



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E
DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGeo

VITÓRIA GLEYCE SOUSA FERREIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO DIANTE DOS USOS DA TERRA
NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS – MA**

São Luís
2023

VITÓRIA GLEYCE SOUSA FERREIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO DIANTE DOS USOS DA TERRA
NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS – MA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo, da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção da titulação de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Melina Fushimi.

São Luís
2023

Ferreira, Vitória Gleyce Sousa.

Atributos químicos e físicos do solo diante dos usos da terra na microrregião de Caxias - MA / Vitória Gleyce Sousa Ferreira. – São Luís, 2023.

155 fls.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Melina Fushimi.

1.Paisagem. 2.Solos. 3.Usos da terra. 4.Microrregião de Caxias - MA.
I.Título.

CDU: 911.3:[504.61:631.412](812.1)

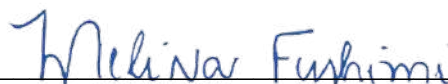
VITÓRIA GLEYCE SOUSA FERREIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO DIANTE DE DIFERENTES USOS
DA TERRA NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS – MA**


Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo, da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção da titulação de Mestre em Geografia.

Aprovada em: 28/04/2023

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Melina Fushimi
Universidade Estadual do Maranhão
(Orientadora)

 Documento assinado digitalmente
MARCELINO SILVA FARIAS FILHO
Data: 28/04/2023 15:10:45-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Marcelino Silva Farias Filho
Universidade Federal do Maranhão
(Avaliador Externo)



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Universidade Estadual do Maranhão
(Avaliador Interno)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus Eterno pela vida, por sua infinita Misericórdia e Amor. A Ele seja dada toda Honra e Glória!

À minha família amada, minha mãe Mary, meu pai Raimundo e irmão Matheus, companheiros fiéis nessa jornada. A vocês dedico este trabalho.

Às minhas tias e tios, avós e primas, pelo amor, amizade e por sempre se fazerem presentes em meus dias.

À minha amiga e orientadora Melina Fushimi, por aceitar o desafio de orientar este trabalho e fazê-lo com tanto zelo e excelência.

Aos amigos de turma do PPGEIO, em especial Dinazilda e Luciano.

Aos queridos e companheiros amigos de pesquisa, Willane, Audivan e Emerson.

Ao GEPEPE, pelo suporte desde a graduação.

Ao meu amigo e professor Marcelino Farias, pela amizade e suporte nas ocorrências da vida acadêmica.

À querida Nana Alves, por toda paciência, carinho e ajuda a mim prestadas.

E a todos os docentes do PPGEIO/UEMA dedico minha gratidão, em especial Prof. Dr. Fernando Rodrigues Bezerra e Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

Por fim, à FAPEMA pelo apoio à pesquisa.

RESUMO

A crescente utilização das terras, sem levar em consideração suas potencialidades e limitações, sucede em alterações nos atributos dos solos, sobretudo quando não há um manejo adequado. Dessa maneira, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar os atributos químicos e físicos dos solos sob diferentes usos da terra na Microrregião de Caxias – MA. A região conhecida historicamente por sua importância econômica e ambiental, vem passando por fortes problemas associados ao uso da terra, interligados aos manejos inadequados dos solos. Nesse ínterim, esta pesquisa foi desenvolvida a partir do conceito de paisagem, consistindo na discussão da Geografia enquanto ciência que compreende o processo de construção entre o tempo e o espaço através da inter-relação entre natureza e sociedade assistido na paisagem. Na realização da pesquisa, analisou-se a caracterização das paisagens regional e local da área de estudo, caracterização Pedológica do Maranhão, bem como a caracterização climática da região. Como resultados principais foram classificados e caracterizados dois perfis de solos em cada município da Microrregião, totalizando 12 perfis e 58 amostras deformadas, sendo estas coletadas no âmbito do Zoneamento Ecológico do Maranhão (2021/2022). Os solos foram classificados até o quarto nível categórico (subgrupos) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, conforme Santos et al. (2018). A descrição e a coleta das amostras foram realizadas seguindo os procedimentos recomendados pelo IBGE (2015), as análises químicas e físicas conforme a Embrapa (1997), e a partir de Camargo et al. (2009), a análise estatística descritiva básica. Também foi realizada a caracterização das relações de usos da terra na Microrregião de Caxias sob sistema de capoeira, pastagem, área de vegetação primária e reserva legal e a análise temporal das mudanças de usos da terra dos municípios pertencentes à Microrregião entre os anos de 1985, 2010 e 2020, conforme dados do MapBiomias (2020). Como resultados, observou-se nas análises químicas dos solos um pH (4,6 a 5,3) fortemente ácido no perfil em área de Reserva Legal. Em área de capoeira são moderadamente ácidos (5,6 a 6,5), (5,9 e 6,1), (5,73 e 6,0) e apenas o Perfil 08 apresentou reação fortemente ácida, com pH entre (4,31 e 4,61). Os dois perfis em área de pastagem apresentaram pH na faixa de (5,09 e 6,01) e (5,5 e 5,8) e os perfis em área de vegetação primária pH entre (5,9 e 6,0), (5,0 e 5,4), (5,6 e 6,1), (5,3 e 6), respectivamente, o que permite classificá-los como moderadamente ácidos. São solos com limitações quanto seus atributos físicos e químicos, apresentaram baixa fertilidade natural (exceto perfil 11). São solos de baixa saturação por base, presença de erosão e licitações quanto à drenagem. Em relação às potencialidades dos solos analisados, destaca-se a elevada quantidade de matéria orgânica e a forma de relevo (planos e suave ondulados), o que facilita o uso da terra em diversas culturas, sobretudo a agricultura mecanizada, em razão de o maquinário agrícola ser facilitado nesses tipos de relevo. A análise estatística mostrou que os teores de K^+ , Ca^+ e Mg^+ variaram entre os diferentes usos do solo, tal como os teores de Potássio (K) dos perfis em sistema de capoeira, vegetação primária e pastagem, que apresentaram maior homogeneidade, enquanto os teores de Ca^+ , Mg e Ca^2 apresentaram menor homogeneidade. Os valores médios do K foram menores no sistema pastagem, devido ao manejo inadequado do solo ou pelo superpastejo. Apesar disso, o teor de potássio no solo pode ser elevado com o desenvolvimento de uma estratégia de manejo de potássio com a fertilização de nutrientes essenciais. A análise estatística comprovou que a média dos atributos químicos (pH, Al, P, Ca, Mg, H, Al, SB e MO) são abaixo do desejável para um solo produtivo. Na avaliação das mudanças de usos da terra da microrregião de Caxias entre os anos 1985, 2010 e 2020 constatou-se que houve significativo aumento da pecuária e redução da vegetação natural.

Palavras-chave: Paisagem. Solos. Usos da terra. Microrregião de Caxias – MA.

ABSTRACT

The increasing use of land, without taking into account its potentialities and limitations, occurs in changes in soil attributes, especially when there is no proper management of these. Thus, the main objective of this research was to evaluate the Chemical and physical attributes of soils under different land uses in the Microregion of Caxias – MA. The region known historically for its economic and environmental importance has been experiencing strong problems associated with land use, interconnected with inadequate land management. In the meantime, this research was developed from the concept of landscape, consisting in the discussion of geography as a science that comprises the process of construction between time and space through the interrelationship between nature and assisted society in the landscape. In conducting the research, we analyzed the characterization of the regional and local landscapes of the study area, Pedological characterization of Maranhão, as well as the climatic characterization of the region. As main results, two soil profiles were classified and characterized in each municipality of the Microregion, totaling 12 profiles and 58 deformed samples, these were collected under the Ecological Zoning of Maranhão (2021/2022). The soils were classified up to the fourth categorical level (subgroups) of the Brazilian Soil Classification System, according to Santos et al. (2018). The description and collection of samples were performed following the procedures recommended by IBGE (2015), chemical and physical analyses according to Embrapa (1997), and from Camargo et al. (2009), the basic descriptive statistical analysis. The characterization of land use relationships in the Microregion of Caxias under capoeira system, pasture, area of primary vegetation and legal reserve was also carried out and the temporal analysis of changes in land use of the municipalities belonging to the Microregion between the years of 1985, 2010 and 2020, according to data from MapBiomias (2020). As a result, it was observed that in the Chemical analyzes of the soils, a pH (4.6 to 5.3), strongly acidic in the profile in the Legal Reserve area, in the capoeira area are moderately acidic (5.6 to 6.5), (5.9 and 6.1), (5.73 and 6.0) and only Profile 08 showed a strongly acidic reaction, with pH between (4.31 and 4.61). The two profiles in the pasture area showed pH in the range of (5.09 and 6.01) and (5.5 and 5.8) and the profiles in the primary vegetation area pH between (5.9 and 6.0), (5.0 and 5.4), (5.6 and 6.1), (5.3 and 6), respectively, which allows classifying them as moderately acidic. These are soils with limitations in terms of their physical and Chemical attributes, with low natural fertility (except profile 11). They are soils with low base saturation, presence of erosion and tenders regarding drainage. Regarding the potential of the analyzed soils, the high amount of organic matter and their relief form (flat and gently undulating) stand out, which facilitates the use of the land in several cultures, especially mechanized agriculture, due to the agricultural machinery being facilitated in these types of relief. The statistical analysis showed that the K⁺, Ca⁺ and Mg⁺ contents varied between the different soil uses, as well as the Potassium (K) contents of the profiles in capoeira system, primary vegetation and pasture, which presented greater homogeneity, while the contents of Ca+Mg and Ca² showed less homogeneity. Mean K values were lower in the pasture system, due to inadequate soil management or overgrazing. Despite this, the potassium content in the soil can be increased with the development of a potassium management strategy with the fertilization of essential nutrients. The statistical analysis proved that the average of the chemical attributes (pH, Al, P, Ca, Mg, H, Al, SB and MO) are below the desirable for a productive soil. In the evaluation of land use changes in the Caxias microregion between 1985, 2010 and 2020, it was found that there was a significant increase in livestock and a reduction in natural vegetation.

Keywords: Landscape. Soils. Land uses. Microregion of Caxias – MA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização da área de estudo	13
Figura 2	Esquema teórico da abordagem geossistêmica, segundo o modelo em tripé proposto por Bertrand	24
Figura 3	Fluxograma das etapas da pesquisa	34
Figura 4	Mapa de localização dos perfis de solos	36
Figura 5	Testes morfológicos dos solos em campo.....	37
Figura 6	a) Luvissole Háplico Pálico; b) Luvissole Crômico Órtico	47
Figura 7	a) Nitossolo Vermelho eutrófico; b) teste de magnetismo no solo com ímã industrial	48
Figura 8	a) Vertissolo Háplico; b) Vertissolo Hidromórfico; c) slickensides presentes no horizonte do perfil de Vertissolo Hidromórfico da figura b	
Figura 9	Perfil 01: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico.....	56
Figura 10	Perfil 02: ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico	57
Figura 11	Perfil 03: LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico	58
Figura 12	Perfil 04: PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico	59
Figura 13	Perfil 05: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico.....	60
Figura 14	Perfil 06: NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário	61
Figura 15	Perfil 07: LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico	62
Figura 16	Perfil 08: LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico	63
Figura 17	Perfil 09: ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico	64
Figura 18	Perfil 10: PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário húmico	65

Figura 19	Perfil 11: CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário	66
Figura 20	Perfil 12:ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto	67
Figura 21	Mapa de mudanças de usos da terra no município de Parnarama	102
Figura 22	Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Parnarama – MA.....	104
Figura 23	Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Timon – MA.....	164
Figura 24	Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Timon – MA.....	165
Figura 25	Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Matões.....	167
Figura 26	Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Matões.....	168
Figura 27	Mapa de mudanças de Usos da terra no município de São João do Sóter.....	170
Figura 28	Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em São João do Sóter.....	171
Figura 29	Mapa de mudanças de usos da terra no município de Buriti Bravo.....	171
Figura 30	Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Buriti Bravo.....	116
Figura 31	Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Caxias.....	175
Figura 32	– Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Caxias.....	176
Figura 33	Solos sob sistema de capoeira.....	177
Figura 34	Vegetação na área de pastagem dos perfis 02 e 12.....	179
Figura 35	. Vegetação característica das áreas de vegetação primária.....	181
Figura 36	Área de reserva legal onde o perfil 07 foi descrito.....	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da Ocupação Florestal, agrícola e áreas degradadas do estado do Maranhão e percentual relativo de contribuição na ocupação florestal e agrícola Maranhense de 2020 (c, 2020)	28
Tabela 2 – Perfis coletados na Microrregião de Caxias.....	55
Tabela 3 – Especificações das classes de reação dos solos.....	68
Tabela 4 – Capacidade de troca de cátions (CTC) e suas implicações práticas.....	72
Tabela 5 – Classes de interpretação para MO.....	76
Tabela 6 – Dados da granulometria do solo	78
Tabela 7 – Solos com alto grau de intemperismo	80
Tabela 8 – Estatística descritiva dos perfis.....	151
Tabela 9 - Dados referentes aos valores totais das classes de usos em 1985, 2010 e 2020 em Parnarama.....	161
Tabela 10 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em 1985, 2010 e 2020 em Timon – MA.....	165
Tabela 11 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Matões entre os anos de 1985, 2010 e 2020.....	168
Tabela 12 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Matões entre os anos de 1985, 2010 e 2020.....	171
Tabela 13 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Buriti Bravo nos anos de 1985, 2010 e 2020.....	174
Tabela 14 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Caxias nos anos de 1985, 2010 e 2020.....	177

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos tipos climáticos no estado do Maranhão propostos por Thornthwaite (1948)	117
Quadro 2 – Fases de relevo dos perfis de solos analisados.....	148
Quadro 3 – Classes texturais dos perfis analisados.....	149
Quadro 4 - Quadro síntese das potencialidades e limitações dos solos.....	156
Quadro 5 - Classes de usos da terra utilizadas na análise temporal dos municípios de Timon, Parnarama, Matões e São João do Sóter.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al – Alumínio

Bt – B textural

Ca – Cálcio

cm – centímetro

Cmolc – Centimol de carga

CTC – Capacidade de troca de cátions

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

g – Grama

H – Hidrogênio

ha – hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K – Potássio

KCl – Cloreto de potássio

Kg – Quilograma

Mg – Magnésio

mm – Milímetro

Mol L⁻¹ – Molaridade

P – Fósforo

S – Soma de bases

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	17
3.1 O percurso histórico da geografia como ciência	17
3.2 O conceito de paisagem na geografia	21
3.3 A paisagem e os usos da terra	26
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
4.1 Revisão bibliográfica	33
4.2 Trabalhos de campo.....	37
4.3 Análises laboratoriais e estatística descritiva básica	38
5 CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS REGIONAL E LOCAL DA ÁREA DE ESTUDO	40
5.1 O Cerrado maranhense	40
5.2 Caracterização pedológica do maranhão.....	42
5.3 Caracterização climática do maranhão	50
6 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS	120
6.1 Identificação e localização das amostragens de solos	55
6.2 Análises químicas dos perfis de solos.....	132
6.3 Análise Física dos Solos.....	142
7. ANÁLISE FÍSICA DOS SOLOS.....	158
8 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO.....	82
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
ANEXOS.....	139

1 INTRODUÇÃO

O conceito de solo ou sua definição está constantemente condicionado ao conhecimento preliminar de quem o conceitua, associado à sua área de estudo e à área de conhecimento. Nesse entremeio, a definição de solos que estabelece maior associação e mais usual entre a Ciência Geografia e a Ciência dos Solos é o conceito de Santos et. al (2018), que aborda o solo como o resultado da composição do conjunto de indivíduos naturais na superfície da Terra, constituído por porções sólidas, líquidas, juntamente com a decomposição das rochas, mediante processos físicos, biológicos e químicos, um processo denominado de intemperização.

Outro conceito de solos correlacionado à ciência geográfica é o conceito retratado por Embrapa (2018), que descreve o conceito de solo com dinâmico e tridimensional, que ocupa uma grande parte do manto superficial do planeta Terra. Para Pereira (2019), a análise dos atributos do solo é consideravelmente proveitosa para a interpretação da relação solo-paisagem, além de contribuir com informações quanto ao uso, conservação e manejo desse recurso limitado.

A Pedologia, conhecida por ser a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos, que investiga a interação entre os fatores e os processos de formação do solo, que vai desde a influência nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo, até a classificação taxonômica, teve seu início com os estudos de Dokuchaev (1846–1903), onde originou um modelo fatorial de formação do solo.

Dessa forma, as investigações sobre as feições morfológicas e as características do solo refletem a atuação dos processos pedogenéticos na sua formação e são ferramentas essenciais para compreender sobre os atributos dos solos e sua correlação com os usos da terra. De modo igual, as investigações sobre as relações solo-paisagem são ferramentas essenciais nos estudos detalhados dos atributos do solo e no mapeamento e levantamento de solos, pois a associação entre os atributos topográficos e as classes de solos é potencialmente proveitosa para melhorar a predição da ocorrência dos tipos de solos nas paisagens (CAMPOS et al., 2006).

Todavia, mesmo sendo uma temática com significativa relevância para a discussão dos conceitos das relações solo-paisagem, poucos são os trabalhos que abordam a temática com vistas a analisar o comportamento do solo diante da interação dos elementos da paisagem, embora esses modelos possibilitem compreender as relações entre as condições do solo e os aspectos que influenciam diretamente a dinâmica da paisagem e do solo.

Rodrigues (2004) reconhece e conceitua a paisagem como um sistema espaço-temporal, uma organização espacial aberta e complexa formada por intermédio da interação entre componentes ou elementos físicos que podem, em diferentes graus, ser transformados ou modificados pelas atividades humanas. Dentre os componentes da paisagem, os solos e seus atributos são componentes fundamentais para a análise do comportamento, evolução e caracterização da paisagem, desde que analisados em conjunto. Como forma de compreender o comportamento do solo na paisagem, Pereira (2020) destaca que é essencial compreender os dois termos em questão separadamente, a fim de procurar um caminho entre eles, tal como as formas com que são analisados em conjunto.

