áreas que armazenam de 50 até 60 t ha⁻¹. Desta vez, o estoque de 40 até 50 t ha⁻¹ compreende 92,87% do município, com um pequeno acréscimo para áreas de estoque de 50 até 60 t ha⁻¹, englobando 5,36% do município. As áreas que armazenam de 30 a 40 t ha⁻¹ representam apenas 1,77% da área municipal.

Figura 42 – Estoque de carbono orgânico do solo, para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2021, no município de Serrolândia, Bahia, 2023



Fonte: MapBiomias (2023).

Apesar da pouca diferença entre os dados espaciais para os anos apresentados, o mapa do ano de 2010 apresenta uma redução das áreas de 50 a 60 $t\ ha^{-1}$ em relação aos demais, demonstrando a correlação com o mapeamento de uso e cobertura da terra e a redução de áreas vegetadas.

Por se tratar de um produto de coleção beta, ou seja, em fase experimental, algumas inconsistências foram apresentadas durante o desenvolvimento da modelagem, perdurando nas etapas finais dos procedimentos metodológicos.

Com base nos dados apresentados sobre a evolução do estoque de carbono orgânico do solo do município de Serrolândia, Bahia, podemos observar que não apresentam grandes tendências e mudanças em relação aos principais usos da terra ao longo dos anos. A classe que apresentou maior capacidade de estoque de C org foi a Formação Campestre (Tabela 16).

Tabela 16 – Estoque de C org no solo do município de Serrolândia, Bahia, 1985, 2000, 2010, 2021

Classes	1985		2000		2010		2021	
	Área (ha)	t ha	Área (ha)	t ha	Área (ha)	t ha	Área (ha)	t ha
Pastagem	15.050,90	40,46	25.470,96	40,03	27.701,51	40,07	24.499,42	40,93
Formação Savânica	12.678,85	39,43	4.579,48	39,74	3.524,07	40,01	5.981,20	40,29
Mosaico de Agricultura e Pastagem	3.194,50	40,06	1.545,41	40,11	465,29	39,97	1.069,36	40,21
Formação Florestal	691,82	40,18	175,62	41,73	79,79	42,48	181,58	42,02
Formação Campestre	478,83	41,14	180,45	42,00	224,46	41,43	201,75	42,32
Área Urbanizada	27,53	0	85,83	0	137,82	0	217,08	0
Rio, Lago e Oceano	74,34	45,69	144,46	43,77	48,39	46,06	24,46	46,29
Outras Áreas não Vegetadas	5,43	39,04	19,99	39,36	15,61	39,07	17,71	39,80
Outras Lavouras Temporárias	-	-	-	-	5,26	40,87	9,64	41,07
Total	32.202,20		32.202,20		32.202,20		32.202,20	

Fonte: MapBiomias (2023).

Considerando os valores de estoques de carbono coletados em campo e os dados estimados pelo MapBiomias em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$), para a Formação Savânica no ano de 2021, correspondentes a $40,86\ t\ ha^{-1}$ e $40,29\ t\ ha^{-1}$, pode-se observar que são próximos. Entretanto, para a classe de pastagem, os dados do MapBiomias estão superestimados, uma vez que as inferências *in loco* apontaram $22,34\ t\ ha^{-1}$, enquanto as estimativas do MapBiomias indicam $40,93\ t\ ha^{-1}$, ou seja, quase o dobro do valor encontrado em campo no município de Serrolândia

Na estimativa obtida pelo MapBiomias, o valor da pastagem para o ano de 2021 é praticamente o mesmo do ano de 1985 ($40,86\ t\ ha^{-1}$), sugerindo que a capacidade de estoque se manteve. Na estimativa, o valor encontrado é quase o dobro do valor obtido em campo.

Considerando o desvio padrão dos dados obtidos em campo, observa-se que os valores de C são consistentemente baixos, indicando que nas três repetições os valores encontrados eram precisos. É importante destacar que a condição no momento da amostragem era de pastagem degradada, enquanto que os dados coletados de pastagem para a estimativa podem ser de melhores condições ambientais, pois pastagens degradadas tendem a ter menor teor de carbono no solo, enquanto pastagens produtivas podem se assemelhar à vegetação nativa (Oliveira *et al.*, 2015).

Assim, os dados do MapBiomass para pastagem no município de Serrolândia parecem estar superestimados, pois colocam a pastagem no mesmo nível de Formação Florestal. Este comportamento pode ser observado na Figura 9, onde o tom de amarelo predomina na faixa entre 30 e 50 t ha⁻¹, refletindo que o município tem a maior área dominada por pastagens, como se considerasse que o estoque de carbono da pastagem fosse nesse intervalo.

Para a agricultura, consideram-se os valores do Mosaico de Agricultura e Pastagem, bem como Outras Lavouras Temporárias, obtendo-se um valor médio de 40,14 t ha⁻¹, significativamente superior ao valor encontrado *in loco*, que foi de 20,71 t ha⁻¹. Logo, os dados estimados na plataforma do MapBiomass parecem estar mais ajustados para a condição da Caatinga, representada pela classe Formação Savânica. Isto porque, foram observadas discrepâncias entre os dados obtidos em campo e as estimativas do MapBiomass, especialmente para a pastagem, destacando a necessidade de ajustes nas metodologias de estimativa para refletir com maior precisão as condições locais de estoques de carbono.

Valores de estoque de C org estimados para o município de Serrolândia mais próximos aos valores encontrados em campo, na condição de pastagem e agricultura, foram observados pela Embrapa (2024) correspondendo a 36,32 t ha⁻¹ e 31,20 t ha⁻¹, respectivamente.

Considerando a área ocupada por cada classe de uso e os valores de estoque de C org obtidos neste estudo foi possível calcular o total de carbono estocado no solo, no município de Serrolândia, até a profundidade de 30 cm, correspondentes a 547.317,04 t para a pastagem, 22.346,09 t para a agricultura e 244.391,83 t para a Caatinga, resultando no equivalente de 0,8 Mt de C org total no solo. A pastagem apresenta um aporte maior de C devido à sua extensa área. No entanto, se essa área tivesse sido preservada, a Caatinga teria contribuído com o dobro de estoque de C atualmente observado.

As perdas de estoque de carbono resultam em emissões de CO₂. Para converter o estoque de carbono do solo em CO₂ se multiplica o estoque de C por 3,67, fator obtido pela razão entre a massa molecular do CO₂ (44) e a massa atômica do C (12), conforme a Embrapa (2007) e o IPCC (2006). Logo, 1 t de C do solo corresponde a 3,67 t de CO₂ capturadas da atmosfera. A fórmula usada é CO₂ = EC x 3,67, onde CO₂ é o dióxido de carbono em t ha⁻¹ e EC é o estoque de carbono em t ha⁻¹. Assim, a cada t de C acumulado no solo, 3,67 t de CO₂ deixam de ser liberados na atmosfera.

Consequentemente, a perda de 1 Mg ha⁻¹ de C resulta na emissão de 3,67 Mg de CO₂ por hectare (Okolo *et al.*, 2023; Guerrini *et al.*, 2024; Habte; Beyene; Smith, 2024).

A conversão de Caatinga em pastagem resultou na emissão de 67,97 t ha⁻¹ de CO₂ para a atmosfera, enquanto que a conversão da Caatinga para agricultura emitiu 73,95 t ha⁻¹ de CO₂ para a atmosfera. Portanto, a emissão total da conversão de mata nativa para os agrossistemas foi de 141,92 t de CO₂ por hectare, contribuindo para as alterações climáticas. O estoque original de carbono se transformou em CO₂ devido ao revolvimento do solo com práticas de manejo inadequadas, acelerando a decomposição da matéria orgânica (Lourenço *et al.*, 2022).

De 1985 a 2021 foram perdidos 6.697,65 ha de Caatinga no município. Considerando o estoque de C encontrado para essa área, foram emitidas 1.004.354,14 t de CO₂ ou 1,00 Mt para a atmosfera em função do desmatamento. Portanto, o município deixou de estocar 273.665,98 Mg de C org ao longo de 36 anos devido ao desmatamento e à conversão do uso da terra. A perda de estoque de C org no solo não se limita apenas à emissão de CO₂ para a atmosfera. Essa perda pode ocorrer também por lixiviação de carbono orgânico dissolvido, erosão e deposição de sedimentos, aspectos não abordados neste estudo.