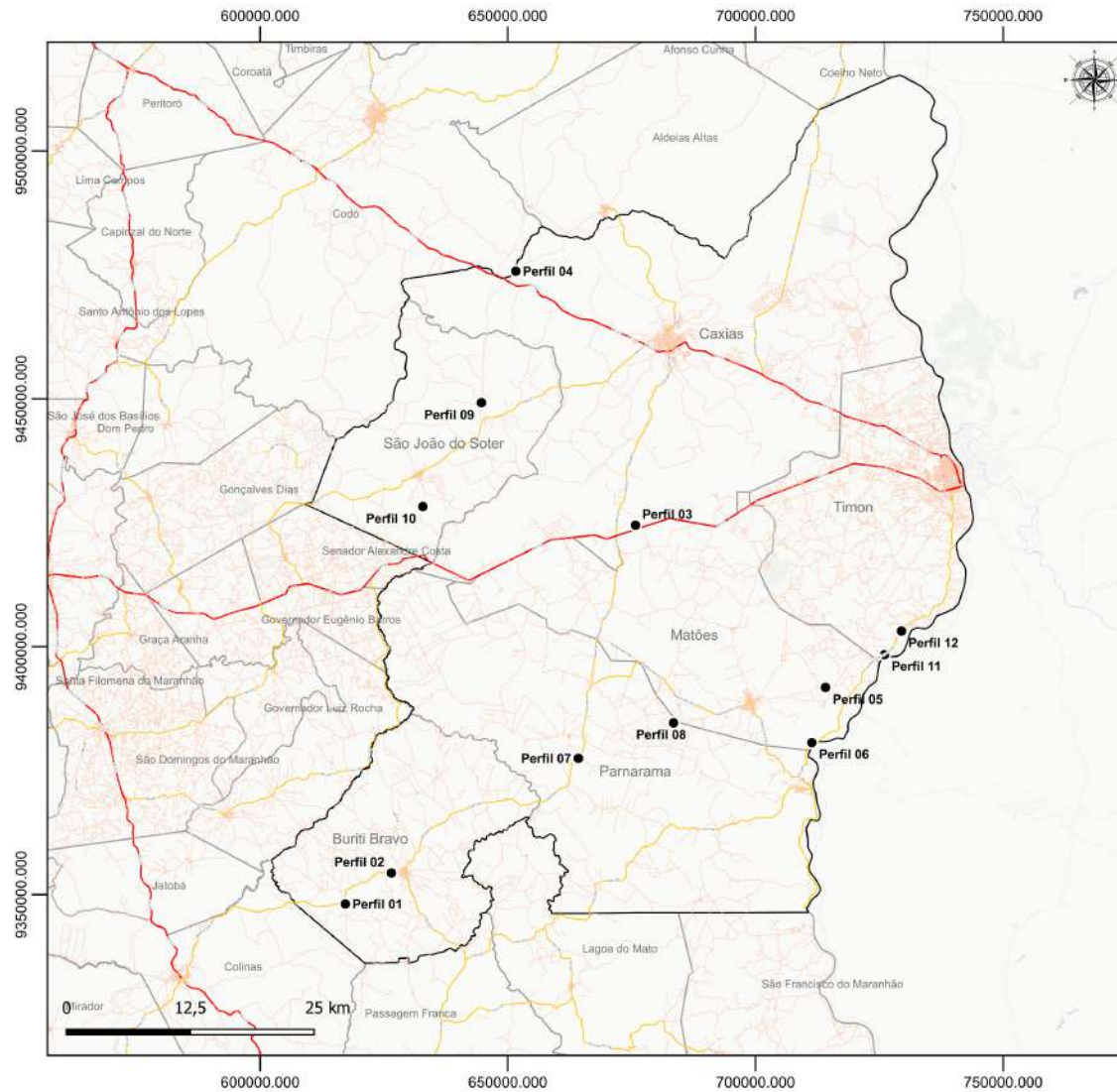
O Maranhão, estado conhecido por sua grande diversidade de ecossistemas em que ocorrem a Floresta Amazônica, cerrado, campos inundáveis, manguezais, restingas, caatinga e a mata dos cocais, geograficamente, está inserido em uma área de transição climática entre a Amazônia úmida e Nordeste semiárido (SPINELLI, 2016).

Tal diversidade de ecossistemas decorre da variação climática presente no território maranhense, bem como na variação do embasamento rochoso que, mesmo sendo constituído predominantemente por rochas sedimentares, abrange áreas de derramamento basáltico e de rochas cristalinas, tal como na diversidade de formas de relevo que decorrem em uma significativa variabilidade de solos. Muniz (2006) destaca que a vegetação do Maranhão reflete os aspectos transicionais do clima e da cobertura pedológica procederam de variados ecossistemas e grande diversidade de paisagens.

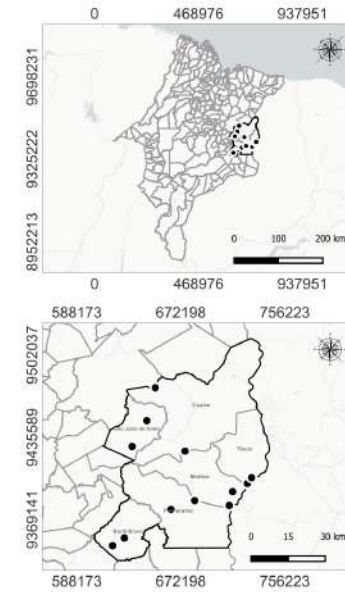
Dentre as paisagens e ecossistemas do estado do Maranhão tem-se a Microrregião de Caxias que compreende seis municípios, sendo eles Buriti Bravo, Caxias, Matões, Parnarama, São João do Sóter e Timon que, apesar de sua importância econômica e ambiental, conforme observações empíricas e em dados científicos, vem passando por fortes problemas associados ao uso da terra, que podem estar associados aos efeitos do uso da terra sobre os atributos dos solos.

A Microrregião de Caxias (Figura 1) está localizada na Mesorregião Maranhense, região conhecida por historicamente passar por processos de exploração acelerada envolvendo as fisionomias vegetacionais importantes do Bioma Cerrado (CONCEIÇÃO et al., 2010)..

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Convenções Cartográficas

- Perfis
- Hierarquia Viária**
- Rodovias Federais
- Rodovias Estaduais
- Outras Vias
- Microrregião de Caxias
- Limites Municipais

Sistema de Coordenadas Planas
 Datum: SIRGAS 2000. Fuso UTM 23S
 Base de Dados: IBGE, 2021 e MapBiomis, 2020.
 Elaboração: Vitória Gleyce Sousa Ferreira



Fonte: IBGE (2020). Adaptado pela autora (2022).

Na literatura muito se discute sobre as áreas de ocorrência de cerrado no Maranhão, onde engloba várias formas de vegetação e tipos estruturais, com fortes interações de fatores climáticos, topográficos e edáficos, além da presença do fogo, que são elementos considerados determinantes em sua ocorrência. Ademais, as áreas de Cerrado Maranhense estão despertando grande interesse por parte agricultores, sobretudo sojicultores, que se instalaram inicialmente no sul do estado, onde constituíram o polo agrícola de Balsas (LEMOS, 2001).

Esse interesse por terras na região do Cerrado Maranhense é explicado por Reis e Conceição (2010). Para os autores, a região apresenta uma topografia favorável à mecanização e dispõe de solos argilosos, o que levou a ocupação de extensas áreas de plantações de soja. Ademais, a Microrregião de Caxias se encontra geograficamente inserida em áreas do Cerrado Maranhense, onde há uma presença significativa de atividades extrativistas e agropecuárias.

No entanto, mesmo com uma expressiva variabilidade de solos no Maranhão, os estudos sobre os atributos químicos e físicos do solo e sua correlação com os usos da terra ainda são insuficientes, o que reflete em uma quantidade reduzida de informações sobre o comportamento dos solos no estado, pois grande parte dos estudos ou informações sobre os solos maranhenses procedem dos estudos pioneiros de Jacomine et al. (1986), por meio de cartas pedológicas do IBGE (2013) e levantamentos do Zoneamento Ecológico-econômico (IMESC 2020; 2021).

Dessa forma, muitos problemas relacionados ao solo no Maranhão estão diretamente ligados ao nível de complexidade em sua caracterização e identificação, ou à falta de levantamentos pedológicos. A caracterização dos atributos morfológicos dos horizontes do perfil, tais como espessura, transição, cor, textura, estrutura e consistência, entre outros, pode possibilitar uma melhor compreensão da dinâmica de formação do solo, bem como sua classificação e inferências sobre o manejo mais adequado (PEREIRA, 2019).

Enquanto estrutura, a dissertação é dividida em nove tópicos centrais. O primeiro trata-se da parte introdutória do trabalho. O segundo expõe o objetivo geral e os específicos da pesquisa. O terceiro tópico trata sobre o referencial teórico-metodológico norteador da pesquisa, que se reporta às discussões a respeito do histórico da Geografia como Ciência, sobre o conceito de Paisagem na Geografia, correlacionando-o com a proposta de categoria de análise da pesquisa, que tem como principal base conceitual os preceitos de Bertrand (1972).

Ainda no terceiro tópico são dispostas discussões sobre a paisagem relacionada com os usos da terra. No quarto tópico foram descritos os caminhos metodológicos da pesquisa.

O quinto tópico apresenta a caracterização das paisagens regional e local da área de estudo, abordando, de forma introdutória, o Cerrado Maranhense e em seguida a caracterização pedológica do Maranhão, finalizando com a caracterização climática do Maranhão e da Microrregião de Caxias.

O sexto tópico apresenta a classificação e a caracterização dos solos, abordando a identificação e a localização das amostragens de solos. Em seguida tem-se os resultados das análises químicas dos perfis de solos e das análises físicas, finalizando com a Estatística Descritiva Básica das análises químicas e físicas dos solos mapeados.

O sétimo tópico refere-se à identificação das relações de usos da terra sob sistema de capoeira, pastagem, vegetação primária, reserva legal e suas influências na dinâmica da paisagem. O oitavo tópico aborda as mudanças de usos da terra da Microrregião de Caxias entre os anos 1985, 2010 e 2020. Adiante tem-se as considerações finais da pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar os atributos químicos e físicos do solo diante dos usos da terra na Microrregião de Caxias – MA.

2.2 Específicos

- Identificar as relações de usos da terra com os atributos químicos e físicos dos solos na microrregião de Caxias;
- Analisar as implicações de usos da terra e seus impactos na paisagem a partir de indicadores físicos e químicos dos solos;
- Caracterizar os aspectos que influenciam diretamente a dinâmica da paisagem e do solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 O percurso histórico da Geografia como Ciência

A Geografia é uma Ciência em constante processo de transformação. Assim como outras ciências, a Geografia percorreu e transpõe diferentes abordagens dentro das suas correntes. Nessa perspectiva, durante os últimos 70 anos a história da Geografia expressa uma diversidade de situações metodológicas e filosóficas que foram associadas aos diferentes momentos econômicos, sociais, políticos e ambientais.

Posteriormente, a Geografia transpôs por acontecimentos significativos ao longo da história do pensamento geográfico, que foram pautados a partir da tentativa de analisar e compreender as relações determinadas entre natureza e sociedade. Em decorrência disso, surge a fragmentação da Geografia em “humana” e “física”. Segundo Santos (2008), essa fragmentação é característica da ciência moderna, e surgiu com base na revolução científica, ampliando-se nos séculos seguintes.

A distinção entre Geografia Física e Geografia Humana caminhou sob diferentes óticas. De um lado estavam os chamados naturalistas e geógrafos físicos, que dispuseram uma importante contribuição para os estudos dessa área e algumas dessas contribuições deram suporte para a elaboração dos mapeamentos e classificações, para a compreensão e modelação das relações biogeográficas, ecológicas, geomorfológicas e hidroclimáticas, através da compreensão e observação da natureza e seus processos formadores. Por outro lado, progredia uma Geografia direcionada à compreensão dos processos e formas da sociedade, respaldada nas Ciências Humanas.

Embora muito discutida entre os geógrafos, muitos trabalhos de ambos os lados abordaram e ainda trazem uma discussão voltada aos seus interesses inerentes da Geografia Física ou da Geografia Humana, esquecendo-se da perspectiva integradora da Geografia. Para Sousa e Pereira (2017), a Geografia é uma Ciência dinâmica, que apresenta mudanças ao longo da sua trajetória evolutiva e impõe sempre uma reformulação nos paradigmas que norteiam cada ramo da Ciência.

As reflexões filosóficas quanto à relação sociedade e natureza no início do século XIX até o início do século XXI abarcam um período tanto quantitativo quanto qualitativo, por conta da mudança no contexto socioeconômico, com o surgimento das revoluções tecnológicas que proporcionaram novos avanços para com o pensamento geográfico em escala global (MORAIS; MELO, 2013).

A Geografia, até o século XIX, ainda necessitava de uma individualidade. O conhecimento geográfico estava “diluído” em um único corpo de conhecimento onde o Positivismo ganhou forte influência na Ciência, desencadeando uma fragmentação do conhecimento científico na área das Ciências da Terra, Ciências Exatas e Ciências Humanas, cada uma segundo seus objetos de estudos, desenvolvendo métodos dentro da ciência humana e natural (CLEMENTE, 2007).

Dentro desse contexto histórico, a Geografia mais tradicional preocupava-se mais com os estudos da natureza, sem inserir o homem, e toda a divisão entre a Geografia Física e a Humana passou a se fortalecer dentro da corrente Possibilista, dando mais destaque aos aspectos humanos e sociais e aos aspectos físicos.

Estudos de Nunes et al. (2015) reiteram que o Positivismo, ao passo que influenciava os geógrafos, em destaque aos geógrafos físicos, por outro lado também influenciava os geógrafos que se empenhavam nos aspectos mais sociais, o que evidentemente passou a incorporar novos paradigmas dentro das análises geográficas, culminando em alguns conflitos teórico-metodológicos no interior da Geografia.

Todo esse processo conflituoso foi associado à inexistência de uma discussão filosófica mais aperfeiçoada acerca dos métodos de interpretação da realidade são explicados por Sposito (2004) sendo três métodos: o hipotético dedutivo, que é responsável por descrever o real por meio de deduções e hipóteses; o dialético, que tem sua base no racionalismo, é um método que parte do geral para o particular e dispõe de uma veracidade que pode ser, na maioria dos casos, posta em dúvida. Já o método fenomenológico hermenêutico emerge na discussão acerca do sujeito, onde a sobreposição do sujeito ao objeto resulta em uma definição do objeto com base na perspectiva do sujeito.

O método hipotético-dedutivo apareceu na ciência a partir dos estudos do filósofo e metodólogo Sir Karl Raymund Popper (1975). Esse autor criticou o indutivismo e sugeriu um método que objetivava superar a dualidade entre o empirismo e o racionalismo, o que era até então uma novidade para a Ciência (MARCONI; LAKATOS, 2010). Para Popper (1975), a Ciência é hipotética e provisória e não apenas um conhecimento definitivo como os empiristas a consideravam.

O método que Popper sugeriu era considerado por ele como um método único, pois supera o racionalismo e empirismo puros. Para Diniz (2015), esse método equivale à percepção dos problemas, das contradições no conhecimento prévio ou em teorias já existentes. Desse modo, a partir desses problemas, contradições e lacunas que são elaboradas as conjecturas, as

hipóteses ou as soluções. As hipóteses, por sua vez, são testadas a partir da técnica nomeada por Popper de falseamento.

O falseamento se refere à tese empírica em que é feito o confronto entre a teoria e o experimento, com a intenção de falseá-la (RABELO, 2018). A teoria pode ser realizada através da experimentação ou por meio da análise estatística. Após a análises dos resultados, estes são submetidos à avaliação das conjecturas, das soluções ou hipóteses, preliminarmente elaboradas, que poderão ser consideradas ou desconsideradas.

O Método Dialético tem origem na complexidade das relações entre os resultados do pensamento humano e o que se produz (BECKER, 2007). Assim, esse método refuta o senso comum por si só, expressando-se na simples aparência dos objetos, ultrapassando dessa simples aparência, procurando a verdade ou a essência dos objetos, a qual é o fruto da razão (SPOSITO, 2004).

Por último, o método Fenomenológico Hermenêutico, um método que possibilita a percepção e a interpretação procedentes da imersão do observador no mundo observado por ele, tal como a aproximação com o fenômeno e a reorganização da própria visão de mundo. A fenomenologia hermenêutica não permite somente a visualização do fenômeno e a suspensão da preconcepção do observador, também permite a interpretação e a compreensão, através da imersão do observador no mundo observado e a proximidade com o fenômeno e o resultado da reformulação da visão de mundo do observador, viabilizando a compreensão da existência humana e a dos conhecimentos empossados no passado de maneira empirista ou racionalista (MEDEIROS; FILHO, 2016).

Em linhas gerais, foi por meio da corrente de pensamentos filosóficos e metodológicos do Positivismo que a Geografia se absteve da Idade Clássica e transpassou para a Era Moderna, trazendo uma nova forma de fazer a Geografia, acompanhada de uma nova perspectiva, com métodos de interpretação utilizados para tentar explicar o modelo político, filosófico e ideológico da época, pois cada vez mais os geógrafos percebiam a necessidade de aprofundar suas análises, já que as metodologias utilizadas até aquele momento não eram mais suficientes para trazer respostas quanto aos problemas existentes (CLAVAL, 2014). Foi então que a Geografia passou a fazer o uso da linguagem empírica, com o uso da Matemática e da Estatística.

Contudo, essa Nova Geografia recebeu críticas por conta do uso acentuado da técnica e por preocupar-se apenas com os resultados, o que conseqüentemente trouxe o desinteresse nas bases teóricas, gerando técnicas sem reflexões e dados utilizados sem fornecer nenhuma perspectiva de soluções para mudar a realidade social.

Foi então que os eventos ocorridos após a Segunda Guerra Mundial trouxeram transformações que alcançaram não somente uma reorganização do espaço geográfico e o avanço das geotecnologias e suas técnicas, mas trouxeram também transformações na dinâmica social, onde o mundo vivenciava um período de crises políticas, ambientais e sociais.

Diante dos acontecimentos na história do pensamento geográfico, a Geografia transformou-se e ainda está sendo moldada, seja pela estruturação discutida e reelaborada com o auxílio do surgimento dos novos debates que resultaram nas diferentes formas do pensamento ou de novas concepções de estudos (ROCHA, 2007). Com todo esse processo de construção e desenvolvimento do pensamento geográfico, as formas de refletir, pensar e observar os fenômenos socioespaciais foram fundamentais para a compreensão das relações sociais e sua apropriação do uso do ambiente ao longo dos tempos.

É nesse contexto que a ciência geográfica se apresenta como um importante instrumento de análise e interpretação da realidade, e nos últimos anos os estudos sobre a interação entre os aspectos sociais e naturais contribuíram consideravelmente para o avanço das discussões sobre as interações entre os elementos naturais e humanos.

Para Suertegaray (2002), a Geografia contribuiu para a elaboração de teóricos que foram fundamentais nas análises das interações homem-meio. Para a autora, na construção da Geografia buscava-se uma interação homem *versus* meio, o meio como sinônimo de natural e o homem como externo ao meio, ou externo à natureza. Ao longo do tempo a Geografia foi transformando sua compreensão, passando a pensar o ambiente como ser humano/sociedade e seu entorno, onde o homem não interagiu apenas com os objetos e ações, mas estava envolvido com eles, em uma integração conflitiva.

É certo que a Geografia enquanto ciência recebera diversas modificações em sua forma de fazer a Geografia, seja partir das transformações que aconteceram na sociedade, ou através dos modelos de relacionar-se e interagir com a natureza, que resultaram em grandes modificações no equilíbrio dinâmico da natureza, que repercutiram de modo negativo na sociedade.

Nessa perspectiva, a Geografia enquanto Ciência que analisa o espaço geográfico é a principal responsável por empenhar-se em compreender todo esse processo de construção entre o tempo e o espaço através da inter-relação entre natureza e sociedade observadas na paisagem.

3.2 O conceito de Paisagem na Geografia

As paisagens estão constantemente passando por transformações da ação humana dentro do espaço geográfico e ao passo que a sociedade se torna mais tecnificada, as modificações mostram-se cada vez mais intensas (SANTOS, 2020). A existência de paisagens naturais é praticamente inexistente, pois a interferência da ação dos mais diversos agentes sociais na qualidade de sujeitos produtores do espaço geográfico sempre está presente, mesmo que em um grau exíguo.

Ao longo do tempo, a paisagem conquistou vários significados, conceitos e métodos que se diversificam; os estudos passaram de uma abordagem mais restrita à análise dos componentes biofísicos e se preocupam mais com o complexo de interações entre os elementos naturais e humanos. E apesar de ser um tema com múltiplas interpretações dentro de diversos campos dos saberes, o conceito de paisagem abrange grande relevância na pesquisa da ciência geográfica e se apresenta como um importante instrumento de análise e interpretação

Considerando inicialmente os diferentes pontos de vista sobre o conceito de paisagem, é salutar ressaltar que foi a partir do desfecho da Segunda Guerra Mundial que o conceito de paisagem passa a ser compreendido como um Geossistema e deixa de ser retratado como um método empírico. Essa ruptura resultou nas três escolas de análise sistêmica da paisagem, sendo elas: a francesa, a alemã e a escola russo-soviética.