Para atenuar essa situação no município, a partir das entrevistas, foi informado que o poder público adota ações de conservação da Caatinga, com investimento recente na preservação da mata próxima à nascente do açude, realizado através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DENOCS). Além disso, foi informado que a implementação de políticas públicas federais e estaduais, como o Cadastro Ambiental Rural, têm contribuído para a recuperação da Caatinga e a redução do desmatamento.

Também é feito o licenciamento ambiental e monitoramento de impactos ambientais com engenheiros do Consórcio de Bacia do Jacuípe que oferecem suporte técnico e assessoria em questões de licenciamento ambiental, no auxílio de emissão e dispensa de licenças quando necessário. Apesar da equipe restrita e da ausência de um técnico dedicado exclusivamente às questões ambientais, as denúncias são atendidas com a orientação dos engenheiros ambientais que fornecem notas técnicas.

Por outro lado, os proprietários em geral não têm conhecimento de projetos ou atividades municipais voltadas para a recuperação ambiental, indicando uma possível desconexão entre as autoridades municipais e os proprietários rurais. No entanto,

muitos deles mencionam apenas o Cadastro Ambiental Rural (CAR) como uma política de proteção ambiental conhecida e aplicada nas suas propriedades.

Considerando a redução da área de mata nativa ao longo de 36 anos em função do desmatamento, foi estimado que a taxa de perda de CO foi de 7.601,83 toneladas por ano e a taxa de emissão de CO₂ foi de 27.898,73 toneladas por ano. A recuperação dos estoques de C nessas áreas em relação à Caatinga levaria cerca de 60 anos. Com base na similaridade dos valores de estoque de C no estudo de Araújo Filho *et al.* (2018), é possível afirmar que esse período seria aplicável para a recuperação de estoque de C nas áreas que antes eram de floresta nativa no município.

Segundo a Embrapa (2024), no município de Serrolândia, a pastagem plantada tem emissão absoluta de 15.566,17 t de CO₂ por ano, com taxa de 0,67 t ha⁻¹ de CO₂ por ano. A cultura de mandioca, por sua vez, apresenta uma emissão absoluta de 19,26 t CO₂ por ano (cultura temporária), com taxa de emissão 0,41 t CO₂ ha por ano. Além disso, a vegetação nativa retém 8.963,94 t de CO₂ da atmosfera por ano, conforme dados de 2000 a 2019 do BRLUC (Brazilian Land Use Change).

Dessa forma, as reduções do estoque de carbono nos agrossistemas contribuem para as mudanças climáticas ao favorecer a emissão de CO₂ na atmosfera, devido às mudanças no uso das terras e manejo inadequado do solo (Lal, 2004; Carvalho *et al.*, 2010; Medeiros *et al.*, 2021; Lourenço *et al.*, 2022). Portanto, é importante destacar que boa parte desse carbono está sendo liberado para a atmosfera em forma de CO₂ (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 a transformação do setor agrícola, não somente pelas questões climáticas, mas também para garantir a segurança alimentar global. Além de reduzir o CO₂ atmosférico, o estoque de C também melhora a produtividade agroecônômica.

O estoque de C mantém 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). No entanto, foi relatado que há uma ausência de iniciativas nos últimos oito anos para incentivar o uso de técnicas sustentáveis de cultivo, como análise do solo ou observação de questões ambientais. Os projetos de viveiro de mudas foram interrompidos no

município devido à mudança de gestão. O monitoramento e controle do desmatamento e erosão do solo são incipientes devido à equipe restrita.

Existe também uma dificuldade na oferta de cursos sobre manejo do solo devido à falta de técnicos especializados para oferecer serviços aos produtores, e que dependem de um número mínimo de inscritos, o que raramente é alcançado. Esta questão foi apontada pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente e pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais do município. Também há pouca participação da comunidade, resultando em baixa adesão às palestras e programas, e muitas ações dependem de parcerias com outras entidades, como o Banco do Nordeste, mas não há programas específicos internos focados na sustentabilidade agrícola e não foram discutidos projetos de longo prazo.

No momento, as políticas públicas de apoio agrícola em Serrolândia incluem o apoio aos agricultores no plantio de palmas, a distribuição de mudas e a busca por subsídios para milho mais barato durante a estiagem. Além disso, há o programa Garantia Safra, a emissão do Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF) para produtores e a distribuição de kits de apicultura, avicultura e bovinocultura de leite.

O município decretou estado de calamidade pública devido à seca no ano de 2023, portanto a atenção estava mais voltada para ações emergenciais em resposta à estiagem. Além disso, estão sendo realizadas iniciativas como a limpeza de aguadas para ajudar os agricultores afetados pela falta de chuva.

A redução de áreas de cultura em decorrência da seca é um problema relatado pelos gestores municipais e pelos agricultores. No passado, a cultura de mandioca era mais presente no município, mas devido a razões climáticas, econômicas, e baixa produtividade, essas áreas foram reduzidas. Os proprietários ressaltaram que a seca foi um fator determinante para a redução da produtividade, afetando também a qualidade das pastagens.

As áreas que são regeneradas deixam de apresentar as espécies vegetais das florestas que não sofreram pressão antrópica (Fernandes *et al.*, 2020). Sabendo que os valores de estoque de carbono e matéria orgânica na Caatinga são significativamente superiores em relação aos usos, é importante manter essas áreas com políticas de preservação e planejamento ambiental efetivo. Portanto, considerando esse cenário, a valoração dos serviços ecossistêmicos de sequestro de CO₂ e dos bens florestais é urgente, levando em conta as poucas áreas florestais fragmentadas da Caatinga que restam no município e considerando a necessidade

econômica e o bem-estar da população. Além disso, vale ressaltar que para recuperar o estoque de carbono em 100%, seriam necessárias seis décadas.

O pagamento por serviços ambientais é algo almejado pelos proprietários das unidades preservadas, para a manutenção da área e para o incentivo financeiro, especialmente considerando o potencial de sequestro e armazenamento de carbono garantido pelas florestas da Caatinga. A rentabilidade dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas pode ser superior aos outros usos da terra e pode ser uma forma de manutenção da biodiversidade (Benício *et al.*, 2023).

5 CONCLUSÃO

O município de Serrolândia foi caracterizado quanto ao meio físico, com hidrografia majoritariamente intermitente, inserida nas unidades litoestratigráficas Caraíba e Cobertura detrito-lateríticas ferruginosas, que juntas abrangem 72,8% da área total do município. Em termos de solos, foi possível observar que 92,9% da área é coberta por Latossolos Amarelos distróficos de textura franco-arenosa, com disponibilidade de macronutrientes classificada como muito baixa a média e são ácidos. A reposição de nutrientes ocorre de forma limitada entre os agricultores e não fazem a correção do solo. Os valores de declividade indicam a predominância das classes de relevos planos a suavemente ondulados, que compreendem 76% de sua extensão. Também foi observado que, apesar da baixa fertilidade dos solos, a geomorfologia do município permite as atividades agrícolas, que são amplamente ocupadas por pastagens.

Os mapas de uso da terra de 1985 a 2021, assim como os dados de área do município, permitiram concluir que houve avanço de áreas antropizadas, como a pastagem, no ano de 2021, correspondendo a 76,08% da área do município. Observou-se uma redução acentuada na área de Caatinga, classificada como Formação Savânica, entre 1985 e 2010, com um pequeno ganho em 2021, ocupando 18,57% da área total do município.

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 reduz em $4,2 \text{ g kg}^{-1}$ e $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ de 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. A substituição da Caatinga por pastagens e lavouras causou perdas de aproximadamente 45,32% e 49,32% dos estoques de carbono do ecossistema, respectivamente.

Os resultados obtidos mostram que a alteração do uso da terra a partir da conversão de áreas nativas para áreas agrícolas reduz significativamente os estoques de carbono, elevando as emissões de CO_2 . De 1985 a 2021 foram perdidos 6.697,65 ha de Caatinga no município, o que contribuiu para a emissão de 1,0 megatonelada

de CO₂ para a atmosfera. Assim, o município deixou de estocar 273.665,98 Mg de carbono orgânico ao longo de 36 anos devido ao desmatamento e à conversão do uso da terra. Conseqüentemente, as reduções do estoque de carbono nos agrossistemas contribuem para as mudanças climáticas ao favorecer a emissão de gases de efeito estufa.