Para Rougerie e Beroutchachvili (1991), a visão sistêmica proporcionou maior reflexão sobre o conceito de paisagem e proporcionou a compreensão sobre os sistemas naturais através do funcionamento da paisagem e de sua estrutura. A paisagem passa por um novo horizonte epistemológico, a partir da caracterização da dinâmica dos elementos da natureza (MAXIMILIANO, 2004).

A vertente alemã, baseada na Escola Naturalista de Humboldt, debruçava-se sobre o conceito de paisagem natural (*landschaft*), incorporando-se aos Estudos de Ecologia e no conceito de Ecossistema. Segundo Gonçalves e Gonçalves (2015), os estudos da Escola Alemã foram o ponto de partida para os estudos referentes à paisagem na ciência geográfica, com as abordagens de Humboldt e Ritter. Foi então que se desenvolveu uma proposta sistêmica da paisagem e das ações humanas, através da dinâmica de fluxos e redes de matérias de energia.

Surge, então, a vertente russo-soviética, que tinha influência filosófica do Materialismo Dialético e tinha como objetivo realizar uma análise integrada da paisagem natural, com base na concepção de Unidade Natural sugerida por Dokuchaev (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2004).

Os estudos de Dokuchaev (1846-1903) deram origem ao modelo fatorial de formação do solo. Nas expedições pelo seu país, Dokuchaev constatou, a partir de suas observações, que o solo não era apenas um simples acúmulo de material geológico, mas era o resultado da interação de vários fatores. Foi então que a escola Russa de Dokuchaev passou a estudar o solo a partir de sua genética, o que resultou na categorização dos solos em diferentes classes, na definição de conceitos dos horizontes, na compreensão da distribuição dos solos na paisagem e na formalização do conceito de formação do solo, determinando os fundamentos da Pedologia (PEREIRA et al., 2019).

As contribuições dos estudos de Dokuchaev foram base para a origem da equação de formação do solo, proposta por Jenny (1899-1992). No livro *Factors of Soil Formation*, (JENNY, 1941) preconizou a seguinte equação: $S = f(cl, o, r, p, t...)$, em que: S: solo; cl: clima; o: organismos; r: relevo; p: material parental; t: tempo. Segundo Bockheim et al. (2005), esse modelo conceitual ainda vem sendo utilizado como forma de simplificar as relações entre os fatores de formação do solo que permitam o estudo dos processos pedogenéticos, apesar de apresentar uma perspectiva pragmática sem resposta em sua equação.

A partir das contribuições concedidas pelos estudos de Dokuchaev sobre o solo e os fatores que o compõem, o conceito de *landshaft* foi sendo desenvolvido. O estudo da paisagem passou a ser essencial no que se refere ao enfrentamento do ser humano contra as dificuldades naturais, tais como a seca, onde as escalas regionais passam a ser incorporadas a partir da base de zonalidade elaborada por Humboldt.

Analisando a concepção de paisagem, tanto Humboldt quanto Dokuchaev acreditam que a concepção de paisagem, em sua totalidade dialética de base natural, apresenta condições que possibilitaram o seu desenvolvimento. Foi a partir de então que o uso do Marxismo-leninismo como doutrina possibilitou a análise dialética das totalidades, bem como as interações entre os fenômenos e a falta de uma construção socialista que sustentasse o planejamento centralizado, onde haveria a necessidade de conhecer as unidades naturais de forma integral para que fossem alteradas e dominadas.

Apesar do esforço que o Estado Soviético mantivera para empreender projetos de planejamento territorial, os desastres ambientais decorrentes dos planejamentos não foram contidos, tal como o projeto de irrigação nas bacias endorreicas, dos rios Amu-Daria e Sir-Daria, localizadas na Ásia Central, o que desencadeou um expressivo desaparecimento do espelho d'água do Mar Aral (HAESBAERT, 1998).

Foi nesse contexto que Sothava, um especialista siberiano, formulou a Teoria dos Geossistemas (SOTCHAVA, 1960). Para tanto, o autor utilizou a teoria geral dos sistemas que

fora elaborada pela escola russa. Em sua interpretação, ele traz o conceito de paisagem como a formulação sistêmica, contemplando cinco atributos sistêmicos fundamentais: a estrutura, o funcionamento, a dinâmica, a evolução e a informação.

A estrutura é considerada um elemento relativamente estável e intrínseco quanto a sua organização enquanto sistema, que provoca a disposição dos elementos funcionais, ou seja, analisar este atributo proporciona o conhecimento sobre como a organização dos sistemas paisagísticos é formada (VIDAL; MASCARENHAS, 2020). Vidal e Mascarenhas (2020) ainda acreditam que ao se analisar o funcionamento da paisagem, sucederá na compreensão de como ela está estruturada e quais são as relações funcionais de seus elementos e será capaz de auxiliar na criação de modelos para o desenvolvimento e gestão dos territórios.

Para Sotchava (1978), a dinâmica e a evolução são atributos que trazem informações quanto às características dos elementos fundamentais para a diferenciação dos geossistemas, ou seja, podem auxiliar na diferenciação dos graus dos processos físico-geográficos e nos índices de mutabilidade do geossistema.

Na visão de Sotchava (1978), o conceito de paisagem natural (*landschaft*) era considerado sinônimo de geossistema. Somente a partir dessa formulação de análise de Sotchava que, pela primeira vez, a Geografia Física recebera sua própria análise espacial. Contudo, a concepção abordada pelo autor não incluía os resultados advindos das ações humanas como elemento.

Paralelamente, a vertente francesa elaborava sua metodologia, onde as ideias descritas por Sotchava (1978) são reformuladas pelo geógrafo francês Bertrand, que propunha o conceito de geossistema como uma categoria espacial que se altera conforme as interferências dos diversos agentes sociais na qualidade de sujeitos produtores do espaço geográfico, desconsiderando a concepção de que a paisagem era apenas a ligação dos elementos geográficos (PISSINATI; ARCHELA, 2009).

Para Bertrand (1968), a paisagem não é somente a adição dos elementos geográficos disparatados, e sim o resultado da combinação dinâmica instável em uma determinada porção do espaço dos elementos biológicos, antrópicos e físicos, que ao reagirem dialeticamente uns sobre os outros, formam uma paisagem de um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

O conceito predito por Bertrand (1972) pressupõe que a paisagem é constituída a partir do resultado da interrelação entre a esfera natural e a humana, ou seja, é a partir das ações do homem sobre o meio que surgirão os resultados na fisionomia da paisagem. Desse modo, a abordagem do autor exprime a ideia de paisagem de forma sistêmica, onde as unidades de

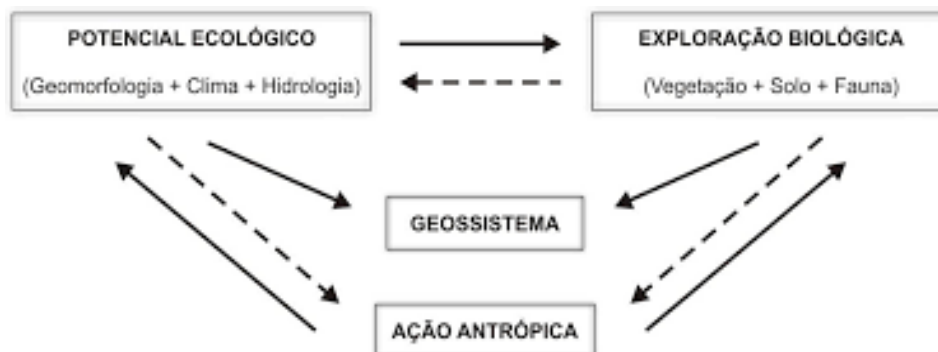
paisagem foram definidas sem escolher um ou outro elemento, mas agregando todos os elementos que constituem a paisagem; sendo esse o conceito adotado nesta pesquisa.

Feito isso, o autor propôs um tripé para enfatizar a atribuição que cada elemento desempenha na configuração da paisagem. Esse tripé considera o potencial ecológico abarcando a geomorfologia, a geologia e o clima. Outro aspecto considerado na concepção do autor é a exploração biológica, em que ele destaca o solo e a vegetação, e aos agentes sociais, que são representados pelas manifestações sociais, econômicas, culturais da sociedade, ressaltando a função desempenhada por cada um deles na composição da paisagem.

Desse modo, a escola francesa tentava não favorecer a esfera natural em detrimento da esfera social. O autor também demonstra que é possível observar a paisagem de forma homogênea, onde a sociedade e a natureza se relacionam, construindo uma só entidade no mesmo espaço geográfico (SCHIER, 2003). Contudo, contrário ao que Schier (2003) afirma sobre a observação homogênea, Dias e Santos (2007) expressam que o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Para esses autores, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

Como visto, a paisagem foi considerada tanto como homogênea como heterogênea; contudo, ao considerar que relevo, clima, água, vegetação, solo, fauna, ação antrópica possuem dinâmicas específicas, bem como suas inter-relações, esses aspectos não tornam a paisagem homogênea. Da mesma forma como foi caracterizada por Selman e Doar (1992), que a consideraram como heterogênea por apresentar funcionalidades diferentes, no tocante ao fluxo de energia, materiais ou espécies, considerando os elementos da paisagem. O esquema teórico elaborado por Bertrand (1972) está detalhado na figura 2.

Figura 2 – Esquema teórico da abordagem geossistêmica, segundo o modelo em tripé proposto por Bertrand



Fonte: Bertrand (1972).

Na Geografia, a abordagem geossistêmica pode auxiliar na produção do diagnóstico e na realização de estudos com enfoque na gestão ambiental, com potencial contribuição no

planejamento territorial ou na gestão ambiental, ou seja, é a partir da metodologia bertrandiana, com o auxílio dos métodos de análise e suas subdivisões, que sucederá uma compreensão mais expressiva sobre a estrutura e a dinâmica das unidades da paisagem.

Compreender a complexidade nos sistemas ambientais é mais que um desafio, pois as propostas com a visão geossistêmica consideram uma visão que busca compreender o funcionamento dos ambientes e suas inter-relações, como é o objetivo desta pesquisa avaliar os elementos da paisagem e sua relação com a dinâmica do uso da terra. Contudo, apesar de ser considerada uma metodologia desafiadora, é uma importante proposta metodológica para compreender a dinâmica da paisagem e sua correlação com os solos analisados, a partir da descrição e análise do espaço geográfico.

Proveniente dos estudos de Bertrand (1972), Tricart (1977) debruçava-se sobre os estudos da Ecodinâmica. Em sua obra, Tricart (1977) propõe uma análise da estrutura da paisagem a partir da dinâmica dos ecótopos. A partir dessa nova abordagem notoriamente geomorfológica, esse autor classificou as paisagens de acordo com a fragilidade ambiental da área, dando destaque a sua vulnerabilidade quanto aos processos erosivos e enfatizava as áreas em que tinham maior predomínio a morfogênese, a pedogênese ou o balanço entre morfogênese e pedogênese. Segundo Tricart (1977, p. 32):

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente [...].

Para o autor, é com base nesse conceito que será possível proceder em diálogo entre as necessidades da análise e a visão integradora, havendo então a possibilidade de verificar os problemas do ambiente a partir da análise dos sistemas, sem que seja necessário separá-las para compreendê-las. Tricart (1977) afirma que o conceito de sistema corresponde ao instrumento lógico para analisar os problemas ambientais, uma vez que possibilita uma conduta mais dialética entre a análise decorrente da ciência e das técnicas de investigação, juntamente com a indispensabilidade de uma revisão única, do todo, apto para aferir a eficiência de uma ação no ambiente.

Tricart (1977) também contribuiu consideravelmente para o conceito de ecodinâmica, em que ele indica um modelo de avaliação integrado das unidades territoriais, baseado na pedogênese e na morfogênese, contribuindo para sua classificação quanto aos graus de estabilidade-instabilidade. O conceito sugerido por ele assume trocas de energia e matéria na natureza, que se processam em relações de equilíbrio dinâmico, ou seja, as áreas em que

predominam os processos morfogenéticos são compreendidas como instáveis, já as áreas que prevaleciam a pedogênese são consideradas estáveis, com uma perspectiva da ecodinâmica; ao passo que haveria equilíbrio entre os dois processos, a área passa a ser reputada como intergrade, ou seja, de estabilidade intermediária (SILVEIRA et al., 2005).

Ademais, as unidades Ecodinâmicas foram classificadas por Tricart (1977) em três categorias, sendo elas: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis, onde a representação dessas unidades da paisagem eram representadas na Carta Ecodinâmica. Ademais, essas unidades são definidas pelos elementos socioeconômicos e ambientais que fazem parte da composição do espaço geográfico em níveis, sendo capaz de evidenciar diferentes graus de fragilidades.

Ross (1994, 1995); Ross et al. (2008); Amaral e Ross (2009), a partir da metodologia de Tricart (1977), propuseram as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidades Emergentes. Na adaptação proposta, os autores consideram as áreas que possuem graus de fragilidades ocasionadas pelas intervenções decorrentes das constantes ações dos agentes sociais e tiveram seus ambientes naturais alterados. Os mesmos autores formularam também as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidades Potencial. Para eles, apesar de existir o equilíbrio dinâmico em uma área, estas não deixam de apresentar fragilidade ao rompimento desse equilíbrio diante das prováveis alterações das ações humanas.

Ao passo que o conceito de paisagem transcorre em diferentes visões de autores das escolas Alemã, Russa e Francesa, pode-se inferir que o termo paisagem se transformou em uma categoria de análise essencial para realizar pesquisas na Geografia, e ao longo dos anos os estudos sobre paisagem receberam contribuições e adaptações que contribuiriam para o aprimoramento dos estudos da paisagem, assim como esta pesquisa, que tem por categoria de análise a paisagem e tem como base conceitual os preceitos de Bertrand (1972).

3.3 A paisagem e os usos da terra

A partir da discussão acerca do conceito de paisagem na perspectiva de diferentes autores na seção anterior, compreende-se então que o debate sobre o conceito de paisagem é importante para a apreensão de seu uso na ciência geográfica e necessário para a validade como categoria de análise nos dias atuais. Além da questão anteriormente mencionada, é salutar ressaltar que a paisagem pode dizer muito sobre o comportamento dos solos nela inseridos, visto que o processo histórico de fragmentação da paisagem associado à intensificação de diferentes usos da terra está interligado a diferentes fatores.

Dentre esses fatores, o relevo é um elemento determinante para a escolha do uso da terra na paisagem. A percolação hídrica interfere no processo de formação do solo, tornando-se responsável pela evolução das formas do relevo, através da alteração nos atributos dos solos.

O tipo de relevo interfere na redistribuição de água e sedimentos na paisagem que, por sua vez, influenciam o tipo de uso do solo. Em áreas de relevo plano a suave ondulado concentra-se a atividade agrícola de maneira mais permanente, por se tratar com regime hídrico mais favorável, enquanto as encostas são comumente ocupadas por pastagens, após um curto ciclo agrícola inicial que se segue à derrubada da mata nativa (SANTOS et al., 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Nesse sentido, as características dos solos e seus atributos são ferramentas importantes para estudos que buscam relacioná-los com a superfície em que estão inseridos.

Ao analisar a paisagem, é fundamental observar os seus constituintes, incluindo os solos, que sustentam os elementos de superfície, visto que as classes de solos podem influenciar nos usos da terra, pois as classes codificam, favorecem, dificultam ou restringem determinados usos da terra na paisagem. Para Resende e Rezende (1983), os solos constituem os melhores estratificadores do ambiente, ou seja, a posição do solo na paisagem é resultado de uma série de fatores que proporcionaram o seu surgimento naquele local, com características estreitamente relacionadas com determinada paisagem.

Além disso, os atributos dos solos são componentes da paisagem, onde cada mudança na superfície interfere na dinâmica superficial e subsuperficial dos solos, ocasionando modificações estruturais, sendo refletidas na própria paisagem. Esse cenário impõe a necessidade de pesquisas que caracterizam a relação mútua entre os solos e seus usos, correlacionando os atributos dos solos e as mudanças decorrentes das condições estabelecidas no uso em que estão submetidos, tal como é o objetivo principal desta pesquisa.

Dessa forma, a identificação dos fatores condicionantes é imprescindível para compreender como influenciam na estrutura, dinâmica e funções da paisagem. Faz-se então relevante associar os usos da terra como os principais modeladores condicionantes da paisagem.

No Maranhão, com o decorrer da ocupação humana nos últimos séculos, principalmente pela frente de expansão agrícola, evidencia-se a influência contínua dos sistemas de produção na dinâmica de usos da terra. Trovão (2008) supõem que as motivações que trouxeram os migrantes do leste para o oeste do Maranhão são de caráter repulsivo, quando se trata do fenômeno periódico das secas, ou mesmo de caráter atrativo, nesse caso, quando são considerados fatores como a disponibilidade de terras devolutas, melhor distribuição das chuvas, solos de boa fertilidade e a disponibilidade dos recursos florestais.

Entre os índices de ocupação do espaço sob usos da terra na Microrregião de Caxias, estão em destaque as áreas destinadas para o uso agrícola, que chegaram a representar cerca de 3,55% do território maranhense em 2020 (Tabela 1). Já as áreas com ocupação de Florestas Nativas na Microrregião de Caxias, estima-se que equivalem a 5,1%, ou seja, no Maranhão, cerca de 163,955 ha de áreas de florestas nativas encontram-se na Microrregião de Caxias (IBGE, 2020).

Tabela 1 – Dados da Ocupação Florestal, agrícola e áreas degradadas do estado do Maranhão e percentual relativo de contribuição na ocupação florestal e agrícola Maranhense de 2020

Ocupação Florestal, Agrícola e Áreas Degradadas	Maranhão (ha)	Microrregião de Caxias (%)
Florestas nativas	3.214.805*	5,1*
Áreas degradadas	338.337	3,55
Área total de estabelecimentos agrícolas	12.238. 489	4,6

Fonte: IBGE (2020).

*Dados do censo de 2006

Considerando que o Maranhão tem uma área da unidade territorial equivalente a 32.965.149,5 ha (IBGE, 2020), os percentuais obtidos pela: [(área ocupada pela Microrregião/área ocupada no Maranhão) x 100] evidenciaram que essa fração representa cerca de 163.982 hectares da área ocupada pela microrregião. O valor equivalente é preocupante, visto que a Microrregião de Caxias está localizada em uma área do Bioma Cerrado do Estado do Maranhão e localiza-se em área da fronteira agrícola, a saber, região com características edafoclimáticas favoráveis e solos com grandes potencialidades de produção com predominância de paisagem característica do cerrado (CRUZ et al., 2017).

Os dados descritos na Tabela 1 também evidenciam que os índices de áreas degradadas são inferiores aos índices de Florestas Nativas, representando cerca de 1,02% do total do território maranhense em hectares. O valor estimado de áreas degradadas no Maranhão é de aproximadamente 338.337 ha. Contudo, para a Microrregião de Caxias, o valor do percentual de degradação é de 3,55%, sendo equivalente 12.019 ha.

Dados recentes fornecidos pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos destacam que Caxias, o maior município da Microrregião, é o principal responsável pela economia regional, com destaque para a agropecuária e a agroindústria (IMESC, 2020). E por proporcionar bens e serviços essenciais para os seres humanos, o valor econômico da produção agropecuária e florestal, como exemplo, o solo, depende não apenas dos seus atributos e fertilidade natural, mas de sua utilização, uma vez que sua gestão interage em suas funcionalidades e pode permitir a produção de alimentos, fibras e outros recursos

essenciais à humanidade, do mesmo modo que pode incorrer na sua degradação e perda completa dos solos.

Diante de sua importância, o solo é um elemento da paisagem fundamental para a sustentação dos sistemas agrícolas e naturais. No entanto, as condições de degradação e o uso inadequado podem ser irreversíveis. Por esse motivo, é fundamental a adoção de meios de produção adequados para cada tipo de manejo, desde que sejam capazes de minimizar a degradação em extensas áreas comprometidas ou desenvolver novos sistemas de produção que sejam capazes de promover a conservação ambiental, social e econômica para as presentes e futuras gerações.

Com os estudos discutidos nesta seção, percebe-se que a Microrregião de Caxias está passando por constantes mudanças de usos da terra e o estudo dessas mudanças são fundamentais para diagnosticar os problemas decorrentes desse processo. Dessa maneira, constata-se que a redução da vegetação tem sido ocasionada pela expansão agrícola nessa região. E por ser um dos elementos da paisagem mais afetados pelo processo de usos inadequados, Pedron et al. (2007) afirmam que o solo necessita de uma regulamentação e planejamento em seu uso, pois um planejamento adequado com atenção do poder público para com a conservação da terra e dos bens naturais ainda presentes na paisagem rural implicaria em menos problemas de ordem ambiental, socioeconômica, saúde pública e tantos outros problemas atrelados à problemática.

Pinto (2014) reiterou que os estudos sobre atributos químicos e físicos do solo podem ser vistos como indicadores de processos que ocorrem em respostas às perturbações das ações humanas, podendo produzir importantes variáveis para predizer a qualidade dos solos. Dessa forma, a análise desses atributos e sua correlação com os seus usos torna-se um importante instrumento para auxiliar no monitoramento da conservação ambiental, pois pode caracterizar a situação atual, alertar para situações de risco e, por vezes, presumir situações futuras e contribuir para a análise sobre as mudanças de usos da terra.

Para Zonneveld (1995), as mudanças e as sucessões nos usos da terra são resultantes das complexas interações dos fatores naturais com os humanos, sendo que as atividades humanas, sobretudo as dos setores agrícolas, estão alterando os usos da terra em taxas, magnitudes e escalas espaciais sem precedentes. Nesse contexto, um dos enfoques dentro dos estudos de paisagem é analisar a relação dos atributos físico-bióticos (solos, topografia, microclima, vegetação, entre outros) na determinação da variação do uso da terra ao longo do tempo e do espaço (IVERSON, 1988; POUDEVIGNE et al., 1997).

Na concepção de Burgess e Sharper (1981), as mudanças nos usos da terra na paisagem rural são um agrupamento de áreas naturais e antrópicas que se diversificam entre formas, tamanhos e arranjos. Nesses ambientes, as múltiplas funções no campo social e ambiental engendram conflitos que devem ser intermediados por planejamentos quanto ao manejo dos recursos naturais. Desse modo, é importante associar que o processo de compra e venda de áreas rurais destinadas ao setor agrícola resultou também na anexação de novos recortes territoriais nas áreas rurais, o que pressupõe uma contínua redefinição dos usos da terra e a reestruturação nessas áreas.

Dessa maneira, os principais responsáveis por tal redefinição de uso da terra no espaço rural seriam determinados pelos proprietários rurais, a partir da produção execução de suas atividades agrícolas sem a consecução de um planejamento prévio para o adequado uso da terra, o que vem a desencadear problemas quanto a redução do potencial da produtividade agrícola e um aumento de riscos de degradação ambiental, como erosão e assoreamento, resultando em uma agricultura pouco produtiva e não sustentável, visto que o principal recurso natural para desenvolvimento agrícola é o solo.

De fato, algumas formas de especialização na produção agrícola podem gerar processos mais eficientes do ponto de vista econômico. No entanto, dada a falta de um planejamento adequado e com o constante aumento das necessidades humanas e atividades sociais para o uso dos recursos naturais na zona rural, é notório o comprometimento da produtividade e a capacidade da natureza para prover a matéria-prima para a sociedade, o que pode levar ao uso desregular desses recursos naturais. Assim ocorre na Microrregião de Caxias, onde a exploração dos recursos naturais gera motivo de preocupação, pois envolve fisionomias vegetacionais importantes do Cerrado (CONCEIÇÃO et al., 2010), com extensas áreas de florestas ainda preservadas, além de uma diversidade de classes de solos em seu território.

Dessa maneira, dadas as constantes atividades humanas atuantes no espaço geográfico no Maranhão, as mudanças ambientais passam a ser uma preocupação global, visto que tais mudanças podem afetar a biosfera e seus ciclos biogeoquímicos globais. Parte dessas mudanças ocorre de maneira difusa no espaço, tais como as mudanças atreladas à perda da biodiversidade e mudanças de uso da terra. Tais mudanças no uso da terra estão entre as mudanças globais mais significativas, que vêm assumindo acentuada importância nas áreas tropicais, em função do desmatamento, erosão e perda da produtividade dos solos.

Nessa conjuntura, Geist e Lambin (2001) apresentam três causas diretas que comandam os processos de mudanças de uso da terra, sendo estas: desmatamento, a expansão de culturas agrícolas ou pastagens, expansão de infraestrutura. E uma das principais mudanças

no uso da terra no Maranhão estão relacionadas à expansão da urbanização, de áreas agrícolas (agricultura intensiva) e de pastagem.

Em face das demais referências apresentadas, pressupõe-se que há uma necessidade de uma compreensão aprofundada sobre os estudos dos atributos químicos e físicos dos solos sob diferentes usos da terra, por constituírem-se um forte elemento para a identificação das melhores formas de usos da terra, além de possibilitar uma definição de parâmetros para a preservação dos solos analisados. Por consequente, informações de IBGE (2007) atestaram que os levantamentos de solos podem proporcionar subsídios que poderão evitar que áreas inadequadas para a exploração sejam desmatadas ou alteradas em suas condições naturais de equilíbrio, evitando assim danos irreversíveis à natureza, sem o esperado retorno dos investimentos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem como aporte teórico-metodológico a Teoria Geossistêmica que tem seus fundamentos baseados nos estudos de Sotchava (1977) e que foram difundidos no Brasil a partir das análises e publicações de Christofolletti (1999), Tricart (1977). Para Bertrand (1972), o Geossistema é a ligação entre Potencial Ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia), a Exploração Biológica (vegetação, solo, fauna) e Ação Antrópica (os fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial), que formam um complexo dinâmico que se correlaciona oferecendo, desse modo, importância à dinâmica social junto aos processos naturais.

Para Lopes (2014), o estudo pelo Geossistema, a partir do seu objetivo de adquirir dados e realizar correlações para compreender a natureza e todos os seus componentes, com a integração dos diferentes elementos que constituem os sistemas naturais implementou na Geografia o conceito de Geossistema com duas correntes diferentes de pensamento, são elas: a corrente francesa de Bertrand (1972), que possui maior expressão e que fora escolhida para fundamentar a abordagem metodológica desta pesquisa, e a corrente russa de Sotchava (1978).

Na concepção de Sotchava (1978), o Geossistema divide-se em três ordens dimensionais, nomeadas de regional, planetária e topológica. As classes de unidades, unidades homogêneas foram caracterizadas como (geômeros) e as unidades de estrutura dissemelhantes, caracterizadas como geócoros (SOTCHAVA, 1978).

Já o Geossistema interpretado por Bertrand (1972) é subdividido em unidades de paisagem. Sua divisão consiste na escala espaço temporal, de Cailleux e Tricart (1977) dessa maneira: zona, domínio, região natural, geossistema, geofácies e geótopo, onde as três unidades iniciais foram denominadas de superiores e as três restantes denominadas de inferiores (BERTRAND, 1972).

Nessa perspectiva, as pesquisas realizadas por Bertrand (1972) apresentam questões que demandam do geógrafo a preocupação não somente com os aspectos naturalistas, mas também com aspectos relacionados com a sociedade e a natureza, tal como é discutido em seu artigo que tem por título: “Le paysage entre la Nature et la Société” (A passagem entre a natureza e a sociedade) (BERTRAND, 1978).

Nesse artigo o autor evidencia que a Sociedade e a Natureza são indissociáveis no estudo da paisagem. O autor sugere edificar o conceito de Geossistema sendo o principal objetivo de estudo na esfera da “Geografia Física” o seu principal núcleo, sem dispensar o aproveitamento dos estudos setoriais e espaciais.

Para Reis Júnior (2007), Bertrand (1978) trouxe através da “Geografia Física” uma proximidade entre as ações construtivas e destrutivas da sociedade estabelecida no espaço e no tempo. Apesar de apresentarem certas particularizações em suas concepções, Bertrand e Sotchava expressavam similaridade, sobretudo sobre as subdivisões propostas e por terem a paisagem como categoria predominante.

Estudos de Neves et al. (2014) investigaram de forma minuciosa a análise sistêmica na pesquisa geográfica. Entre os autores que se referem à temática, destacam as contribuições de Bertrand (1968), fundamentado nos pressupostos de resistasia e biostasia elaborado por Erhart em 1956, que considera Geossistema como uma dinâmica do relevo em relação à evolução e degradação dos solos.

A teoria de Erhart (1956; 1966) dá ênfase para a importância da cobertura vegetal na evolução do meio, isto é, sobretudo na evolução geoquímica da Biosfera e na evolução geológica – na concepção de Erhart –, através dos períodos de Biostasia (meios estáveis) ou nos períodos de Restasia (meios instáveis) então constatados no sistema. No entanto, na concepção de Tricart (1977), esse conceito proposto por Erhart poderia ter sido melhor discutido a partir do conceito de fitoestasia, por enfatizar os aspectos vegetacionais.

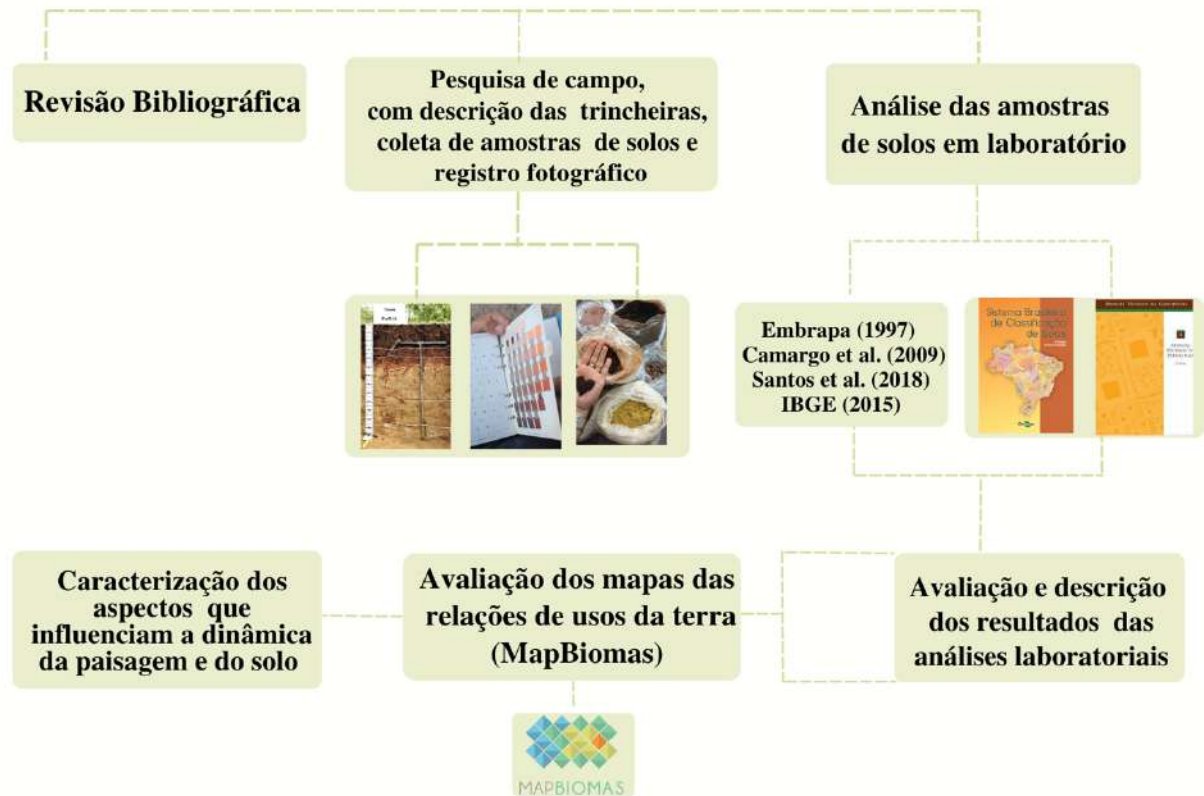
Em síntese, a teoria supracitada, além de levar em conta a dinâmica natural de um sistema, preocupa-se também com as influências das ações dos agentes sociais sobre ela, revelando, dessa forma, sua importância para esta pesquisa e para a superação da dualidade do conhecimento geográfico. A ciência geográfica nesta pesquisa se apresenta como um importante instrumento de análise e interpretação da realidade sobre a interação entre os aspectos sociais e naturais e poderá contribuir consideravelmente para o avanço das discussões sobre as interações entre os elementos naturais e humanos da área de estudo.

Sendo assim, a Geografia enquanto ciência que analisa o espaço geográfico, é a principal responsável por empenhar-se em compreender todo esse processo de construção entre o tempo e o espaço através da interrelação entre natureza e sociedade observada na paisagem na Microrregião de Caxias.

4.1 Revisão Bibliográfica

A pesquisa foi desenvolvida com base em revisão de literatura, pesquisa de campo e análise laboratorial. Os procedimentos são apresentados no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No levantamento da revisão bibliográfica que fundamentou a temática de estudo, foram feitas revisões sobre a categoria paisagem, visto que esta é a categoria de análise norteadora da pesquisa, além de revisões sobre as relações de usos da terra e sobre o histórico de usos da terra na Microrregião de Caxias, bem como levantamentos de pontos representativos de observação com o auxílio de imagens do Google Earth para avaliar os padrões de usos na região.

Para isso, foram utilizados trabalhos científicos publicados em revistas científicas, livros acadêmicos, dissertações e teses publicadas. Foram utilizados dados e informações documentais de nível Federal, Estadual e nível local, seguida da análise dos mapas anuais de usos da terra, disponibilizados na plataforma do Projeto MapBiomas.

O projeto MapBiomas é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, como os usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e através da computação que utiliza imagens de satélites, processamento em nuvem e classificadores automatizados, que são desenvolvidos através da plataforma Google Earth Engine, com a

finalidade de gerar uma série histórica de mapas anuais de uso da terra no Brasil desde o ano de 1985 até 2021.

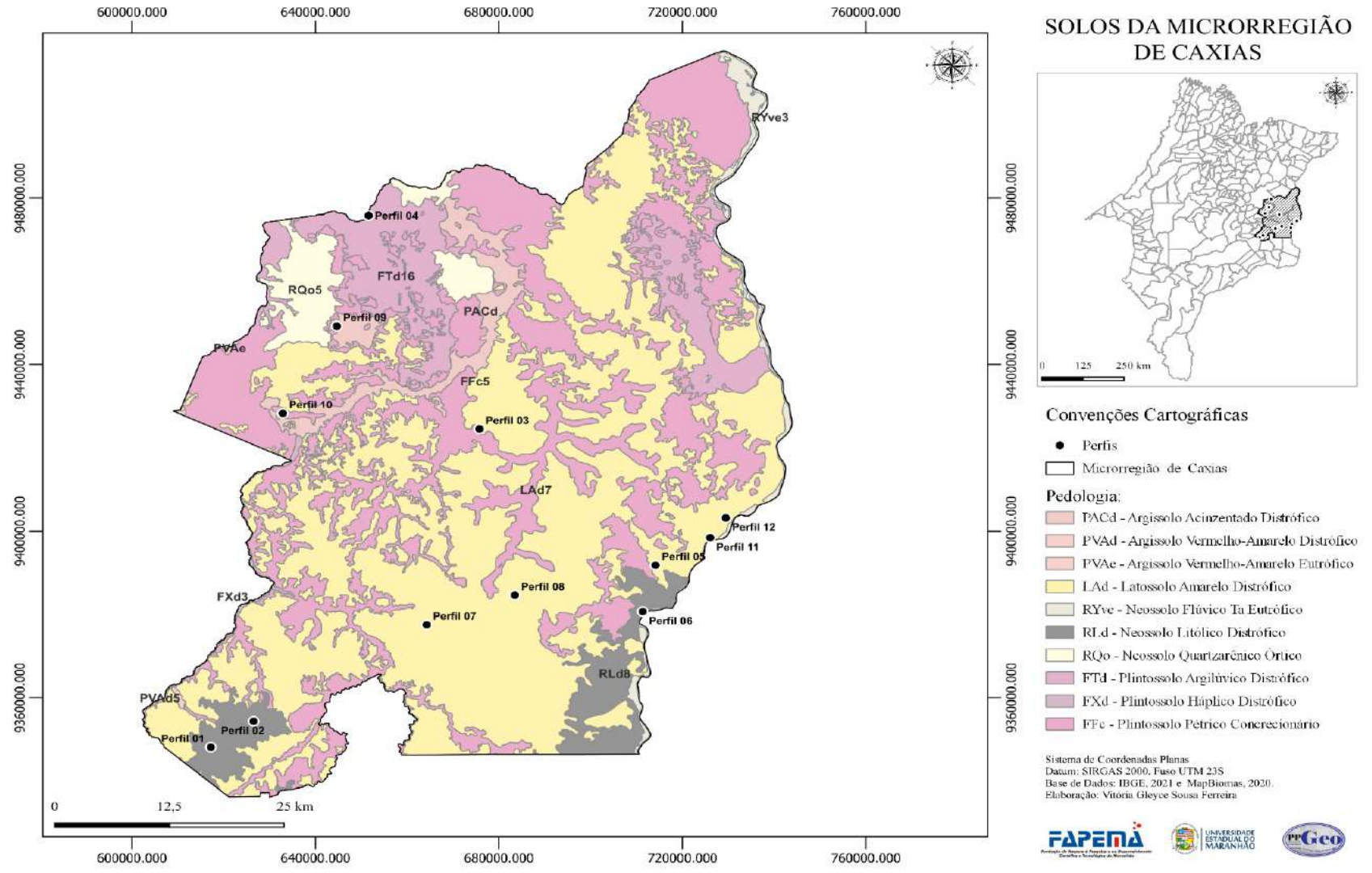
Os padrões de uso da terra são representados em alguns dados do momento da história ocupacional humana sobre o território da Microrregião de Caxias entre os anos de 1985, 2010 e 2020, nos quais são destacadas classes de conversão de ambientes naturais e áreas não naturais representados, sobretudo, pela atividade produtiva na Microrregião.

Para compreender as implicações do uso da terra e seus impactos nos padrões da paisagem e para melhor compreensão da dinâmica de formação dos solos, sua classificação e inferência sobre o melhor manejo da terra, foram realizadas análises da mudança nos atributos dos solos sob diferentes sistemas de usos da terra e sua correlação à caracterização dos atributos dos solos.

Na abertura das trincheiras, utilizou-se um enxadão e uma pá-de-corte e na coleta das 58 amostras deformadas de solos foi utilizado um canivete para a demarcação dos horizontes nos perfis e uma faca cabo de osso para a retirada das amostras. Também foi necessário o registro fotográfico da área como forma de materializar as observações da área de estudo.