No município de Serrolândia-BA, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) têm contribuído para a redução do desmatamento e recuperação da Caatinga. No entanto, há uma desconexão entre as autoridades municipais e os proprietários rurais, que demonstram maior conhecimento e adesão ao CAR como medida de proteção ambiental.

Nos últimos oito anos não foram identificadas iniciativas para incentivar o uso de técnicas sustentáveis de cultivo. Embora as unidades de pastagem apresentem boa produtividade, foi constatado que as estiagens prolongadas afetam negativamente a produção agropecuária. Portanto, sugere-se a adoção de políticas de proteção ambiental, disponibilidade de assistência técnica aos agricultores para adoção de práticas de manejo e uso adequado do solo, recomposição da vegetação nativa, principalmente nas áreas de preservação permanente, bem como ações de educação ambiental junto à comunidade para reconhecimento dos serviços ecossistêmicos do bioma Caatinga.

REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.
- 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.
- AHIRWAL, I; KUMARI, S.; SINGH, A. K.; KUMAR, A.; MAITI, S. K. Changes in soil properties and carbon fluxes following afforestation and agriculture in tropical forest. **Ecological Indicators**, v. 123, 2021.
- AHRENS, S. O Código Florestal Brasileiro e o uso da terra: histórico, fundamentos e perspectivas (uma síntese introdutória). **Revista de Direitos Difusos**, v. 31, p. 81-102, 2005.
- ALMEIDA, J. R.; MARQUES, T.; MORAES, F. E. R.; BERNARDO, J. **Planejamento ambiental: caminho para a participação popular e gestão ambiental para o nosso futuro comum – uma necessidade, um desafio**. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex, 1999.
- ALMEIDA, D. N. O.; OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; LEITE, A. C. S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2018.
- 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**, v. 27, n. 01, p. 273-286, 2022.
- ALVES, A.; ARAÚJO, J. J.; SANTOS DO NASCIMENTO, M. A.; SANTOS DO NASCIMENTO, S. D. Degradação da Caatinga: Uma Investigação Ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, jul./set. 2009.
- ALVES FILHO, G. **Projeto de Lei do Senado nº 222, de 2016**. Institui a Política de Desenvolvimento Sustentável da Caatinga. 2016. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/125968>). Acesso em: 20 jul. 2023.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.; FASIABEN, M. C. R.; GARCIA, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 25, 2012.
- ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 141–149, fev. 2014.
- ARAÚJO, D. C. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. de A.; SILVA JUNIOR, V. P.; SANTOS, S. M. Spatial variability of soil attributes in an

experimental basin in the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 38-44, 2018.

ARAÚJO FILHO, R. N.; FREIRE, M. B. G. S.; WILCOX, Bradford Paul; 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. ISSN 0378-1127. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.10.002.

ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: XIV **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Dourados. Mato Grosso do Sul. 2011.

ARAÚJO FILHO, J. C.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J.; CUNHA, T. J. F.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; GALVÃO, P. V. M. Solos do Semiárido: características e estoque de carbono. In: GIONGO, Vanderlise; ANGELOTTI, Francislene (eds.). **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 93-111.

ARAÚJO, K. D.; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PAZERA JR, E. Liberação de Dióxido de Carbono (CO₂) em Área de Caatinga no Semi-árido da Paraíba. **Geoambiente On-line**, n. 12, p. 01-12 pág., 2009.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 14001, **Sistemas de Gestão Ambiental** – Especificação com guia para uso – ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Territórios de Identidade Estado da Bahia**. Salvador: SEI, 2016. Disponível em:https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/territ_ident_2v25m_2016.pdf Acesso em: 16 de maio de 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**, v.42, n.1, p.100-107, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902011000100013>

BATISTA, M. A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.

BAUMGÄRTNER, L. C.; CORDEIRO R. C.; RODRIGUES, R. de A.R.; MAGALHÃES, C. A. de S.; MATOS, E. S. Estoque e mecanismo de proteção física do carbono no solo em manejos agrícolas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3341-3360, 2021.

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**, v.23, p.687-694, 1999.

BENÍCIO, R. M. A.; LINHARES, K. V.; LISBOA, M. A. N.; CRUZ, G. V.; SILVA, L. V. A.; NASCIMENTO, A. S.; SILVA, M. A. P.; ROCHA, L. S. G.; DRUMOND, M. A.; TONUCCI, R. G.; CALIXTO JÚNIOR, J. T. Carbon stock and sequestration as a form of payment for environmental services in a sedimentary basin humid forest refuge in Brazilian semiarid. **Environmental Development**, v. 45, p. 100796, 2023. ISSN 2211-4645. DOI: 10.1016/j.envdev.2022.100796

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27, 1971.

BIRKHOLZ, L. B. Evolução do conceito de planejamento territorial. In: BRUNA, Gilda Collet. **Questões de organização do espaço regional**. São Paulo: Nobel, EDUSP, 1983, p. 5- 23.

BITENCURTI, D. P.; MELO, F. P.; GOIS, D. V.; RUIZ-ESPARZA, J.; RIBEIRO, A. S.; FERRARI, S. F.; SOUZA, R. M. Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, v. 32, n. 63, p. 117-139, 2017.

BNDES. **Cadastro Ambiental Rural**: conceito, abrangência, escopo e natureza. Brasília, 2017. Disponível:
https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/cadastr_oambiental-rural. Acesso: 07 de out de 2021.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BRANDANI, C. B.; SANTOS, D. G. Transformações do carbono no solo. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2o ed., p.81-98, 2016.

BRASIL. **Lei no 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 01 maio 2023.

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 01 maio 2023.

BRASIL. Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Brasília, DF. 2009. Disponível em: Acesso em: 03 set. 2023.

BRASIL. **Programas e estratégias**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/abc/programas-e-estrategias>. Acesso em: 15 set. 23

BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. 2002. **Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade**. Brasília – DF.

BRAZIL FLORA GROUP – BFG. **Flora do Brasil 2020**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2021. 1-28 p. Disponível em: <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BRAUNER, J. L.; CATANI, R. A.; BITTENCOURT, W. C. Extração e determinação do alumínio trocável do solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 23, p. 53-73, 1966.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1501-1511, 1994.

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. **Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. (Boletim Agropecuário, n. 64).

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**, v. 34, p. 277-290, 2010.

CASTRO, C.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; OLIVEIRA, F. Á.; FIRMANO, R. F.; ZANCANARO, L.; KLEPKER, D.; FOLONI, J. S. S.; BRIGHENTI, A. M.; BENITES, V. de M. **Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 54 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 430).

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: UNESP; Edgard Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 415-440.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **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.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 33p. (Embrapa agrobiologia. Documento, 156).

COSTA, J. B. **Caracterização e constituição dos solos**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1973, 512p.

COUTINHO, M. P.; DE DEUS, M. J.; SORIANO, E.; RESENDE L. L.; VAITSMAN L. P. J.; SAITO, M. S. The Current Brazilian Forestry Code and its Implications for the Prevention of Natural Disasters. **Sustainability in Debate**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 237–256, 2013. DOI: 10.18472/SustDeb.v4n2.2013.9439. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/15574>. Acesso em: 15 set. 2023.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895–908, maio 2012.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015. cap. 9, p. 273-293.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; ALVAREZ, I. A. **Principais solos do semiárido tropical brasileiro**: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: EMBRAPA SEMIÁRIDO. Capítulo em livro científico (ALICE). 2010.

DEGRANDE, E. J. S.; FIRMINO, G. V. Análise morfométrica e do uso da terra da Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça, Presidente Prudente- SP. **REVISTA GEONORTE**, [S. l.], v. 11, n. 38, p. 125–145, 2020. DOI: 10.21170/geonorte.2020. V. 11. N. 38.125.145. Disponível em: [//periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/8187](https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/8187). Acesso em: 17 maio. 2023.

DEMÉTRIO, R.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; CAMARGO, F. A. de O. Absorção de nitrogênio do solo pelo milho influenciada pela adição de diferentes resíduos de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.481-486, abr. 1998.

DIAS, M. J.; ALVES, S. M. F.; REIS, E. F.; OLIVEIRA, D. G. Probabilidade de ocorrência dos atributos químicos em um Latossolo sob plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 181-189, out. 2015.

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. **Habitats Urbanos e Rurais**, p. 227, 2019.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. **Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos; n.12).

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos; 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.

EMBRAPA. **Preservação e uso da Caatinga**. Brasília: Embrapa, 2007.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos, 2013. p.353.

EMBRAPA. **Economia do meio ambiente e serviços ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

EMBRAPA. **Água e agricultura: incertezas e desafios para a sustentabilidade frente às mudanças do clima e do uso da terra: anais do IV Seminário da Rede Agrohidro**, Brasília, DF, 17-20 de outubro de 2016 [recurso eletrônico]. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa, 2014. 8 p.

EMBRAPA. **Temperatura e Umidade relativa**. Campinas, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-Caatinga/clima/temperatura-e-umidade-relativa> Acesso em: 03 set. 2023

EMBRAPA. **Sistema de Inteligência Territorial Estratégica do Bioma Caatinga**. Campinas, 2022. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/bioma-Caatinga> >. Acesso em: 15 set. 23.

EMBRAPA. **Agricultura de baixa emissão de carbono**. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema> Acesso em: 15 set. 23.

EMBRAPA. **Correção da acidez do solo**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-irrigado-na-regiao-tropical/correcao-do-solo-e-adubacao/correcao-da-acidez-do-solo>. Acesso em: 02 fev. 2024.

EMBRAPA. **Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas no nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. 52p.

EMBRAPA. **Latossolos**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>>. Acesso em: 23 dez 2024.

EMBRAPA. **Latossolos Amarelos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-amarelos>. Acesso em: 20 jan. 2024.

EMBRAPA. **BRLUC - Método para estimar a mudança de uso da terra**. Disponível em: <https://brluc.cnpm.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. ISSN 0264-8377. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104795

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; SIMÕES, M.; FIDALGO, E. C. C.; BERGIER, I.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M.; WINCKLER, L. T. **Serviços ecossistêmicos: relações com a agricultura**. In: Embrapa Soils. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110951/servicos-ecossistemicos-relacoes-com-a-agricultura>. Acesso em: 01 de ago. 2024.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q. J. V. (Ed.). **Física do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.

FERREIRA, C. P.; KATO, O. R.; COSTA, C. A. C. Arbono orgânico, nitrogênio e a razão C/N em um solo sob sistemas agroflorestais no Nordeste paraense. In: **Repositório Institucional da EMBRAPA (Repository Open Access to Scientific Information from EMBRAPA - Alice)**, 2004. Capítulo de livro. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/401913>>. Acesso em: 21/12/2023.

FERREIRA FILHO, J. **Análise de tempos de amostragem para cálculos de fluxos em sistemas de covariância de vórtices turbulentos, para floresta de transição do sudoeste da Amazônia**. 2004. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

FONTANA, A.; SILVA, C. F. D.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R. J. de; BENITES, V. de M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 545-550, Oct./Dec. 2011.

FONTANA, A.; CAMPOS, D. V. B. Carbono Orgânico. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 3, cap. 1, p. 360-367.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; SANTANA DOS SANTOS, J. J.; DONAGEMMA, G. K.; QUEIROZ DOS SANTOS, O. A. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de textura arenosa com fertilidade construída. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 13, n. 3, p. 606-614, set. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v13n320211639>.

FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1545-1552, 2012.

FRANÇA NETO, J. M.; COUTINHO, A. P.; DI PRIMA, S.; BEZERRA, S. T. M.; SANTOS NETO, S. M.; RABELO, A. E. C. G. C.; OLIVEIRA, A. L.; ANTONINO, A. C. D. Variability and spatial distribution of hydrodynamic properties in soil with preserved Caatinga. **RBRH**, Porto Alegre, v. 26, e20, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120210058>

GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T.; FREITAS, R. M.; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. S. P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação da Caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra—oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 829-854, 2020.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. de A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1069–1079, jul. 2010.

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.

GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. (Ed.). **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 256 p.

GIONGO, V.; FREITAS, M. do S. C. de; FREITAS, R. de C. A. de; FREITAS, A. D. S. de; TAURA, T. A.; LEITE, L. F. C. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste Brasileiro. In: SOUZA, H. A. de; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. (Ed.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Parte 1, Cap. 3, p. 81-112.

GOMES, S. O.; LIMA, V. N.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R. **Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS**. Anais In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 805-808, nov. 2017.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. ISBN 8524004584 (Enc.). 446 p.: il., retr.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 396p.

GUERRINI, I. A.; SILVA, J. P.; SIVISACA, D. C. L.; MORAES, F. G.; PUGLLA, C. A. Y.; SILVA NETO, C. M.; SILVA, R. B.; JUSTINO, S. T. P.; RODER, L. R.; JAMES, J. N.; CAPRA, G. F.; GANGA, A. Evaluating carbon stocks in soils of fragmented Brazilian Atlantic Forests (BAF) based on soil features and different methodologies. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 10007, 2024.

HABTE, M.; BEYENE, S.; SMITH, J. U. The impact of household wealth on soil organic carbon and nitrogen stocks in enset (*Ensete ventricosum* (welw.) cheesman) based farming systems in southern Ethiopia. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 16, p. 101180, 2024.

HEDGES, J. I. Global biogeochemical cycles: progress and problems. **Marine chemistry**, v. 39, n. 1-3, p. 67-93, 1992.

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 Catinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827747>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IDHM Índice de desenvolvimento humano municipal**: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2022**: População e Domicílios - Primeiros Resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: [<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/serrolandia.html>]. Acesso em: 3 jul de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/serrolandia.html>. Acesso em: 29 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Microrregião**. 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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **MDE – Modelo Digital de Elevação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitaisde-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html> Acesso em: 07 jul. 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de Geologia**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 306 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2019. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais**. 2023. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

INKOTTE, J. I.; MARTINS, R. C. C.; SCARDUA, F. P.; PEREIRA, R. S. Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 988–1003, abr. 2019.

JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. A. Governança ambiental e economia verde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1469-1478, 2012.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob Caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: SBCS-UFV, 1996. 930p.

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P. & TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:1799-1806, 1992.

JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro**. 1986. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1003-1010, 2007.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. **Science**, 304, 1623-1627. 2004. DOI: 10.1126/science.1097396.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, São Paulo, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistaeletronica/article/view/14528/8275>. Acesso em: 02 mar. 2023.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIBERTI, E.; ESTÊVEZ, L.; NUCCI, J. Mapeamento do uso da terra e da qualidade ambiental urbana da parte superior da bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 16, p. 177, 2019.

LIMA, E. V.; MARIA, B. G. Pastagem cultivada. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. Brasília: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. cap. 1, p. 383-90.

LIMA, E. O. **Açude serrote**: do apogeu ao atual estado de abandono. 2013. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas, Campus IV, Universidade do Estado da Bahia, Jacobina, 2013.

LIMA, R. de L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; FERREIRA, G. B.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável e promover o crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.1, p.9-17, jan./abr. 2009.

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, Giovanni (Org.). **Habitats Urbanos e Rurais**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 181.

LOPES, I. G. V.; LOPES, M. de R.; BOMFIM, R. de C. Código Florestal e agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 20, n. 2, p. 131-139, 2011.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Ed.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p. 77-108.

LOURENÇO, E. R. C.; SOUZA, B. I. de; D'ANDREA, A. F.; SOUZA, J. J. L. L. Temporal variation of soil CO₂ emission in different land uses in the Caatinga. **Applied Geography**, v. 140, p. 102661, 2022.

MACEDO, R. S.; MORO, L.; LAMBAIS, E. O.; LAMBAIS, G. R.; BAKKER, A. P. de. Effects of degradation on soil attributes under Caatinga in the Brazilian semi-arid. **Revista Árvore**, v. 47, p. e4702, 2023.

MACHADO, P. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 329-334, 2005. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000200027. Acesso em: 02 mar. 2023.

MADSEN, E. L. Microorganisms and their roles in fundamental biogeochemical cycles. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, n. 3, p. 456-464, 2011. ISSN 0958-1669. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.01.008>. Acesso em: 02 ago 2023.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

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://mapbiomas.org/atbd---entenda-cada-etapa>> Acesso em: 10 de out. 2022.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2021** - São Paulo, Brasil MapBiomias, 2022 - 126 p. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>

MAPBIOMAS. **Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. 2023. Disponível em: mapbiomas.org. Acesso em: 25 mar. 2023.

MAPBIOMAS. **Estatísticas de Acurácia**. 2023. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/accuracy-statistics>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: SILVA et al. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: INSA, 2011,470p

MÁRQUEZ, L. A. M. DINÂMICA DE USO E COBERTURA DOS SOLOS DO MUNICÍPIO SILVÂNIA (1985-2020). **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 8, n. 24, p. 113–120, 2021. DOI: 10.5281/zenodo.5768761. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/515>. Acesso em: 15 maio 2023.