A classificação dos que influenciam a dinâmica da paisagem e do solo foi realizada a partir da caracterização do uso da terra e sua relação com os elementos da paisagem, para compreender como esses elementos influenciam nas características dos solos analisados. A classificação foi feita mediante a associação da análise dos atributos dos solos estudados, com os dados pedológicos oficiais disponibilizados pela Embrapa e IBGE. A localização dos 12 pontos na área de estudo pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Mapa de localização dos perfis de solos



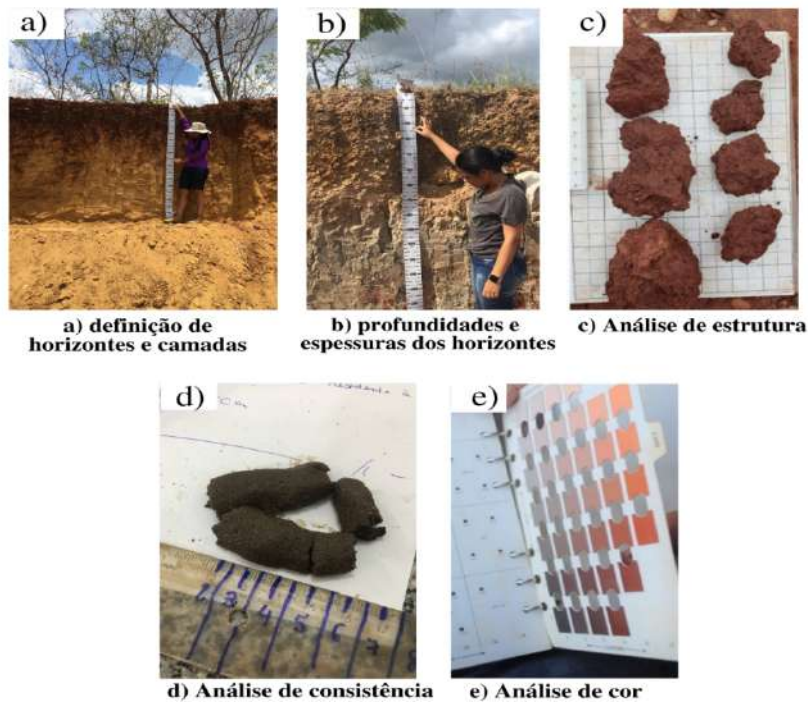
Fonte: IBGE (2020). Elaborado pela autora (2022)

4.2 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em áreas previamente selecionadas de acordo com os padrões geoambientais característicos do Bioma Cerrado, sob diferentes usos da terra, sendo eles: Capoeira, Pasto, Reserva Legal e Área de vegetação primária, para efeito comparativo dos atributos do solo e suas mudanças caracterizadas pelos seus diferentes usos.

Nessas áreas foram abertas trincheiras (perfis e minitrincheiras) para descrição morfológica, classificação taxonômica preliminar e coleta de amostras de solos para análise em laboratório, que foram feitas de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo de Santos et al. (2015). As amostras foram coletadas no âmbito do projeto ZEE – MA. Na Figura 5 estão detalhadas as principais atividades realizadas em campo.

Figura 5 – Testes morfológicos dos solos em campo



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Foram realizadas atividades de campo para a abertura de 12 perfis de solos, levando em consideração os diferentes usos da terra. Foram coletadas amostras de solos de cada horizonte dos perfis, totalizando 58 amostras.

A avaliação dos solos é uma importante ferramenta para esta pesquisa, pois conforme Ross (1994), os solos contribuem na avaliação do entendimento sobre a fragilidade do ambiente frente às ações dos agentes. Desse modo, para avaliar as alterações nos atributos dos solos foi necessário, sobretudo, realizar a avaliação dos seus atributos físicos e químicos.

Quanto à relação de usos da terra, estudos de Ramos et al. (2018) destacam que as interferências feitas pelos agentes sociais, dependendo do tipo de solo, do manejo, do tempo de exploração e da espécie vegetal, podem ser tanto positivas quanto negativas. Já estudos de Soares et al. (2016) destacam que o uso inadequado do solo, tal como o uso da prática de revolvimento excessivo ou o uso de práticas pouco conservacionistas, tendem a promover o aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total, dentre outros problemas. Além disso, os atributos físicos podem ser excelentes indicadores das diferenças entre sistemas de cultivos e na qualidade do solo.

4.3 Análises laboratoriais e Estatística descritiva básica

As análises foram realizadas de acordo com a Embrapa (1997) e Camargo et al. (2009). A descrição e classificação dos solos foram realizadas de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SANTOS et al., 2018) e procedimentos descritos no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). A classificação taxonômica dos solos dominantes foi feita até o quarto nível categórico (subgrupo), com base nos atributos diagnósticos morfológicos (descritos em campo), físicos e químicos dos solos (determinados em laboratório de análise de solos da Embrapa Amazônia Oriental).

Também foram utilizados os resultados contidos no banco de dados do IBGE e nos resultados de trabalhos de campo realizados na área de estudo. Foram também incluídas na classificação taxonômica, as fases de relevo que qualificam as condições de declividade, que são elementos importantes para a análise dos graus de intensidade dos fatores limitantes de uso da terra, como a suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização.

As análises realizadas foram: granulometria, pH em H₂O e em KCl 1 mol L⁻¹, teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, P, C orgânico e acidez potencial (H+Al). A argila foi determinada pelo método da pipeta, aplicando-se como dispersante químico na solução NaOH 0,1 mol L⁻¹; a areia foi determinada por tamisagem e o silte, subtraindo-se do total da alíquota as massas de argila e areia (EMBRAPA, 1997).

O carbono orgânico (C) foi determinado por oxidação com dicromato de potássio. Os cátions Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos com solução KCl 1 mol L⁻¹. A extração do H+Al foi realizada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. Os elementos Na⁺ e K⁺ foram extraídos com solução de H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ + HCl 0,05 mol L⁻¹. Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram determinados por espectroscopia de absorção atômica; K⁺ e Na⁺ por fotometria de chama e Al³⁺ e H por titulometria.

As análises físicas e químicas das amostras de solos foram realizadas no laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental de acordo com os métodos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solos (CLAESSEN, 1997). No laboratório foram realizadas as determinações de granulometria, cálculo silte/argila, pH em H₂O e KCl, cálculos de Δ pH, determinações de alumínio trocável (hidrogênio + alumínio), cálcio, magnésio, potássio, sódio, soma de bases, cálculos de CTC efetiva, CTC potencial, CTC da argila, saturação por bases trocáveis, saturação por alumínio, saturação por sódio, determinação de carbono e matéria orgânica.

O teor de MO do solo foi calculado multiplicando-se o teor de carbono do solo (carbono orgânico) pelo fator 1,72 (obtido pela divisão 100/58), conforme metodologia de Prezotti e Guarçoni (2013).

Para a análise estatística descritiva básica, foi utilizado o IpeaGEO Versão 2.1, um software gratuito com funcionalidades estatísticas e de georreferenciamento, com diversas ferramentas, que permite a aplicação de análises que utilizam estatística espacial. Os dados foram avaliados por estatística descritiva a partir da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação máximo e mínimo. A variabilidade dos dados foi realizada com base nos valores de coeficiente de variação (CV), segundo critérios estabelecidos por Warrick e Nielsen (1980).

5 CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS REGIONAL E LOCAL DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 O Cerrado Maranhense

O Maranhão, estado conhecido por sua grande diversidade de ecossistemas em que ocorre a Floresta Amazônica, cerrado, campos inundáveis, manguezais, restingas, caatinga e a mata dos cocais, geograficamente está inserido em uma área de transição climática entre a Amazônia úmida e o Nordeste semiárido (ARAÚJO et al., 2010). Essa variação climática, de relevo e de solos do território maranhense resultou em grande diversidade de fisionomias, dadas as amplas condições ambientais que permitiram a adaptação de amplo número de espécies.

Com uma cobertura vegetal composta por formações campestres, florestais e savânicas (SANO et al., 2007), o bioma cerrado é caracterizado por diferentes fisionomias. No Maranhão, o Cerrado Maranhense é caracterizado por predominância de formações savânicas, com árvores esparsas de troncos retorcidos, raízes longas, folhas grossas, gramíneas e arbustos. No entanto, o cerrado maranhense possui 12% da sua área integrada a Unidades de Conservação (UC), sendo 5,7% integral (categoria parque) e 6,8% de uso sustentável, principalmente as áreas de proteção ambiental (SPINELLI et al., 2016).

O Maranhão, por estar localizado em área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, detém uma alta diversidade de ecossistemas e biodiversidade. Dada sua importância, o cerrado é considerado um *hotspot* de biodiversidade, com grande necessidade de sua conservação, principalmente quanto aos recursos naturais (MMA, 2011).

Hotspot é um termo utilizado em diversas áreas das ciências, como na geociência, quando há um indicativo de local onde o manto terrestre possui uma certa anomalia térmica com relação ao magma. Já na biogeografia, é utilizado para determinar uma região que possui uma biodiversidade sob constante ameaça de destruição. Para Cincotta et al. (2000), as áreas de *hotspot* são densamente povoadas e vulneráveis a um intenso desenvolvimento econômico. Hamann et al. (2019) considera que uma área pode ser identificada como *HotSpot* quando apresenta uma diversificação na dinâmica de atividades econômicas, seja na produção, no comércio ou na prestação de serviços, que fora alcançada a partir da valorização dos recursos locais e quando essas atividades geram algum valor econômico e social, onde esse valor permanece com a comunidade na área rural, e isso leva a novos negócios.

Diante das contribuições apontadas por Cincotta et al. (2000) e Hamann et al. (2019) sobre o potencial econômico que uma área pertencente ao *HotSpot* possui, são áreas que

demonstram uma valorização dos recursos regionais, que podem ser realizadas de várias maneiras. Para tanto, é importante mencionar que, para que essa valorização seja possível, o acesso aos mercados, a disponibilidade de tecnologia e o acesso ao conhecimento são elementos fundamentais para esse processo, como na Microrregião de Caxias, onde, por exemplo, o extrativismo do babaçu é um importante recurso do extrativismo vegetal para a comunidade rural, para as quebradeiras de coco e para a indústria.

Considerado um dos recursos naturais mais abundantes na Microrregião de Caxias, o babaçu é considerado uma vegetação secundária que se manifesta quando há a derrubada ou retirada da floresta nativa, sendo uma das mais importantes características ecológicas da região do Bioma Cerrado, com significativo valor socioeconômico para a região, conforme pontuado por May (1990).

Apesar das grandes potencialidades, o Cerrado maranhense vem sendo motivo de muito interesse por parte do setor agrícola, sobretudo, dos sojicultores, que inicialmente se estabeleceram no Sul do Maranhão, onde implantaram o polo agrícola de Balsas e depois migraram para a região leste do estado, especificamente para a microrregião de Chapadinha (LEMOS, 2001). Devido à pecuária extensiva nessa região, a expansão do agronegócio pode resultar em grandes problemas, principalmente em relação à alteração dos atributos químicos e físicos dos solos da microrregião.

Conseqüentemente, o aumento do desmatamento de novas áreas, principalmente para a expansão agropecuária, tem ocasionado o esgotamento progressivo dos recursos naturais do domínio fitogeográfico do Cerrado. A vista disso, Gusmão et al. (2012) asseguram que, apesar da importância do bioma, ele está sendo ameaçado pelo desmatamento que cresce de forma acelerada.

Outra problemática existente na Microrregião de Caxias é a monocultura intensiva de grãos e a pecuária extensiva de baixa tecnologia, associada ao uso de técnicas de aproveitamento intensivo dos solos, que tem provocado, há anos, o esgotamento dos recursos locais, além de receber pouca atenção do poder público Estadual. Estudos de Mascarenhas e Farias (2018) explicam que a intensificação do processo de ocupação do Cerrado é um dos principais fatores responsáveis pelo fortalecimento de diversos impactos, como exemplo da fragmentação de suas paisagens, responsável por comprometer a disponibilidade e a qualidade de seus recursos naturais.

Por conta dos problemas existentes no Bioma Cerrado, especificamente na Microrregião de Caxias, que concentra, no setor agrícola, um dos principais pilares da economia do estado, apesar de ainda possuir baixos índices de produtividade em algumas atividades,

analisar os atributos dos solos diante dos demais elementos que compõem a paisagem é uma importante ferramenta para o desenvolvimento da pesquisa, com potencial contribuição para um maior conhecimento da sua cobertura pedológica da Microrregião de Caxias, como forma de subsidiar o desenvolvimento de projetos economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis.

Ademais, auxilia na conservação da biodiversidade e contribuir para a elaboração de propostas de intervenção, além de contribuir para o conhecimento quanto à atual a dinâmica da paisagem, visto que os poucos trabalhos nessa temática no Maranhão são ainda insuficientes, o que reflete em uma quantidade reduzida de informações sobre os solos da Microrregião e sua dinamicidade, pois o uso das terras sem considerar as características geoambientais das paisagens podem acarretar o engendramento de impactos que extrapolam a esfera ambiental e estendem-se aos problemas socioeconômicos.

5.2 Caracterização Pedológica do Maranhão

A caracterização pedológica do estado do Maranhão é pouco explorada. Grande parte dos estudos ou informações sobre os solos Maranhenses procedem dos estudos pioneiros de Jacomine *et al.*, (1986), através dos levantamentos do Zoneamento Ecológico-Econômico (IMESC 2020; 2021), ou por meio de cartas pedológicas do IBGE (2013). Com o reflexo das variações climáticas, das diferentes litologias e formas de relevo, o Maranhão abrange uma cobertura pedológica diversificada.

Tal diversidade de ecossistemas decorre da variação climática presente no território maranhense, bem como na variação do embasamento rochoso que, mesmo sendo constituído, predominantemente por rochas sedimentares, abrange áreas de derramamento basáltico e de rochas cristalinas, tal como na diversidade de formas de relevo, que decorrem em uma significativa variabilidade de solos.

Os principais solos, em termos de extensão, que ocorrem no Estado do Maranhão, segundo o Sistema de Classificação utilizado por Jacomine *et al.*, (1986), são os Latossolos e os Argissolos. A classe dos Latossolos é representada com maior área de ocorrência no Maranhão, representando cerca de 35% do território estadual (JACOMINE *et al.*, 1986). Os Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, com exceção do hístico (SANTOS *et al.*, 2018).

Ademais, os Latossolos são solos não hidromórficos, muito friáveis, profundos, e apresentam baixa fertilidade natural. Por conta de suas propriedades físicas de textura média a argilosa, por terem uma considerável drenagem e profundidade e por se encontrarem, principalmente, em áreas de baixa declividade, os Latossolos no Maranhão estão sendo utilizados para o cultivo de soja em rotação com milho, eucalipto e milheto.

A segunda maior classe de solo do estado em área, recobrando aproximadamente 18% do território maranhense, é a classe dos Argissolos (JACOMINE et al., 1986). Os Argissolos são solos formados por material mineral e apresentam o horizonte B textural abaixo do A ou E; possuem argila de baixa atividade e argila de alta atividade, contando que esteja agregada com saturação por bases, ou apresente em quase toda parte do horizonte B, caráter aluminico, mediante estas condições: se houver o horizonte plântico, não atende aos critérios para Plintossolos e se houver horizonte glei, não atende critérios para Gleissolos (SANTOS et al., 2018).

Apresentando profundidade variável, os Argissolos podem ser bem drenados ou mal drenados, com cores avermelhadas ou amareladas, raramente brunadas ou acinzentadas, com textura variando de arenosa a argilosa no horizonte A, e média a muito argilosa no horizonte Bt. (SANTOS et al., 2018). Essa classe, quando associada a relevos declivosos, tendem a ser vulneráveis à erosão, e não são recomendáveis para a agricultura. No entanto, quando associados a áreas de relevo plano e suavemente ondulados, passam a ter um potencial agrícola considerável para diversas culturas, sob condições de que sejam realizadas correções de acidez e de adubação (BANDEIRA, 2013).

Quando presentes em relevos de declive suave e boa drenagem, favorecem o processo de translocação de partículas de argila dispersas, que vão dos horizontes superficiais para os horizontes subsuperficiais, o que caracteriza o processo pedogenético específico de iluviação/eluviação, responsável pelo aumento absoluto no teor da argila em profundidade (KÄMPF; CURI, 2012).

Os autores supracitados afirmam também que em pontos onde a paisagem possui maior declividade há uma intensificação do escoamento superficial, que ocasiona na perda das partículas de argila dos horizontes superficiais por erosão, evidenciando o processo pedogenético de elutriação (remoção superficial de argila por erosão), aumentando o teor de argila em profundidade. Sendo assim, esses solos são indicados para o cultivo de lavouras perenes ou culturas anuais que utilizem práticas conservacionistas (PEREIRA et al., 2019).

Os Plintossolos representam a terceira maior classe de solo em extensão do estado, equivalente a 15% do território. Essa classe, juntamente com os Argissolos, constituem os

principais suportes da mata dos cocais, com predomínio na porção centro-norte do Maranhão, com seu uso destinado, primordialmente, para o setor agropecuário (JACOMINE et al., 1986).

Os Plintossolos são constituídos por material mineral, com presença de horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, contando que estejam dentro de 40 cm da superfície, ou iniciando dentro de 200 cm da superfície quando precedidos de horizonte glei ou imediatamente abaixo do horizonte A, E ou de outro horizonte que tenha cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante (SANTOS et al., 2018).

No Estado do Maranhão, esses solos são formados a partir de arenitos ferruginosos da Formação Itapecuru ou por sedimentos coluviais, em clima tropical subúmido (ANJOS et al., 1995), região com alta precipitação pluviométrica, que se alterna com período prolongado de decréscimo acentuado das chuvas. Essa classe abarca solos formados sob condições com restrição à percolação da água, o que tende a favorecer o efeito temporário de umidade, que pode incorrer na formação do horizonte plíntico (EMBRAPA, 1999, 2006). O horizonte plíntico caracteriza-se pela presença de plintita em quantidade igual ou superior a 15% (por volume) e espessura de pelo menos 15 cm (SANTOS et al., 2018).

Com base nos estudos de Anjos et al. (2007) sobre a caracterização e a classificação de quatro Plintossolos localizados no município de Pinheiro – MA, o caráter alítico nos quatro perfis analisados indica a presença de um ambiente diferenciado do material de origem e do pedoclima na formação de Plintossolos no Estado do Maranhão, característica que conduziu à manutenção das condições que garantem a preservação de argilominerais com maior atividade em conjunto com a elevada acidez do solo.

Os Neossolos representam a quarta maior classe do Estado, representando cerca de 14% do estado, com três principais níveis de subordem: Quartzarênicos, Litólicos e Flúvios (JACOMINE et al., 1986).

Quanto à ocorrência desses solos no Maranhão, em maior extensão encontram-se em três regiões: no domínio geomorfológico dos Lençóis Maranhenses, no centro-leste, no litoral nordeste, no domínio das Superfícies Tabulares das Bacias dos Rios Itapecuru e Munim, no sul-sudoeste do estado, nas Chapadas e mesetas de Estreito, nos domínios geomorfológicos da Depressão do Médio Rio Tocantins, nas Chapadas do Alto Rio Parnaíba e Chapada das Mangabeiras e Depressão Interplanáltica de Balsas (DANTAS et al., 2013).