MATA, M. V. M. **Estimativa das emissões de dióxido de carbono associadas às mudanças no uso e cobertura da terra do bioma Caatinga no estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2015. 114 p. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEDEIROS, A. S.; GONZAGA, G. B. M.; SILVA, T. S.; BARRETO, B. de S.; SANTOS, T. C. dos; MELO, P. L. A. de; GOMES, T. C. de 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.

MEDEIROS, J. S.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; ARRUDA, J. A. de; VIEIRA, M. S. Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 417-426, abr-jun, 2014. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br>. Acesso em: 10 fev. 2024.

MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A. dos; BEZERRA, J. F. R.; SILVA, Q. D.; MELO, S. N. Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Buriticupu, Maranhão - Brasil: o Relevo como Elemento Chave. **Sociedade & Natureza** [online]. 2023, v. 35. Acesso em: 9 jun. 2023, e66679. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66679> <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66679x>>. Epub 13 Feb 2023. ISSN 1982-4513. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66679>.

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**, v. 78, n. 3, p. e20190076, 2021.

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. de 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 CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2020.

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. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114943.

MELLO, K.; PETRI, L.; CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R.H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de Áreas de Preservação Permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.309-317, 2014.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. 155p

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria C. Souza (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA - MMA. **Serviços Ecossistêmicos**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos-ecossistemicos>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - MAPA. **Resultados do Plano.**

Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/plano-abc/acoes-do-plano>>. Acesso em 21 de set. 2023.

MORAIS, Y. C.; ARAUJO, M. S. B.; MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; MIRANDA, R. Q. Análise do Sequestro de Carbono em áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 585-599, 2017.

MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 349-359, 2002.

NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, p. 243-249, 2002.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. de S.; D'ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia** [online]. 2009, v. 33, n. 1. Acessado em: 26 Set. 2022, pp. 105-112. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100015>>. Epub 16 mar. 2009. ISSN 1981-1829. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100015>.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012.

NOVAK, E.; CARVALHO, L.A.; SANTIAGO, E.F.; FERREIRA, F.S.; MAESTRE, M.R. Composição química do solo em diferentes condições ambientais. **Ciência Florestal**, v.31, p.1063-1085, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509828995.7>

NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (organizadores). **O solo: estrutura e composição**. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2022.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, C. L.; LIMA, J. R. S.; SOUZA, R. M. S.; ANTONINO, A. C. D.; ALVES, M. F. de A. T.; SILVA, V. P.; LOPES, M. H. L.; SOUZA, E. S.; FERREIRA, R. C. A Caatinga Emite ou Sequestra Carbono? **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 02, p. 791-804, 2023.

OLIVEIRA, P. D.; KLUTHCOUSKI, J.; BORGHI, E.; CECCON, G.; CASTRO, G. **Atributos da braquiária como condicionador de solos sob integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta**. Embrapa Arroz e Feijão-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2015.

OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M. de F.; MOURA, M. S. B. de. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de Caatinga e atmosfera no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 21, n. 3b, p. 378-386, 2006.

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 CO₂ emissions in top-and subsoils with contrasting management regimes in semi-arid environments. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1117, 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. **IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: the scientific basis**. 2001.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.). Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC. **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Geneva, Switzerland, 2019.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 372 p.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911–920, maio 2008.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 531-537, jul./set. 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/nm5WWjHgBvpqWWnxQ3dtVJc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 08 jul. 2024.

PEREIRA, S. C. F. **Relação planta-fungos micorrízicos em áreas de Caatinga: respostas à disponibilidade hídrica e perturbações antrópicas**. 2020. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Revista visão agrícola**, v. 9, 2009.

PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C. Uso de dióxido de carbono na agricultura. **Ciência Rural**, v. 30, p. 919-925, 2000.

PINTO, B. G.; TOPPA, R. H. USO DA TERRA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ: PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO

TERRITORIAL. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 43, p. 101-113, 2017.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; PARRON, L. M.; TURETTA, A. P. D.; BALIEIRO, F. de C. Oportunidades e desafios relacionados aos serviços ecossistêmicos de solo e água na paisagem rural. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, n. 2, e26955, 2022. Disponível em:

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1146897>. Acesso em: 08 out. 2023.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P. de; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. de C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. de 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**, v. 51, n. 9, p. 1021–1038, set. 2016.

PRADO, R. B.; FERREIRA, J. N.; PEDREIRA, B. DA C. C. G.; SILVA, G. B. S. da; BERGIER, I.; MONTEIRO, J. M. G.; TONUCCI, R. G.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M.; FERRAZ, R. P. D.; WINCKLER, L. T.; DRUCKER, D. P.; BRAGA, A. R. dos S.; AHRENS, S.; SIMÕES, M.; MORAIS, L. F. D. de. Serviços ecossistêmicos: instrumentos legais e políticos no Brasil. In: Ferraz, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M (Org.). **Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos**. Brasília: Embrapa, 2019.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

RAMALHO, C. I. **Estrutura da vegetação e distribuição espacial do licuri (*Syagrus coronata* (Mart) Becc.) em dois municípios do centro norte da Bahia, Brasil**. 2008.161 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

REIS, D. P. **Serrote de ontem, Serrolândia de hoje**. 3 ed. Salvador: Press Color, 2010.

RESENDE, A. V.; GIEHL, J.; SIMÃO, E. P.; ABREU, S. C.; FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; MARRIEL, I. E.; MELO, I. G.; MARQUES, L. S.; GONTIJO NETO, M. M. **Créditos de nutrientes e matéria orgânica no solo pela inserção do capim-braquiária em sistemas de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. (Circular técnica, 277).

REZENDE, J. S.; ARAÚJO, V.; NOBRE, R.; MENDES, I.; CARVALHO, A.; SANTOS, C. Efeito de usos e manejos agrícolas do solo no semiárido piauiense na macrofauna e carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 161–172, 2021. DOI: 10.21206/rbas.v11i1.12324. Disponível em: <https://beta.periodicos.ufv.br/rbas/article/view/12324>. Acesso em: 10 jul. 2024.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 49–55, fev. 2003.

RIBEIRO, K. **Mudança no uso do solo e emissões de gases de efeito estufa (GEE) em diferentes coberturas vegetais na Caatinga brasileira**. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2017.

RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; CARDOSO, P. H. S.; OLIVEIRA, A. L. G.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 913–923, abr. 2019.

RODRIGUES, S. L., GOMES, J. M. A., CERQUEIRA, E. B. Dinâmica do uso e cobertura da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Maranhão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 293-312, jan./jun. 2022. DOI: 10.5380/dma.v60i0.79091. e-ISSN 2176-9109.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 14, p. 69-77, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2001.0014.0007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47314>. Acesso em: 13 jul. 2023.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Territoria, ISSN 1806-3322; 35).

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M. e GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária, 2003. p. 3-74.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 9, p. 65-75, 1995.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1990. v. 1. 80p.

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**, v. 22, n. 11, p. 764–769, 2018. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p764-769.

SAFRIEL, U.; ADEEL, Z.; NIEMEIJER, D.; PUIGDEFABREGAS, J. Dryland systems. In: **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**.: Findings of the Condition and Trends Working Group. Island Press, 2005. p. 623-662.

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. DOI: 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.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Fertilidade nas áreas de várzea e topo em função do uso do solo e posição do relevo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 2, p. 83-90, 2010.

SANTOS, C. R. C.; MATSUNAGA, A. T.; COSTA, L. R. R.; SANTOS, M. L.; BRASIL NETO, A. B.; RODRIGUES, R. P.; MACIEL, M. N. M.; MELO, V. S. Spatial variability of soil fertility under agroforestry system and native forest in Eastern Amazonia, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 39, e39015, 2023. ISSN 1981-3163.

SANTOS, M. O.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; MONROE, P. H. M.; PAULA, A. Efeito do manejo florestal da Caatinga no estoque de carbono orgânico em agregados do solo. **Scientia Forestalis**, 2021. 49(129), e3419. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.16>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576–586, mar. 2008.

SANTOS, T. E. D. **Frações e qualidade da matéria orgânica em latossolo sob diferentes coberturas na Caatinga**. 2018. 44 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Agrônoma) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB)**, 2017. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil: Escala 1: 2.500.000: Legenda expandida**. CPRM/Serviço Geológico do Brasil, SGM, MME. Brasília. 68 p. CD -ROM. Silva, C. R. da. Geodiversidade do Brasil: conhecer o

passado, para entender o presente e entender o futuro / editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. 264 p.: il.: 28 cm

SILVA, T. A.; DUARTE, M. L.; COELHO, C. M. de P.; GUANDIQUE, M. E. G.; COSTA, H. S. Uso da terra e sua influência na qualidade da água em uma represa de abastecimento de água no município de Sorocaba–SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. e188984-e188984, 2022.

SILVA, J. N. B. **Avaliação espacial e temporal do sequestro de carbono em ecossistema da Caatinga**. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29999>. Acesso em: 8 jul. 2024.

SILVA, M. P.; SANTOS, F. M. D.; LEAL, A. C. planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego da Olga, Ugrhi Pontal do Paranapanema – São Paulo. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, p. 409–428, set. 2016.

SILVA, A. C. F.; FREIRE, F. J.; BORGES, C. H. A.; ARAUJO, E. C. G.; SANTANA, G. M.; CUNHA NETO, E. M.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono em espécies florestais da Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 71-85, 2022.

SILVA, T.; PEIXOTO, A. C. M.; BORGES, E. M.; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T. **Matéria orgânica e atividade microbiana em áreas com diferentes sistemas de uso do solo no Semiárido brasileiro**. 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/873334/1/TamiresSilvaVJorndelnicCient.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SILVA, B. C.; SILVA, W. V.; SANTOS, E. P.; SANTOS, B. Z.; SILVA, L. L.; REIS, A. M. H.; SAMUEL-ROSA, A.; HORST, T. Z. MAPBIOMAS solos: revelando a dinâmica espaço-temporal dos estoques de carbono no solo e suas relações com as mudanças no clima e na cobertura e uso da terra no Brasil. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Florianópolis - SC, abril de 2023.

SILVA, E. R. O.; BARROS, M. M.; PEREIRA, M. G.; GOMES, J. H. G.; SOARES, S. C. Effects of spatial variability of soil chemical parameters on Tifton 85 grass yield. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 236-245, 2020.

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**, v. 51, p. e66505, 2021.

SILVA FILHO, C. R. D.; SANTOS, N. M.; GUEDES, J. C. F.; COSTA, D. F. D. S. Identificação dos Serviços Ecossistêmicos de Provisão Prestados pela Caatinga na Microrregião do Seridó Ocidental, Rio Grande Do Norte, BRASIL. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 477-490, 2019.

SMITH, J. L.; ELLIOTT, L. F. Tillage and residue management effects on soil organic matter dynamics in semiarid regions. **Advances in Soil Science: Dryland Agriculture: Strategies for Sustainability** Volume 13, p. 69-88, 1990.

SOBRAL, M.C.; ASSIS, J.M.O.; OLIVEIRA, C.R.; SILVA, G.M.N.; MORAIS, M.; CARVALHO, R.M.C. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco–Brasil. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 12, n. 03, p. 95-106, 2018.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206). Disponível em: www.bdpa.cnptia.embrapa.br. Acesso em: data de acesso.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 161 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SOUZA, M. J. N. Geomorfologia e Planejamento Ambiental. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, p. 380-393, 2018.

SOUZA, S. P. **Utilização da ABNT NBR ISO 14001:2004 como ferramenta básica para a implantação do Sistema de Gestão Ambiental na Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas Públicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

SOUZA, R. F. de; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 975–983, nov. 2006.

SOUZA, L. S.; SILVA, J.; SOUZA, L. D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas – BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. 6p. (Comunicado Técnico, 133)

SOUZA, J. J. L. L.; SOUZA, B. I.; XAVIER, R. A.; CARDOSO, E. C. M.; MEDEIROS, J. R.; FONSECA, C. F.; SCHAEFER, C. E. G. Organic carbon rich-soils in the brazilian semiarid region and paleoenvironmental implications. **Catena**, v. 212, p. 106101, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106101>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

SOUZA, D. D. **Adaptações de plantas da Caatinga**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 96 p. ISBN 978-65-86235-02-9.

SPAROVEK, G; BARRETO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do código florestal brasileiro. **Novos Estudos**, v. 89, n. 1, p. 111-135, 2011.

SRINIVASARAO, C.; 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, p. 562–572, 2021. DOI: 10.1002/jpln.202000312.

STENZINGER, B. J. Impactos ambientais e agricultura familiar: como esta relação apresenta-se no espaço rural paranaense. **Ciência e Natura**. 2016, 38(1), 206-214. Acesso em 30 ago. 2023. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546196019>.

TABARELLI, M.; LEAL, INARA, R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Cienc. Cult.** [online]. 2018, vol.70, n.4, pp.25-29. ISSN 0009-6725. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400009>. Acesso em: 02 jul. 2024.

TAVARES, V. E. Q.; RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Valoração monetária de bens e serviços ambientais: revisão do estado-da-arte sob a ótica da gestão das águas. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS. vol. 4, n. 3 (1999), p. 97-116, 1999.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, Arica, v. 30, n. 1, p. 55-64. abril 2012. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292012000100007&lng=es&nrm=iso. acessado em 10 de maio de 2023. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000100007>.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

TOMAZ, A. R.; FERREIRA, A. O.; LAL, R.; AMADO, T. J. C.; DA SILVA, B. O. T.; DA SILVA, W. R.; FRACETTO, F. J. C.; INAGAKI, T. M.; FREIRE, Maria Betânia Galvão dos Santos; 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. DOI: 10.1002/ldr.5036.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; MANGABEIRA, J. A. C. Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais: conceitos e importância. **Portal Ecodebate**. dez, 2012.

USGS. **Serviço Geológico dos EUA**. Disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 10 de jun. de 2023.

VANDERLEI, R. S. V.; MOURA, F. B. P. M. Os desafios na restauração de terras secas In: MOURA, Flávia de Barros Prado; SILVA, José Vieira (Ed.) **Restauração na Caatinga**. EDUFAL, 2017. cap. 22, p. 27-43.

VALERA, C. A. A Lei Federal Nº 12.651/12-Novo Código (Anti) Florestal-um atentado à sustentabilidade e à agricultura familiar. **Revista Campo-Território**, v. 9, n. 18 jun. 2014.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste. **The Nature Conservancy do Brasil**, Recife, 2002.

VELOSO, C.A.C.; BOTELHO, S.M.; RODRIGUES, J.E.L.F. Correção da acidez do solo. In: CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M.; BRASIL, E.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.93-103.

VEZZANI, F. M. **Solos e os serviços ecossistêmicos**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p. 673-684, 2015.

VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, F. H. T. de; GURGEL, M. T.; SANTOS, H. C.; TAVARES, H. A. M. Phosphorus sorption isotherms in soils of the semiarid region of Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 1, p. 166 – 176, jan. – mar., 2021. ISSN 0100-316X (impresso), ISSN 1983-2125 (online). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n117rc>. Acesso em: 20 fev. 2024.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.

WIESMEIER, M.; URBANSKI, L.; HOBLEY, E.; LANG, B.; Von Lützw, M.; MARIN-SPIOTTA, E.; VAN WESEMAEL, B.; RABOT, E.; LIEB, M.; GARCIAFRANCO, N.; WOLLSCHLÄRGER, U.; VOGEL, H. J.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales. **Geoderma**, v.333, p. 149-162. Disponível: <https://doi: 10.1016/j.geoderma.2018.07.026>. Acesso: 05 abr. 2023.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006. ISSN 1806-9657. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000200006>. Acesso em: 26 set. 2022.

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.