Os Neossolos Quartzarênicos se originam a partir de depósitos arenosos e apresentam textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade, com teor de argila inferior a 15% (FRAZÃO et al., 2008). Apesar de ser um solo considerado com baixa aptidão agrícola,

após a década de 1970, a procura por novas terras para o cultivo agrícola resultou na incorporação desses solos, sobretudo para pastagem e, posteriormente, na produção de grãos.

Quanto aos usos desse solo, quando direcionado para o uso contínuo, com culturas anuais, pode ocasionar redução da fertilidade orgânica do solo (EMBRAPA, 1999). Mas o manejo adequado pode favorecer o aumento do seu potencial produtivo em curto prazo (SPERA et al., 1999). No mais, para o melhoramento desse solo, sugere-se o uso do calcário para corrigir a acidez, seja para a diminuição da acidez potencial ou para a redução dos teores de alumínio

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, geralmente estão associados a terrenos com maior declividade, com ocorrência predominante nas áreas sul do Piauí e do Maranhão. São caracterizados por terem o horizonte A ou hístico, assentes sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha, que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

No Maranhão, esses solos ocupam áreas localizadas nas vertentes escarpadas das chapadas do sul e sudeste do estado, e são derivados da decomposição de rochas sedimentares nos domínios geomorfológicos das Chapadas do Alto Rio Itapecuru, nas Superfícies Tabulares da Bacia do Rio Parnaíba, nas Chapadas do Alto Rio Parnaíba e associados a rochas basálticas da Formação Mosquito no domínio da Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins, no sudoeste do Maranhão (JACOMINE et al., 1986).

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais e apresentam caráter flúvico, horizontes glei ou horizontes de coloração mais pálida, variegada ou com mosqueados abundantes ou comuns de redução. Se ocorrerem abaixo do horizonte A, devem estar com profundidades superiores a 150 cm (EMBRAPA, 2006).

São encontrados em áreas de vales e planícies aluvionares ao longo dos rios que cortam o Maranhão, geralmente sua ocorrência está associada com os Gleissolos Háplicos, com maiores extensões no baixo e médio curso dos Rios Grajaú, Mearim e Pindaré (JACOMINE et al., 1986). São solos que apresentam limitação quanto ao aprofundamento do sistema radicular das plantas quando ocorre contato lítico à pouca profundidade (SÁ, 2007).

Outra Classe com relativa ocorrência no Maranhão é a Classe dos Gleissolos. Se enquadram nessa classe os solos minerais, hidromórficos, com horizonte glei (horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais) dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade superior a 50 cm e igual ou menor que 50 cm ou igual a 150 cm, contando que esteja abaixo de horizonte A ou E, ou apresente horizonte hístico (horizonte com coloração preta, muito escura, brunada ou cinza e apresentam características

relacionadas com a presença de alto teor de matéria orgânica) No mais, são solos com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (SANTOS et al. 2018).

Formados sob forte influência do excesso temporário ou permanente de água e vulneráveis a alagamentos, os Gleissolos ocorrem, sobretudo, na planície flúvio-marinha e flúvio-lacustre da Baixada Maranhenses, localizada no domínio geomorfológico do Golfão e Baixada Maranhense, no norte do estado, constituída por sedimentos inconsolidados de idade Holocênica (DANTAS et al., 2013).

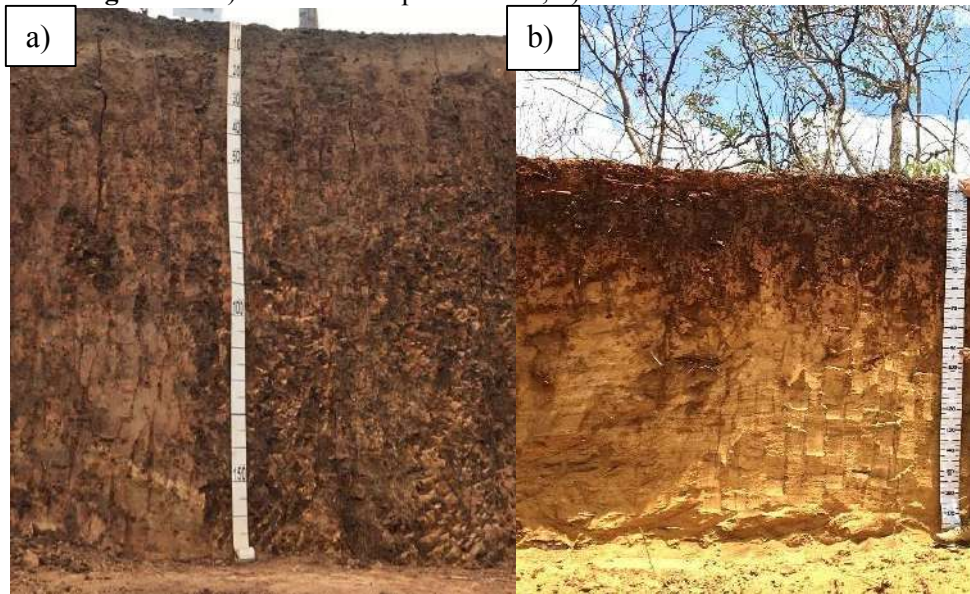
Estudos recentes de Farias Filho et al. (2020) constataram que os solos cultivados com arroz irrigado e utilizados na pecuária extensiva, sobretudo aqueles que estão sobre material sedimentar dos Aluviões Fluviomarinhas em Arari, município do Maranhão, apresentaram baixo grau de desenvolvimento pedogenético e a presença de minerais da fração argila de alta atividade (Ta) associados à presença expressiva de caulinita, o que resultou em elevada CTC e variadas limitações aos usos dos Gleissolos analisados.

No Maranhão, a pecuária e a cultura do arroz são as principais atividades desenvolvidas nesses solos, na baixada maranhense, sobretudo nos municípios de Arari, Vitória do Mearim, São Mateus e Viana. Em vista disso, tanto a pecuária quanto o cultivo de arroz nesses solos podem vir a ser os principais causadores dos problemas relacionados à compactação ou alteração no padrão de distribuição dos atributos desses solos (FARIAS FILHO; FERRAZ JÚNIOR, 2009).

Outra classe de solos presentes no território maranhense é a classe dos Luvisolos. Esses solos são classificados como minerais, não hidromórficos, com a presença de horizonte B textural, são solos com argila de alta atividade (Ta) e alta saturação por base, precisamente abaixo de horizonte A ou E, além disso são moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos (SANTOS et al. 2018).

Os Luvisolos recobrem cerca de 7% da superfície do Maranhão, principalmente os Luvisolos Háplicos (Figura 6a) no município de Dom Pedro (MA), coordenadas: 05° 07' 32,7" S e 44° 27' 34,0" W e Crômicos (Figura 6b), em São João dos Patos – Paraibanos, coordenadas: 06° 30' 03,3" S e 43° 54' 14,9" W. Geralmente estão localizados nas porções centro-norte e centro do estado, onde se desenvolveram a partir de rochas ricas em argilominerais expansivos, que são formadas em ambiente redutor que geram, juntamente com arenitos, argilitos, siltitos e folhelhos, o pacote sedimentar da Formação Itapecuru, do Cretáceo (DANTAS et al., 2013). O perfil de Luvisolo pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – a) Luvissole Háplico Pálico; b) Luvissole Crômico Órtico



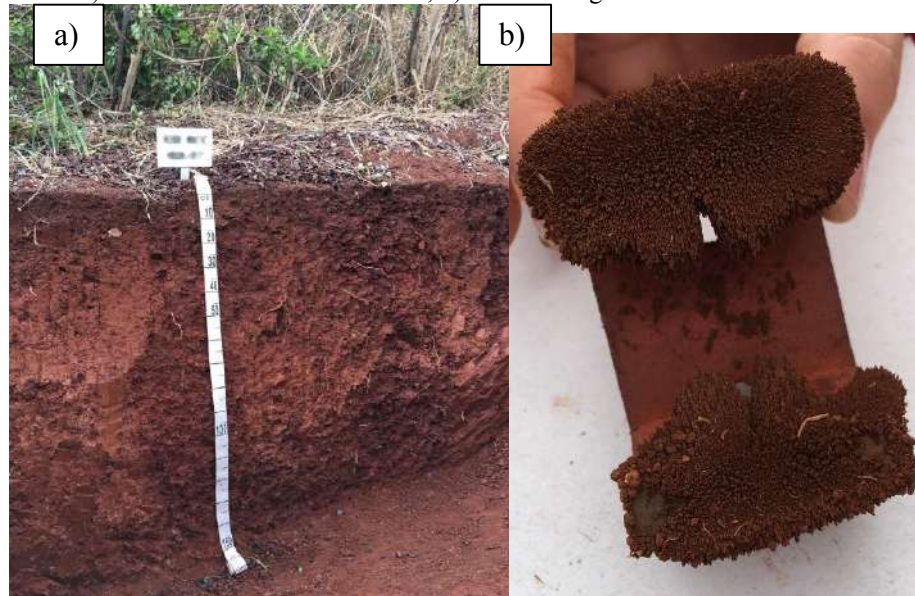
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Por conta dos seus atributos químicos e físicos, os Luvissoles podem apresentar boa fertilidade química, mas apresentam restrições para o uso agrícola por ocorrerem em áreas declivosas, podendo apresentar erodibilidade elevada. São solos de pouca profundidade, variam de bem a moderadamente drenado, normalmente apresentam suscetibilidade a erosão e risco de salinização em áreas de clima semiárido (CÂMARA et al., 2015).

Outra classe de solos encontrada no Maranhão é a dos Nitossolos. São solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, possuem argila de atividade alta ou baixa, contando que esteja conjugada com caráter aluminico, todos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). No mais, são solos que apresentam textura argilosa ou muito argilosa e detêm uma relação textural igual ou menor que 1,5 (SANTOS et al., 2018).

Os Nitossolos recobrem menos de 2% das terras maranhenses, segundo Jacomine et al. (1986). São encontrados no Sudoeste do estado, localizados na região do médio curso do Rio Tocantins e do alto curso do Rio Grajaú, formados a partir de derrames basálticos da Formação Mosquito, no domínio geomorfológico da Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins; ocorrem em associação com Latossolos Vermelhos e estão assentados em áreas de relevo plano a suave ondulado, onde ocorrem solos de boa fertilidade natural, tais como os Nitossolos Vermelhos eutróficos (Figura 7a) que estão atrelados ao afloramento de rochas vulcânicas das formações Mosquito e Sardinha (DANTAS et al., 2013).

Figura 7 – a) Nitossolo Vermelho eutrófico; b) teste de magnetismo no solo com ímã industrial



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Valores elevados de ferro são comuns em Nitossolos (Figura 7b) (CENTURION et al., 1995; OLIVEIRA, 2004). Essa elevada quantidade de ferro pode ser justificada pela natureza máfica do material de origem desses solos. Conforme Mello et al., (2001) e Resende et al. (2005), geralmente apresentam uma mineralogia predominantemente caulínica, possuem também os óxidos de ferro hematita e goethita e o óxido de alumínio gibbsita. Os óxidos de ferro e alumínio nos solos expressam relevante influência nos atributos eletroquímicos de solos altamente intemperados dos trópicos (ALLEONI; CAMARGO 1995).

Ocorrem sobre áreas de exposição de rochas intrusivas básicas (soleiras de diabásio) em pedossequências onde os Latossolos Vermelhos Distroféricos ocupam as posições mais aplainadas (SÁ, 2007). No estado do Maranhão, tradicionalmente nas áreas de ocorrência desses solos, houve uma ocupação expressiva da pecuária e expansão do agronegócio. Ocorrem também áreas com cultivos de soja, sorgo e milho. São solos com boa profundidade e boa drenagem, que apresentam limitações relacionadas ao relevo onde estão situados. Na maioria das vezes são relevos geralmente ondulados, solos com boa aptidão para a fruticultura, silvicultura, pastoreio ou reservas naturais.

Os Planossolos ocorrem em áreas de relevo plano e suave ondulado, sobretudo no domínio geomorfológico das Superfícies Tabulares das Bacias dos Rios Itapecuru e Munim, região recoberta, em sua maioria, por vegetação de floresta tropical caducifólia, cerrado e caatinga, ou na transição entre essas formações vegetais (DANTAS et al., 2013). São solos constituídos por material mineral, apresentam horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico.

O horizonte plânico sem conter o caráter sódico perde em precedência taxonômica para o horizonte plíntico (SANTOS et al., 2018).

Conforme estudo de Klamt et al. (1985), os Planossolos possuem tendência a ter menor teor de matéria orgânica, se comparado com os Gleissolos, isso porque a textura arenosa e os ciclos de aeração na superfície favorecem o consumo mais acelerado de matéria orgânica do solo em condições de melhor drenagem nos primeiros solos. Além disso, sua pedogênese depende da forma de relevo e das condições climáticas. Dado o impedimento de drenagem nesse solo, o cultivo de arroz irrigado é favorecido.

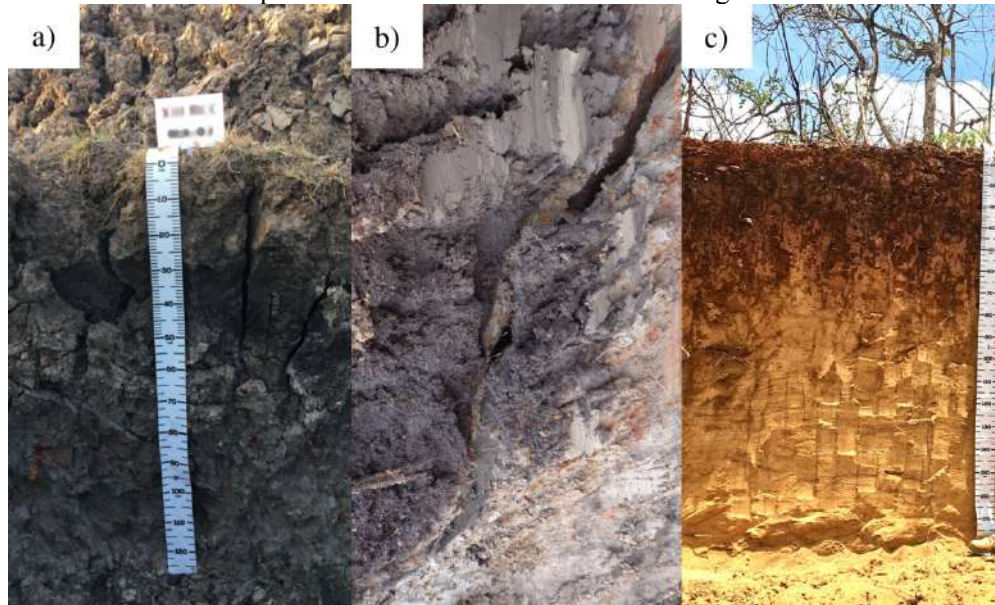
Os Vertissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte vértico e possuem pequena variação textural ao longo do perfil, mas são insuficientes para caracterizar horizonte B textural. Apresentam mudanças de volume por conta do teor de água presente no solo, acarretando em fendas profundas na época seca e evidências de movimentação da massa do solo sob a forma de superfícies de fricção (*slickensides*) (Figura 6) (SANTOS et al., 2018). Os *slickensides* são superfícies alisadas e lustrosas, é comum a presença marcante de estriamentos, que são produzidos pelo deslizamento e atrito da massa do solo, onde são causados por movimentação devido à forte expansibilidade do material argiloso por umedecimento (SANTOS et al., 2015).

Em termos de drenagem, os Vertissolos variam de imperfeitamente a mal drenados, sendo, ocasionalmente, moderadamente drenados. Fisicamente, caso esteja úmido, os Vertissolos possuem permeabilidade à água consideravelmente lenta; no entanto, apresentam alta capacidade de troca de cátions e alta saturação por bases ($> 50\%$). A CTC está relacionada com a presença de argila no solo, sendo que os solos argilosos apresentam maior capacidade de reter cátions, o que implica em solos com menores chances de lixiviação no solo, e a alta saturação presentes nesses solos indica a existência de fertilidade no solo, tais como os solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$ (RONQUIM, 2010).

Essa classe de solo pode ser encontrada nas imediações das localidades de Presidente Dutra, São José dos Basílios e Tuntum e a ocorrência dos Vertissolos nessas regiões pode estar correlacionada ao afloramento de folhelhos e calcários da Formação Codó (DANTAS et al., 2013). Como exemplo, na Figura 8a tem-se como exemplo um perfil de Vertissolo Háptico localizado no município de Presidente Dutra (MA) e na Figura 8b, um Vertissolo Hidromórfico localizado em Bacabeira (MA), coordenadas: 03° 00' 24,7" S e 44° 21' 30,8" W com presença expressiva de *slickensides* (Figura 8c) e superfícies de compressão em comum quantidade, ambos com forte grau de desenvolvimento. Na Figura 8 é possível

visualizar um perfil de Vertissolo Háplico, um Vertissolo Hidromórfico e a presença de *slickenside* no perfil de Vertissolo Hidromórfico.

Figura 8 – a) Vertissolo Háplico; b) Vertissolo Hidromórfico; c) slickensides presentes no horizonte do perfil de Vertissolo Hidromórfico da figura b



Fonte: Elaborada pela autora, (2022).

A caracterização da gênese dos solos maranhenses permitiu compreender que, em linhas gerais, a cobertura pedológica do Maranhão é diversificada, tal como os usos da terra e as paisagens, onde incluem-se os solos. Em geral, os solos são oriundos de formações sedimentares, com elevado grau de intemperismo. Os principais solos, em termos de extensão, são os Latossolos e os Argissolos e os elementos da paisagem (clima, relevo, vegetação e usos da terra) são fatores determinantes para a diversidade de solos que ocorrem no estado.

5.3 Caracterização Climática do Maranhão

As características ambientais da biosfera são condicionadas pelas variações dos padrões e fenômenos de ordem biótica e abiótica. Entre os elementos de ordem abiótica presentes no meio natural destacam-se os edáficos, os litológicos, os geomorfológicos e os climáticos, como principais agentes dos fatores de ordem física. Conforme estabelecido por Andrade Júnior *et al.* (2005), mais do que um dos fatores de formação do solo, o clima está correlacionado com avaliação ecológica, ambiental e das potencialidades agrícolas de uma determinada região.

Para compreender os padrões climáticos existentes em uma região, é de grande importância avaliar as informações sobre temperatura do ar e precipitação pluviométrica, bem

como analisar as informações baseadas na combinação de variáveis meteorológicas, de forma a obter áreas homogêneas a partir de processos de regionalização que permitam classificar as regiões com características climáticas semelhantes, onde os valores médios desses elementos são aplicados na classificação de cada região.

O Maranhão está localizado em uma área de transição climática entre a Amazônia quente e úmida e o Nordeste semiárido. Dada sua posição geográfica e extensão territorial, o estado do Maranhão apresenta características que favorecem a incursão de diferentes sistemas produtores de tempo, que atuam em períodos específicos do ano e em determinadas regiões do estado, favorecendo a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no estado.

A classificação climática proposta por Thornthwaite foi utilizada nesse estudo, pois apresenta maior sensibilidade na definição dos limites climáticos. Essa classificação abrange a precipitação e temperatura do ar, as componentes do balanço de água no solo, como evapotranspiração potencial, excesso e deficiência de água, por meio da construção de um indicador hídrico capaz de quantificar o quão úmido e seco é o clima (NÓBREGA, 2010). A escolha por essa técnica foi motivada por ser eficiente para a identificação dos tipos climáticos e por ser uma técnica que considera a diversidade agroecológica do estado do Maranhão, as características fisiográficas e por apresentar o regime de chuvas que reflete a transição entre a Amazônia úmida e o Nordeste semiárido.