ZANK, S.; ÁVILA, JV da C.; HANAZAKI, N. Compreendendo a relação entre saúde do ambiente e saúde humana em comunidades Quilombolas de Santa Catarina. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 18, p. 157-167, 2016.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Histórico das áreas de mata nativa, pastagem e agricultura, município de Serrolândia, Bahia, 2023

Histórico das áreas de mata nativa, município de Serrolândia, Bahia, 2023

Cobertura	Vegetação /Tipo de Cobertura/ Cultivo	Histórico de uso da terra	Manejo do solo
Mata Nativa (Caatinga-Contato Savana-Estépica/Floresta Estaciona) R1	Principais espécies de plantas: Umburana-de-cambão (<i>Commiphora leptophloeos</i>), Caroá (<i>Neoglasiovia variegata</i>), Quipé (<i>Piptadenia moniliformis</i>), Barbatimão (<i>Stryphnodendron adstringens</i>), Amargoso (<i>Aspidosperma cuspa</i>), baraúna (<i>Schinopsis brasiliensis</i>).	Sem relatos de uso da terra ou desmatamento. Em 70 anos, a única intervenção foi a retirada ocasional de madeira nos períodos de seca para a construção de cercas e obtenção de lenha para uso próprio.	Não manejada
Mata Nativa (Caatinga-Contato Savana-Estépica/Floresta Estaciona) R2	Abriga algumas das seguintes espécies de plantas: Pau-d'arco (<i>Tabebuia sp.</i>), Catuaba (<i>Anemopaegma álbum</i>), Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i> , Farinha-seca (<i>Albizia polycephala</i>), Umburana-de-cambão (<i>Commiphora leptophloeos</i>).	Não há relatos de uso da terra. A propriedade permaneceu inalterada há mais de 50 anos e se encontra em bom estado de conservação, com apenas retiradas ocasionais de madeira para lenha.	Não manejada
Mata Nativa (Caatinga-Contato Savana-Estépica/Floresta Estaciona) R3	As principais espécies são: Quipé (<i>Piptadenia moniliformis</i>), Cansanção (<i>Cnidocolus urens</i>), Calumbi (<i>Piptadenia stipulacea</i>), Amargoso (<i>Aspidosperma cuspa</i>), Catuaba (<i>Anemopaegma álbum</i>), Licuri (<i>Syagrus coronata</i>), Pau-d'arco (<i>Tabebuia sp.</i>), Araçá (<i>Psidium spp.</i>), Catinga-de-porco (<i>Caesalpinia pyramidalis</i>).	Durante os 27 anos de posse desta área o proprietário relatou que não houve uso da terra. A propriedade permaneceu inalterada durante todo esse período. Houve apenas a retirada eventual de madeira para construção de cercas para manutenção da propriedade.	Não manejada

Histórico das áreas de pastagem, município de Serrolândia, Bahia, 2023

Cobertura	Vegetação / Cultivo	Histórico de uso da terra	Manejo do solo
Pastagem R1	<i>Brachiaria decumbens</i>	A área vem sendo utilizada como pastagem há mais de 20 anos. Anteriormente, já foi área de agricultura mandioca (<i>Manihot esculenta Crantz</i>) e mamona (<i>Ricinus communis</i>). Atualmente, a área é coberta pelo capim <i>Brachiaria decumbens</i> como pastagem para gado leiteiro.	<ul style="list-style-type: none"> - Aração com trator; - É realizado o serviço de capina, com manutenção do material vegetal; - Pastejo diferido; - Sem utilização de fertilizante químico, adubação, correção do solo e emprego de fogo.
Pastagem R2	<i>Brachiaria decumbens</i>	Área utilizada como pastagem para gado leiteiro há mais de 15 anos. Anteriormente, a área era de mata.	<ul style="list-style-type: none"> - Aração com trator; - O gado é transferido de propriedade à medida que o capim é consumido (Transumância); - É feito o destocamento e serviço de capina, com manutenção do material vegetal; - Sem correção do solo, adubo, emprego de fogo e utilização de fertilizante químico; - Foi utilizado o herbicida Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético há 4 anos atrás.
Pastagem R3	<i>Brachiaria decumbens</i>	Área utilizada como pastagem há 40 anos para gado leiteiro. Anteriormente, já foi área de agricultura.	<ul style="list-style-type: none"> - Aração com trator; - Pastejo diferido; - É realizado o destocamento e serviço de capina com manutenção dos resíduos vegetais; - Sem aplicação de fertilizante químico, utilização de adubo e correção de solo e emprego de fogo no manejo da pastagem; - O herbicida Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético foi aplicado há 1 ano.

Histórico das áreas de agricultura, município de Serrolândia, Bahia, 2023

Cobertura	Cultivo	Histórico de uso da terra	Manejo do solo
Agricultura R1	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	Área utilizada há 4 anos como de lavoura temporária para produção de mandioca. Antes, a área era de mata.	<ul style="list-style-type: none"> - A área foi desmatada, e arada com trator; - Houve emprego de fogo na limpeza. - Aração a cada 2 anos; - Capina manual, com incremento de resíduo vegetal sobre o solo; - Não há correção do solo, adição de fertilizante químico, adubação e irrigação.
Agricultura R2	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	Área utilizada por mais de 10 anos como lavoura temporária de mandioca. Antes, a área era de mata.	<ul style="list-style-type: none"> - Aração com trator a cada 2 anos; - Capina manual mantendo os resíduos vegetais; - Sem adição de fertilizante químico, adubação, correção de solo e emprego de fogo.
Agricultura R3	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	Área utilizada há 4 anos como lavoura temporária de mandioca e uma pequena área de cultivo de feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>). A área já foi usada para pastagem.	<ul style="list-style-type: none"> - Aração com trator a cada 2 anos; - Houve emprego de fogo na limpeza; - Capina manual mantendo os resíduos vegetais; - Sem adição de fertilizante químico, adubação e correção de solo.

Fonte: Campos (2023).

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIOS E ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

QUESTIONÁRIO/ROTEIRO DE ENTREVISTA DIRECIONADO AOS PROPRIETÁRIOS DE ÁREAS DE CAATINGA, LIVRE DE AÇÃO ANTRÓPICA

Este questionário foi elaborado com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013)

Nome do(a) proprietário(a):

Data: / /2023

Localidade:

Coordenadas:

1. Qual a tipologia vegetal dessa área?
 2. Qual o estado de conservação/degradação da cobertura vegetal?
 3. Qual o tipo de uso associado à cobertura vegetal dessa área? Quantas tarefas?
 4. Qual a finalidade da manutenção das áreas de vegetação nativa?
 5. Há quanto tempo essa área se mantém com a mesma cobertura vegetal? Ela tem se mantido com a mesma cobertura nos últimos 5 anos? Ao longo desse período o senhor(a) observou redução na densidade da vegetação?
 6. Quais são as espécies de plantas que você conhece existente na sua propriedade?
 7. Quais os benefícios dessas espécies de plantas (medicinal, matéria-prima, alimentar)?
 8. Há extração madeireira nessas áreas?
Não () Sim ()
- Qual o tipo o tipo de produtos nas madeireiras? Qual a origem da madeira extraída da região e destino da produção?
9. Essa área deve ser preservada?
Sim () Não ()
O que deve ou será ser feito com ela futuramente?
 10. Tem conhecimento de algum projeto ou atividade no município voltado a recuperação ambiental?
 11. Quais são as políticas de proteção ambiental propostas pelo poder público para conservação dos recursos naturais aplicadas nessa propriedade?

QUESTIONÁRIO/ROTEIRO DE ENTREVISTA DIRECIONADO AOS PROPRIETÁRIOS DE ÁREAS DE PASTAGEM

Este questionário foi elaborado com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013)

Nome completo do(a) proprietário(a):

Data: / /2023

Localidade:

Coordenadas:

1. Quais a(s) principal(is) atividades desenvolvidas na propriedade:

() lavouras; () agricultura; () avicultura; () horticultura; () gado de corte;
() gado leiteiro; () apicultura; () pesca; () outros:

2. Por quanto tempo esta área tem sido utilizada como pastagem?

() Menos de 5 anos
() De 5 a 10 anos
() Mais de 10 anos

Quantas tarefas corresponde a área de pastagem?

3. Qual o histórico de uso dessa área? Qual o tipo de preparo, manejo e produção contemplando os últimos cinco anos?

4. Qual tipo de manejo é adotado nesta propriedade atualmente? O sistema de pastejo é contínuo, rotacionado ou diferido?

5. As áreas ocupadas com pastagens, são naturais ou plantadas? Quais são as espécies predominantes e qual a maneira como são utilizadas? Qual a ocorrência de culturas forrageiras para corte? Quais as espécies cultivadas?

6. Você utiliza fertilizante químico nesta unidade?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, qual fertilizante é utilizado? Quando foi utilizado?

7. Você utiliza adubo?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, este adubo é orgânico, mineral ou químico?

8. Você acha que o uso de adubo melhora a produção? Qual a quantidade utilizada?

9. Fez correção do solo nessa propriedade?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, quando foi feito? Qual o tipo de calcário utilizado: calcítico, magnesiano ou dolomítico? Por que?