A técnica proposta por Thornthwaite e Mather (1955) contabiliza a água do solo, levando em conta a precipitação pluvial como ganho e a evapotranspiração representa a perda de umidade do solo; assim, pode-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e à Deficiência Hídrica (DEF) (MATOS et al., 2015). A partir da combinação do índice hídrico e o índice de eficiência térmica e suas sazonalidades, obteve-se a classificação climática com a discriminação dos diferentes tipos climáticos para o estado do Maranhão. Foram identificados, segundo o critério proposto por Thornthwaite (1948), quatro tipos climáticos predominantes:

➤ **Tipo climático subúmido seco (C1)**

Corresponde a uma área localizada no sudeste do estado, abrange as regiões de Chapada das Mangabeiras, Gerais de Balsas, Alto Mearim e Grajaú, apresentando um moderado excesso de água no solo nos meses de fevereiro, março e abril (W), correspondendo a 324 mm.

➤ Tipo climático subúmido (C2)

Corresponde uma grande área que compreende o extremo sul da região de Gerais de Balsas, Bacabal, Açailândia, Caxias, Porto Franco, Imperatriz, norte da região do Alto Mearim e Grajaú, Bacabal, Itapecuru Mirim, região do Baixo Parnaíba. Nessa faixa, observam-se os subtipos climáticos S2 na parte nordeste da região. Os solos dessa região apresentam deficiência de água observada entre os meses de junho a dezembro, totalizando 758 mm e o subtipo S no centro e sudoeste do estado, com moderada deficiência de água no solo entre os meses maio a novembro (631 mm).

➤ Tipo climático úmido (B1)

Corresponde às áreas do noroeste do estado e o úmido do tipo B2 no extremo noroeste, ambos do subtipo S. Apresentam moderada deficiência de água no solo, mais especificamente entre os meses de junho a dezembro, alcançando 643 mm e entre os meses de agosto e dezembro, 563 mm.

Quanto aos critérios térmicos caracterizados pelo índice de eficiência térmica, representado pela evapotranspiração potencial anual, cujos valores são superiores a 1.140 mm/ano, averiguou-se a existência predominante do subtipo climático megatérmico, caracterizado por temperaturas médias anuais acima de 18°C (A'). Com relação à variação estacional do índice de eficiência térmica, constatou-se o subtipo climático 'a', que apresentou menos de 48% da evapotranspiração potencial, e se concentra nos três meses mais quentes do ano. Esse fator expressa a inexistência de sazonalidade marcante do regime térmico, o que reflete na homogeneidade, na distribuição da evapotranspiração potencial ao longo dos meses do ano. A descrição dos tipos de climas pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos tipos climáticos no estado do Maranhão, propostos por Thornthwaite (1948)

Simbologia	Descrição
C1WA'a'	Clima subúmido seco do tipo C1, com moderado excesso de água no solo entre os meses de fevereiro e abril (W), megatérmico (A') e concentração da evapotranspiração potencial nos meses mais quentes do ano abaixo de 48%.
C2S2A'a'	Clima subúmido do tipo C2, com grande deficiência de água no solo entre os meses de junho a dezembro no nordeste do estado (S2), megatérmico (A') e concentração da evapotranspiração potencial nos meses mais quentes do ano abaixo de 48%.
C2SA'a'	Clima subúmido do tipo C2, com moderada deficiência de água no solo entre os meses de maio e novembro no sudoeste do estado (S2), megatérmico (A') e concentração da evapotranspiração potencial nos meses mais quentes do ano abaixo de 48%.

B1SA 'a'	Clima úmido do tipo B1, com moderada deficiência de água no solo (S), megatérmico (A') e concentração da evapotranspiração potencial nos meses mais quentes do ano abaixo de 48%.
B2SA 'a'	Clima úmido do tipo B2, com moderada deficiência de água no solo (S), megatérmico (A') e concentração da evapotranspiração potencial nos meses mais quentes do ano abaixo de 48%.

Fonte: Thornthwaite (1948).

A localização transicional que o estado do Maranhão está situado contribuiu significativamente para a geração de condições ambientais e socioeconômicas diversas. No entanto, em virtude da atual fase de transformação em decorrência, sobretudo, do desenvolvimento da Microrregião de Caxias que estão atrelados a problemas de caráter ambientais e sociais, as características gerais sobre o clima do estado do Maranhão e da Microrregião de Caxias são diversificadas e tais cenários apresentam-se como indicativos para a elaboração de políticas públicas ambientais, sociais e econômicas distintas para cada situação climático-sazonal observada no Maranhão e na Microrregião de Caxias.

Na área do Patamar de Caxias o clima regional é subúmido a semiárido, com a pluviosidade anual entre 1.300 a 1.500 mm. Na região dos Tabuleiros do Médio Itapecuru o clima regional é subúmido a semiárido, com a pluviosidade variando de 1.200 a 1.400 mm, já nos Tabuleiros do Parnaíba, o clima regional é subúmido a semiárido, cuja pluviosidade anual varia entre 1.100 a 1.400 mm (CORREIA FILHO et al., 2011).

Em Timon, o clima é subúmido seco com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que vai de dezembro a maio, com médias mensais superiores a 124 mm e outro seco, correspondente aos meses de junho a novembro. No período de estiagem, a precipitação pluviométrica varia de 1,4 a 29,5 mm e no período chuvoso, de 11,6 a 291,5 mm, com média anual em torno de 790 mm (CORREIA FILHO et al., 2011).

O clima da região de Parnarama é subúmido seco com dois períodos bem definidos: sendo um chuvoso, que vai de dezembro a maio com médias mensais superiores a 135 mm e outro seco, que equivalem aos meses de junho a novembro, quando no período de estiagem a precipitação pluviométrica chega a variar de 1,7 a 57 mm e no período chuvoso de 45,1 a 252,9 mm, com média anual em torno de 918 mm (CORREIA FILHO et al., 2011).

Na região de Matões o clima predominante é tropical (AW') subúmido seco com dois períodos bem definidos: um período chuvoso, que vai de dezembro a maio, com médias mensais superiores a 151 mm e outro seco, correspondente aos meses de junho a novembro. No período de estiagem a precipitação pluviométrica equivale a 1,2 a 58 mm e no período chuvoso de 52,7 a 277,2 mm, com média anual em torno de 1.020 mm (CORREIA FILHO et al., 2011).

No município de Matões, o clima é tropical (AW') com dois períodos bem definidos: sendo um chuvoso que vai do mês de janeiro a junho, com médias mensais superiores 141,6 mm, e outro período seco, correspondente aos meses de julho a dezembro. Já no período de estiagem, a precipitação pluviométrica varia de 1,1 a 129,4 mm, com precipitação total anual em torno de 1.107,8 mm. O período mais quente do ano vai de setembro a novembro, com valores médios de 28,58 °C e o mês mais frio é fevereiro, com 25,91 °C de média (CORREIA FILHO et al., 2011).

Em São João do Sóter, o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (AW') subúmido com dois períodos bem definidos: chuvoso que vai dos meses de dezembro a maio e com médias mensais superiores a 194 mm (CORREIA FILHO et al., 2011).

No município de Buriti Bravo, de acordo com a classificação de Köppen o clima do município é tropical (AW') com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que vai de janeiro a junho e médias mensais superiores 141,6 mm, e um outro período seco, que correspondente aos meses de julho a dezembro (CORREIA FILHO et al., 2011).

Como observado, o clima da região dos municípios de Caxias é predominantemente tropical (AW') e tropical (AW') subúmido seco. E conforme Garcês Junior (2022), o que difere o Maranhão dos demais estados nordestinos são os elevados volumes de pluviosidade.

6 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

6.1 Identificação e localização das amostragens de solos

Os resultados apresentados neste capítulo referem-se às atividades de gabinete e de pesquisas de campo executadas durante o andamento da pesquisa (2021-2022). Os perfis estudados estão distribuídos dentro dos limites da área da Microrregião de Caxias, totalizando 12 perfis. Conforme Tabela 2, podem ser observados o local das coletas, a identificação das amostras e a Classificação Taxonômica até o quarto nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Santos *et al.* (2018).

Tabela 2 – Perfis coletados na Microrregião de Caxias

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica até o quarto nível categórico – subgrupos
Perfil – 01	Buriti Bravo	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico
Perfil – 02	Buriti Bravo	ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico
Perfil – 03	Caxias	LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico,
Perfil – 04	Caxias	PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico
Perfil – 05	Matões	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico
Perfil – 06	Matões	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário
Perfil – 07	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico
Perfil – 08	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico
Perfil – 09	São João do Soter	ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico
Perfil – 10	São João do Soter	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Húmico
Perfil – 11	Timon	CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário
Perfil – 12	Timon	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

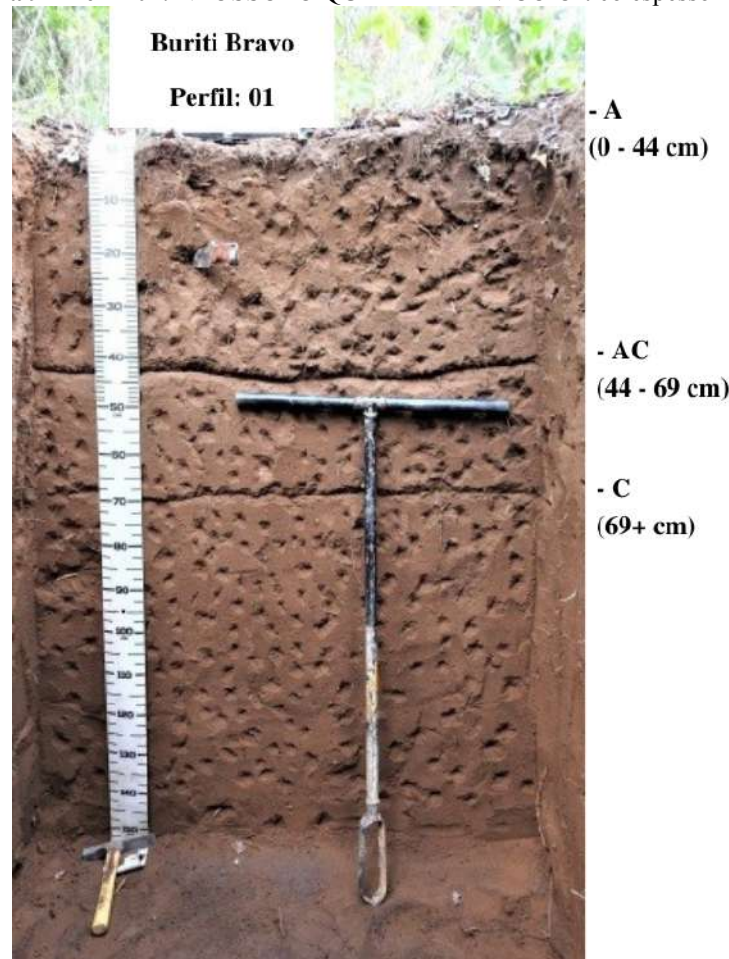
Os solos descritos em Buriti Bravo foram: perfil 01 (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico) e perfil 02 (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico).

O perfil 01 foi classificado como Neossolo, pois é constituído por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário, isso por conta da baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (SANTOS *et al.*, 2018).

Dadas suas características de formação, suas principais limitações de uso estão relacionadas com o relevo muito declivoso ou pela pouca espessura e eventual presença de

rochas. De modo geral, possui baixa fertilidade química natural. No entanto, em alguns casos, em função da rocha de origem, pode apresentar uma boa fertilidade química natural. O perfil 01 está descrito na Figura 9.

Figura 9 – Perfil 01: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico



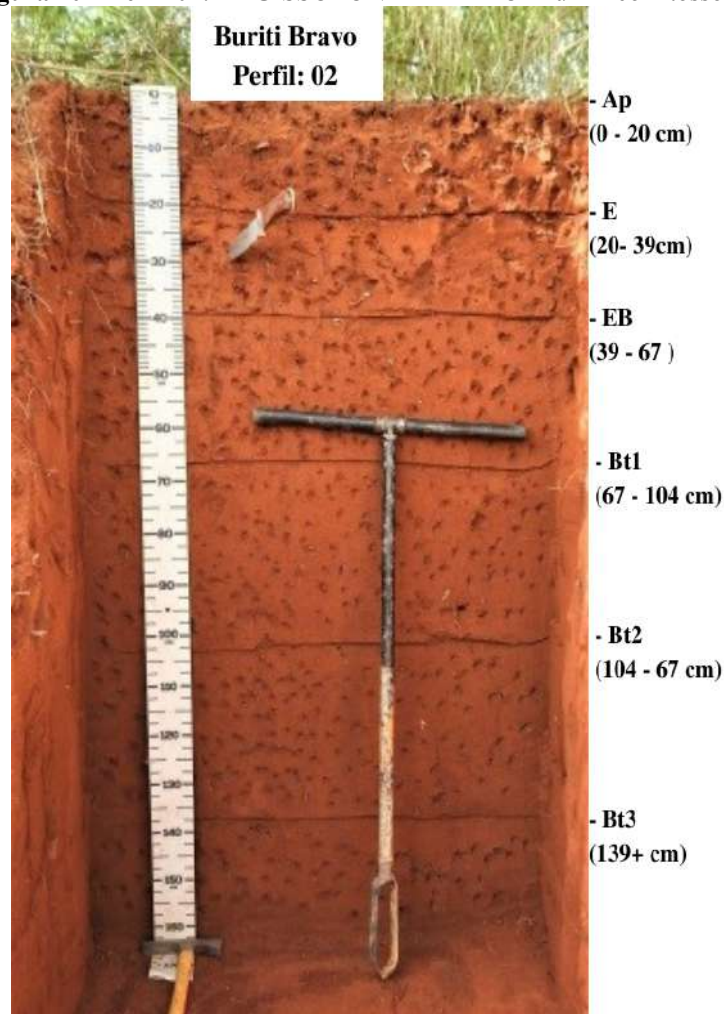
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O solo foi classificado como Quartzarênico, pois não apresentou contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, com sequência de horizontes A-C. No entanto, apresentou textura de areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo. No terceiro nível categórico foi classificado como órtico, pois não se enquadrou nas classes anteriores desse nível categórico e no quarto nível categórico foi classificado como espesso-húmico, pois dispõe de horizonte A húmico e de conteúdo de carbono maior ou igual a 10 g kg⁻¹ até 80 cm ou mais de profundidade.

O perfil 02 (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico) descrito em Buriti Bravo foi classificado como Argissolo por ser um solo formado por material mineral, com horizonte B textural logo abaixo do horizonte A ou E, conforme Santos et al. (2018). O segundo nível foi classificado como Argissolo Vermelho, pois apresentou matiz 2,5YR na maior parte

dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). O terceiro nível recebeu a classificação de aluminico por apresentar caráter aluminico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). O quarto nível categórico foi caracterizado no quarto nível categórico como nitossólico, pois apresentou morfologia (tanto a estrutura, como a cerosidade) semelhante aos Nitossolos, diferindo destes por apresentar relação textural B/A maior que 1,5 e pela presença de policromia dentro de 150 cm a partir da superfície do solo. O perfil 02 pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Perfil 02: ARGISSOLO VERMELHO Aluminico nitossólico



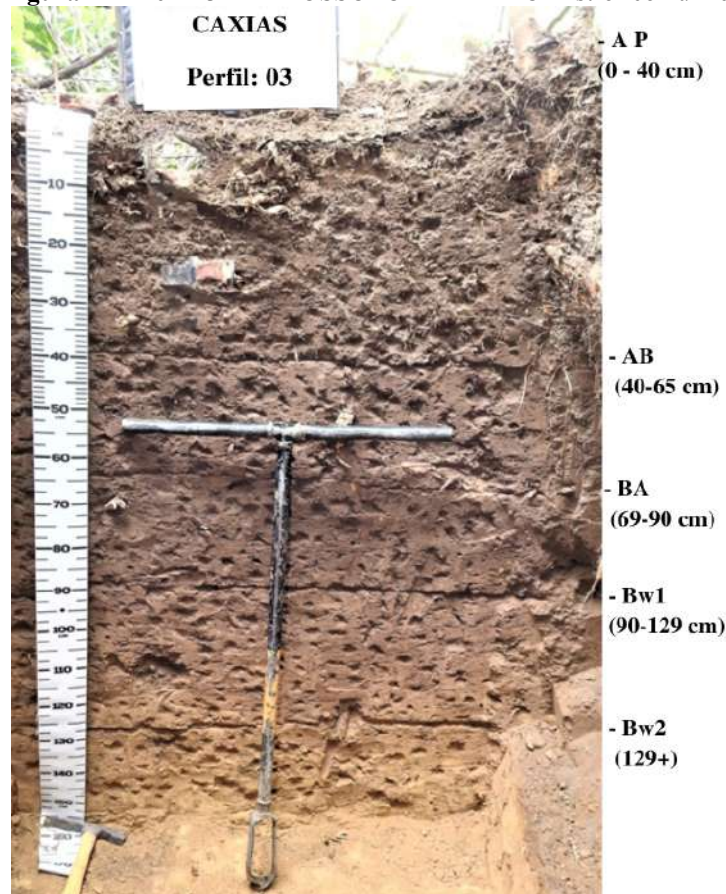
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os argissolos podem apresentar nítida diferenciação entre os horizontes, com argila de alta ou baixa atividade, desde que agregada com a saturação por base ou tenha no horizonte B caráter aluminico e apresentando profundidade variável. São mal drenados ou bem drenados, com cores amareladas, avermelhadas, acinzentadas e brunadas; sua textura tende a ser desde

arenosa a argilosa no horizonte A, e no horizonte Bt varia de média a muito argilosa. Na figura 10 pode-se observar o perfil 02.

Os solos descritos em Caxias foram o Perfil 03 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico) e perfil 04 (PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico). O perfil 03 foi classificado como Latossolo por ser um solo mineral profundo, bem drenado e apresentou como principal característica o horizonte diagnóstico subsuperficial “B” latossólico (Bw). Esse horizonte é caracterizado pelo estágio avançado de intemperização e são solos constituídos por grande quantidade de alumínio, minerais de argila 1:1, óxido de ferro, além de quartzo e minerais que possuem maior resistência ao intemperismo (SANTOS et al., 2018). O perfil 03 pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Perfil 3 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico

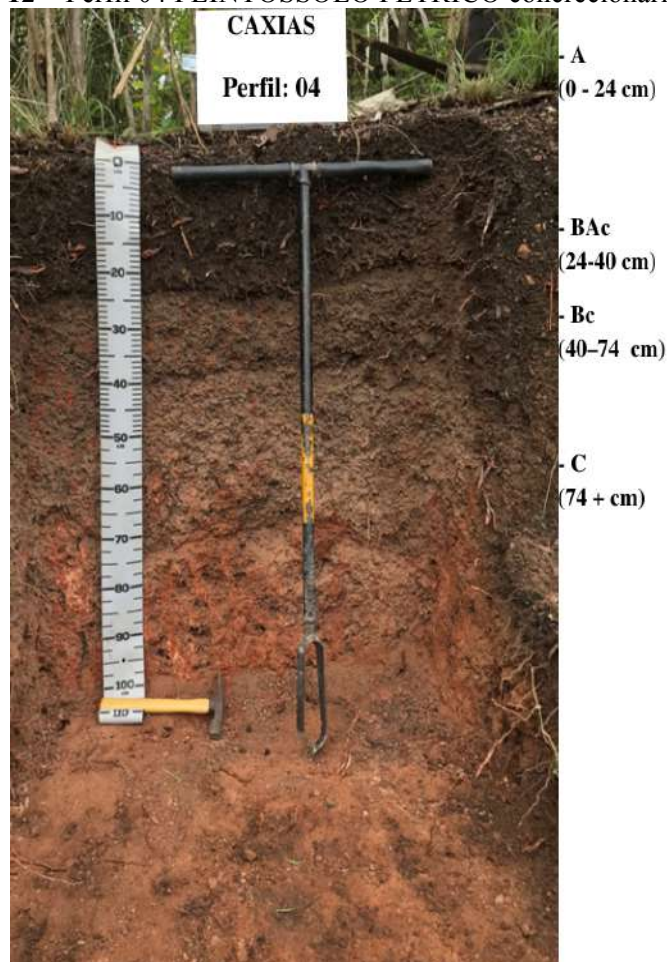


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Foi classificado como amarelo porque apresentou matiz 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Já no terceiro nível categórico foi classificado como distrófico, isso porque apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA, e no quarto nível foi classificado como húmico, pois apresentou horizonte A húmico.