10. São utilizados maquinários e equipamentos mecânicos no campo?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, quais são as máquinas utilizadas e de quanto em quanto tempo se utiliza?

11. Observou algum processo de degradação do solo da área (queda acentuada e contínua da produtividade da pastagem, aumento no percentual de plantas daninhas, aumento de áreas do solo descoberto (sem vegetação) e a diminuição no percentual de capim (ou de leguminosas forrageiras) na área da pastagem)?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, a que você atribui esse processo?

12. É realizado o serviço de capina (limpeza do terreno)?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, quando esse serviço é realizado? Quando realiza a capina, você remove todos os resíduos ou deixa com cobertura morta?

13. Tem conhecimento de algum projeto ou atividade no município voltado a recuperação ambiental?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, qual projeto?

14. Quais são as políticas de proteção ambiental propostas pelo poder público para conservação dos recursos naturais aplicadas nessa propriedade?

15. Para você, existe alguma correlação com os tipos de pastagens existentes com o relevo e o solo?

16. Como você considera o estado de conservação das pastagens?

17. Há emprego de fogo no manejo de pastagens?

Sim () Não ()

18. Já fez análise de solo nessa propriedade?

Sim () Não (), quando? (se possível anexar o resultado)

19. No mapeamento do uso e cobertura da terra do município desde 1985, o resultado do ano de 2010 mostrou que houve um aumento significativo de áreas de pastagens do município, e um pequeno recuo no ano de 2021, com aumento de área de Caatinga. Você confirma essa dinâmica observada no município? As áreas de pastagens aumentaram ou diminuíram?

Sim () Não ()

Se você confirma essa afirmação, por que as áreas de pastagens recuaram? A que você atribui essa mudança? Essa mudança também ocorreu nesta propriedade?

20. Você participa de alguma política pública para a agricultura familiar (PRONAF, PNAE, AGROAMIGO)? Se participa, como avalia os resultados?

21. Sua propriedade recebe assistência técnica de algum órgão municipal, estadual ou federal?

22. Qual(is) a(s) principal(is) dificuldade(s) que o senhor(a) considera para a produção agropecuária no município de Serrolândia?

23. Ao longo dos anos o senhor(a) observou decréscimo ou incremento na produção? A que atribui?

QUESTIONÁRIO/ ROTEIRO DE ENTREVISTA DIRECIONADO AOS PROPRIETÁRIOS DE ÁREAS DE AGRICULTURA

Este questionário foi elaborado com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013)

Nome completo do(a) proprietário(a):

Data: / /2023

Localidade:

Coordenadas:

1. Quais a(s) principal(is) atividades que são desenvolvidas na propriedade:
() lavouras; () agricultura; () avicultura; () horticultura; () gado de corte;
() gado leiteiro; () apicultura; () pesca; () outros:

2. Por quanto tempo esta área tem sido utilizada como agricultura?

- () Menos de 5 anos
- () De 5 a 10 anos
- () Mais de 10 anos

3. Quantas tarefas corresponde a área de pastagem?

4. Qual o histórico de uso dessa área? Qual o tipo de preparo, manejo e produção contemplando os últimos cinco anos?

5. Qual tipo de manejo é adotado nesta propriedade atualmente? (métodos empregados para o preparo do solo, plantio e colheita, revolvimento do solo ou você utiliza algum método alternativo, técnicas de conservação do solo adotadas) Faz irrigação, calagem, adubação, agrotóxicos?

6. As áreas são ocupadas com lavouras temporárias ou permanentes? Qual o tipo de sistema de cultivo utilizado (monocultivo ou cultivo consorciado)?

7. Quais são os tipos de culturas produzidas nessa unidade?

8. Você utiliza fertilizante químico nesta unidade?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, qual fertilizante é utilizado? Quando foi utilizado?

9. Você utiliza adubo?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, este adubo é orgânico, mineral ou químico?

10. Você acha que o uso de adubo melhora a produção? Qual a quantidade utilizada?

11. Há correção do solo nessa propriedade?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, quando foi feito? Qual o tipo de calcário utilizado: calcítico, magnésiano ou dolomítico? Por que?

12. São utilizados maquinários e equipamentos mecânicos no campo?

Sim () Não ()

Se a resposta for sim, quais são as máquinas utilizadas e de quanto em quanto tempo se utiliza?

13. Observou algum processo de degradação do solo da área (perda de produtividade, compactação do solo, a erosão, a salinização, a acidificação, a perda de matéria orgânica e a contaminação por agrotóxicos e fertilizantes químicos)?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, a que você atribui esse processo?

14. É realizado o serviço de capina (limpeza do terreno)?

Sim () Não ()

Se a resposta for positiva, quando esse serviço é realizado? Quando realiza a capina, você remove todos os resíduos ou deixa com cobertura morta?

15. Tem conhecimento de algum projeto ou atividade no município voltado a recuperação ambiental?

16. Quais são as políticas de proteção ambiental propostas pelo poder público para conservação dos recursos naturais aplicadas nessa propriedade?

17. Para você, existe alguma correlação com os tipos de pastagens existentes com o relevo e o solo?

18. Como é a qualidade dos solos para agricultura no município?

19. Há emprego de fogo no preparo e limpeza das lavouras?

Sim () Não ()

20. Já fez análise de solo nessa propriedade?

Sim () Não (), quando? (se possível anexar o resultado)

21. Em caso de lavoura, produzem bem?

Sim () Não ()

Existe alguma área que produz menos? A que vocês associam esse tipo de produção?

22. Participa de alguma política pública para a agricultura familiar (PRONAF, PNAE, AGROAMIGO)? Se participa, como avalia os resultados?

23. Sua propriedade recebe assistência técnica de algum órgão municipal, estadual ou federal?

24. Qual(is) a(s) principal(is) dificuldade(s) que o senhor(a) considera para a produção agropecuária no município de Serrolândia?

25. Ao longo dos anos o senhor(a) observou decréscimo ou incremento na produção? A que atribui?

ENTREVISTA DIRECIONADA AO REPRESENTANTE DO SINDICATO DOS TRABALHADORES RURAIS

Nome:

Data: / /2023

1. Como o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Serrolândia-BA tem atuado para incentivar e promover o manejo sustentável do solo entre os produtores rurais do município?
2. Quais são as práticas agrícolas mais comuns entre os agricultores do município? Existem iniciativas específicas para incentivar o uso de técnicas sustentáveis de cultivo?
3. O Sindicato realiza alguma atividade de capacitação ou treinamento voltada para os produtores rurais, visando melhorar a gestão do solo e promover a sustentabilidade agrícola? Se sim, quais são essas iniciativas?
4. Existe algum programa de incentivo financeiro ou de reconhecimento para os produtores rurais que adotam práticas sustentáveis em relação ao manejo do solo? Caso positivo, como funciona esse programa?
5. Quais as principais dificuldades e ou limitações para a produção agrícola no município?
6. Existe algum estudo sobre a qualidade do solo e plano de manejo direcionado aos agricultores familiares?

ENTREVISTA DIRECIONADA AO REPRESENTANTE DA SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE

Nome:

Data: / /2023

1. Quais são as políticas e programas implementados pelo poder público municipal de Serrolândia-BA para promover o manejo sustentável do solo e a proteção ambiental na área rural?
2. Quais são as principais medidas adotadas pelo município para monitorar e controlar o desmatamento ilegal, a erosão do solo e outros impactos ambientais negativos na área rural?
3. O município possui algum plano de conservação do solo ou programa de recuperação de áreas degradadas? Se sim, como essas ações são realizadas e quais resultados têm sido alcançados?
4. Existe alguma parceria entre o poder público municipal e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais para promover a sustentabilidade agrícola e a proteção

ambiental? Se sim, quais são essas iniciativas e como elas têm contribuído para a sustentabilidade dessas áreas?

5. Quais são as políticas públicas de apoio agrícola no município?
6. O que levou à recuperação das áreas de Caatinga e à diminuição das pastagens nos últimos 10 anos em nosso município? Houve políticas ambientais específicas que contribuíram para essas mudanças?
7. Existem planos futuros para fortalecer essas tendências positivas e garantir que a recuperação das áreas de Caatinga continue?
8. Como a comunidade local está envolvida nessas questões ambientais e nas decisões políticas relacionadas a elas?