O perfil 04 (Figura 12) foi classificado como Plintossolo porque apresentou horizonte concrecionário iniciando dentro de 40 cm da superfície, com horizontes de cores variegadas e com a presença de mosqueados em quantidade abundante. Foi classificado como Pétrico porque apresentou horizonte concrecionário e no terceiro nível categórico foi classificado como Concrecionário porque apresentou horizonte concrecionário em posição diagnóstica dentro de 200 cm a partir da sua superfície. No quarto nível foi classificado como húmico, pois apresentou horizonte A húmico.

Figura 12 – Perfil 04 PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico



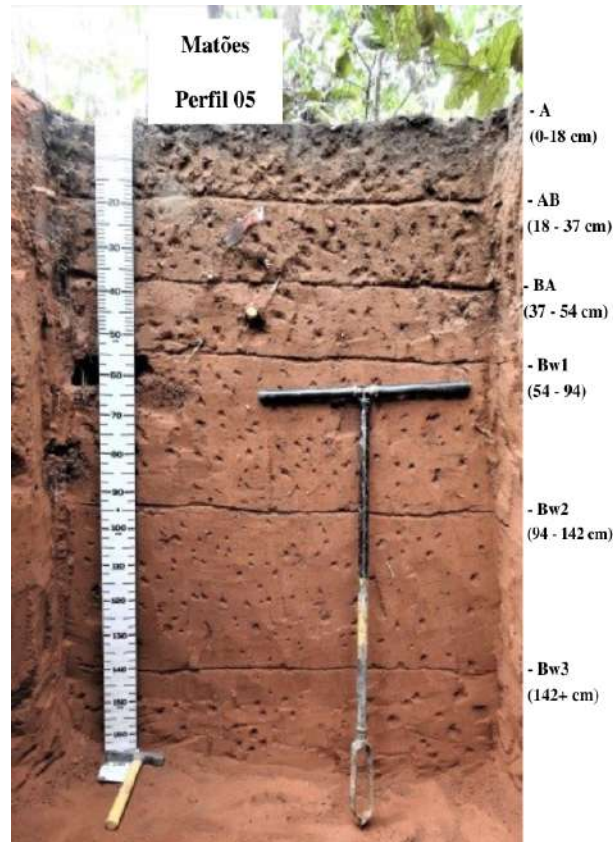
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os Plintossolos são solos constituídos por material mineral que têm a presença de horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, contando que disponha das seguintes condições: a) Iniciando dentro de 40 cm da superfície; ou b) Iniciando dentro de 200 cm da superfície quando precedidos de horizonte glei ou imediatamente abaixo do horizonte A, E ou de outro horizonte que tenham cores pálidas, variegadas ou com a presença de mosqueados em quantidade abundante (SANTOS et al., 2018).

Por serem solos considerados ácidos e com baixa atividade de argila, os Plintossolos apresentam limitações em seu cultivo. No entanto, a partir das intervenções e aplicações de técnicas adequadas, podem ter sua acidez corrigida e com o uso de técnicas de melhoramento em suas funcionalidades.

Foram descritos em Matões: perfil 05 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico e perfil 06 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário. O perfil de latossolo representado na Figura 13 é um solo mineral profundo, bem drenado e apresentou como principal característica o horizonte diagnóstico subsuperficial “B” latossólico (Bw).

Figura 13 – Perfil 05- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

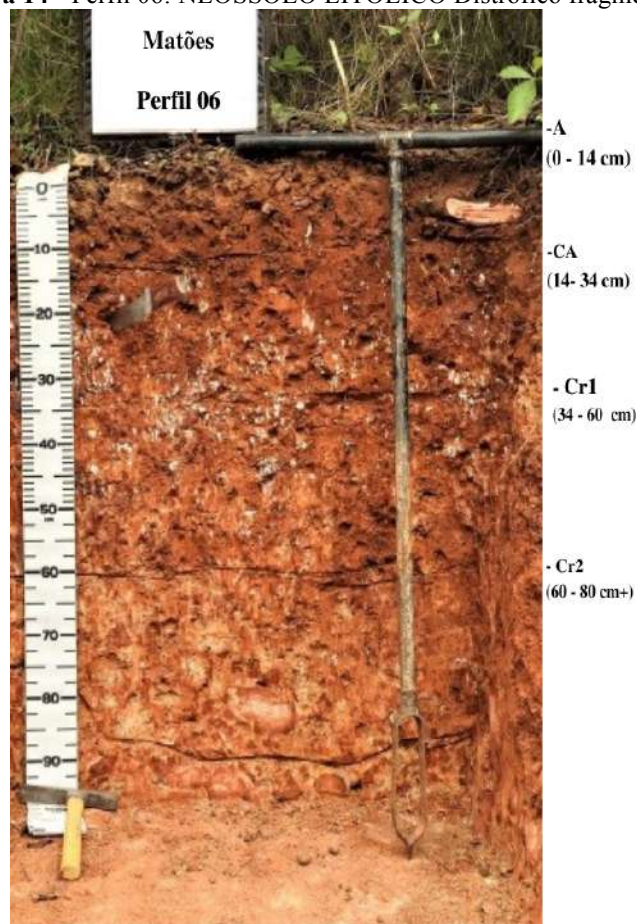
No segundo nível categórico foi classificado como vermelho, pois apresentou matiz 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Foi classificado no terceiro nível categórico como distrófico, isso porque apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA, e foi classificado como húmico, pois apresentou horizonte A húmico, conforme critério de Santos et al. (2018).

Já o perfil de Neossolo apresentou-se como um solo pouco evoluído, constituído por material mineral, sem a presença de horizonte B. Conforme Santos et. al. (2018), os Neossolos são solos formados ou por material mineral ou orgânico pouco espesso que não

apresenta alterações expressivas em relação ao material originário, isso por conta da baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos e não apresentam nenhum tipo de horizonte B diagnóstico.

Dadas suas características de formação, suas principais limitações de uso estão relacionadas com o relevo muito declivoso, ou pela pouca espessura e eventual presença de rochas. De modo geral, possui baixa fertilidade química natural, no entanto, em alguns casos, em função da rocha de origem, pode apresentar uma boa fertilidade química natural. O perfil 06 pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 - Perfil 06: NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário

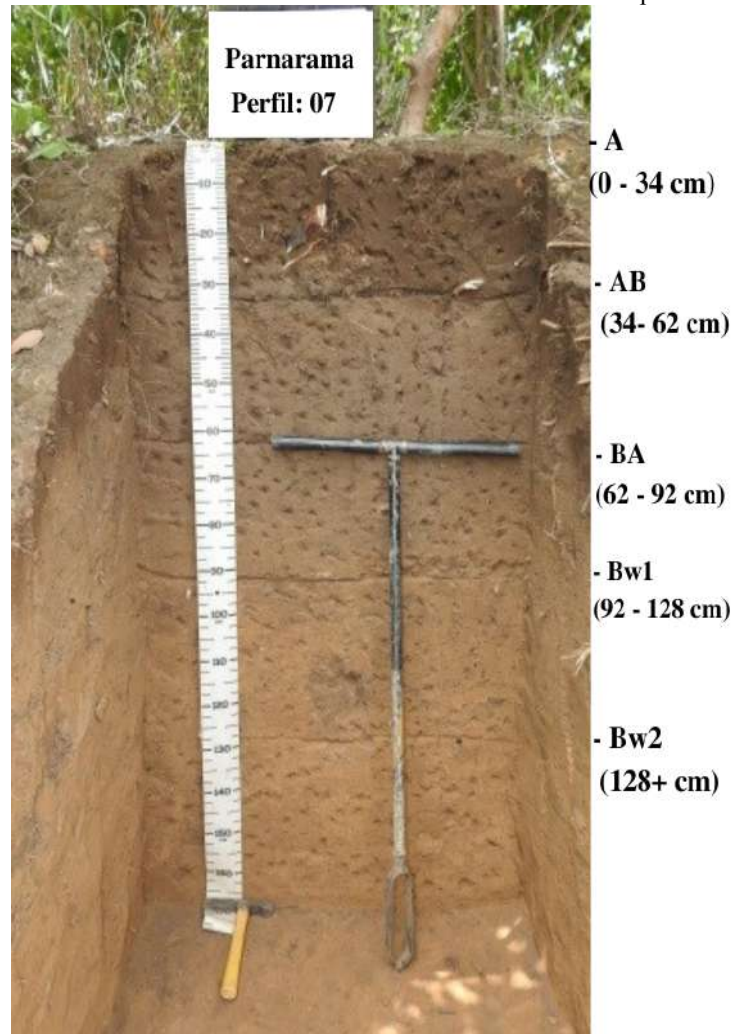


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O solo foi classificado como litólico, pois apresentou contato lítico dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A sobre um horizonte C, conforme estabelecido por Santos et al. (2018). Esse solo apresentou, no quarto nível categórico, saturação por bases < 50% na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a partir da sua superfície. Sendo assim, conforme critérios de Santos et al. (2018), os Neossolos com tais características são classificados como distróficos.

Os solos descritos em Parnarama foram do perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico e o perfil 08 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico). O perfil 07, conforme representado na Figura 15, é constituído por material mineral, com horizonte B latossólico do horizonte diagnóstico superficial, e é um solo em avançado estágio de intemperização. Conforme Santos et al. (2018), essas são as principais características de diagnóstico para um Latossolo.

Figura 15 – Perfil 07: LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico

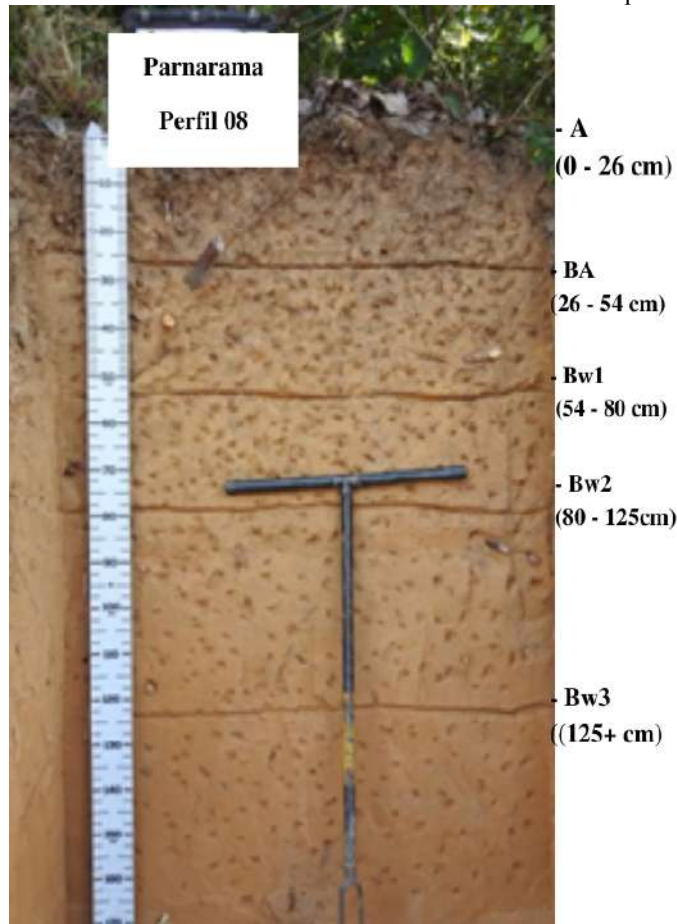


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Foi classificado como amarelo porque apresentou matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Sendo assim, enquadra-se na classificação de Santos et al. (2018). Apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Apresentou horizonte A húmico e conteúdo de carbono maior ou igual a 10 g kg⁻¹ até 80 cm, sendo assim, foi classificado como espesso-húmico, conforme estabelecido por Santos *et al.* (2018).

O perfil 08 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico) apresentou horizonte B latossólico e está em avançado estágio de intemperização, o que o enquadra como Latossolo, conforme a classificação de Santos et al. (2018). O perfil 08 está representado na Figura 16.

Figura 16 – Perfil 08: LATOSSOLO AMARELO Distrófico psamítico



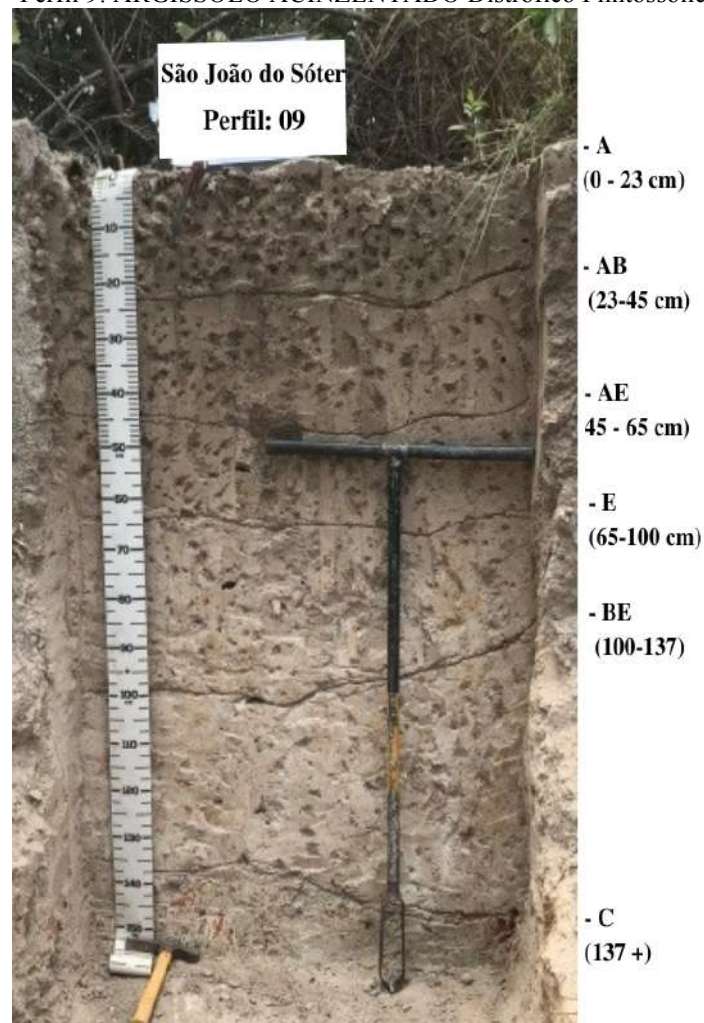
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O solo foi classificado no segundo nível categórico como amarelo, pois conforme recomendações de Santos et al. (2018), nessa categoria se enquadram os solos que apresentam matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), tal como fora verificado neste solo. Recebeu a classificação de distrófico no terceiro nível categórico porque apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), conforme características descritas por Santos et al. (2018). Foi classificado como Psamítico no quarto nível categórico por conter conteúdo de argila inferior a 200 g kg⁻¹ na maior parte dos primeiros 150 cm a partir da superfície do solo, de acordo com a classificação de Santos et al. (2018).

Os solos descritos em São João do Sóter foram os perfis 09 (ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico) e perfil 10 (PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário húmico).

O perfil 09, representado na Figura 17 se enquadra como Argissolo no primeiro nível categórico por ser um solo constituído por material mineral, com presença de horizonte B textural e apresentou Horizonte B textural Bt.

Figura 17 – Perfil 9: ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico



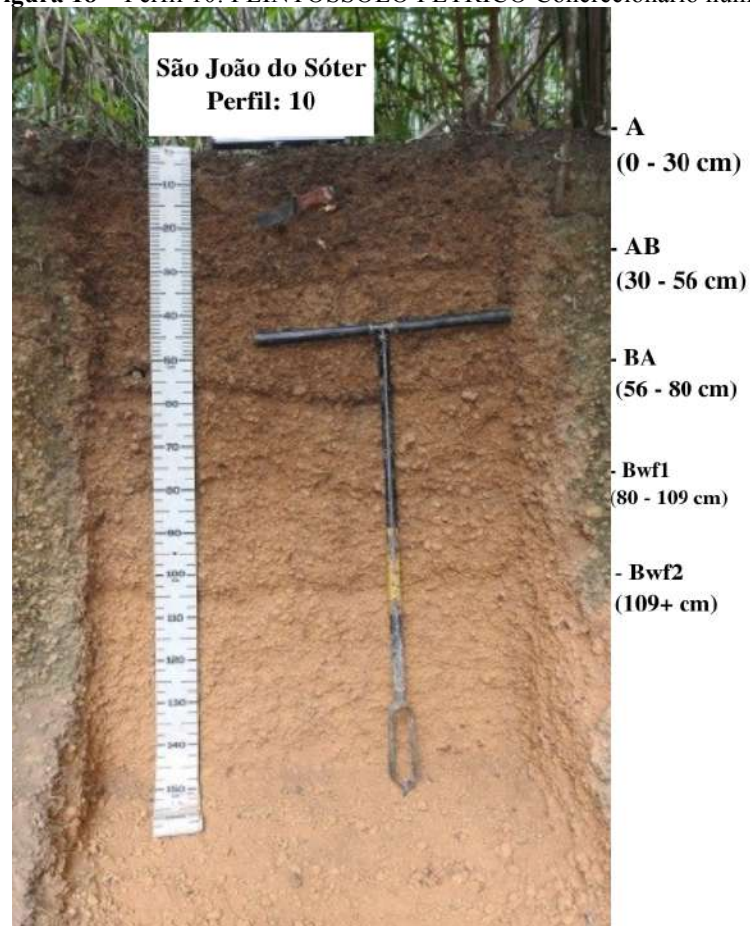
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Este solo apresentou cores acinzentadas na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), com matiz 7,5YR ou mais amarelo, valores maiores ou iguais a 5 e cromas menores que 4. Dessa forma, enquadra-se na classificação de Santos et al. (2018), como acinzentado no segundo nível categórico. Foi classificado como distrófico porque apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Sendo assim, esse solo enquadrou-se na classificação recomendada por Santos

et al. (2018), sendo classificado como plintossólico no quarto nível categórico por ter o caráter plíntico em posição não diagnóstica para Plintossolos dentro de 150 cm a partir da superfície do solo, conforme Santos et al. (2018).

O solo, representado na Figura 18, é constituído por material mineral, com a presença de horizonte concrecionário, horizonte com cores variegadas, bem como presença de mosqueados em quantidade abundante. Sendo assim, esse solo se enquadra como Plintossolo, conforme classificação de Santos *et al.* (2018).

Figura 18 – Perfil 10: PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário húmico

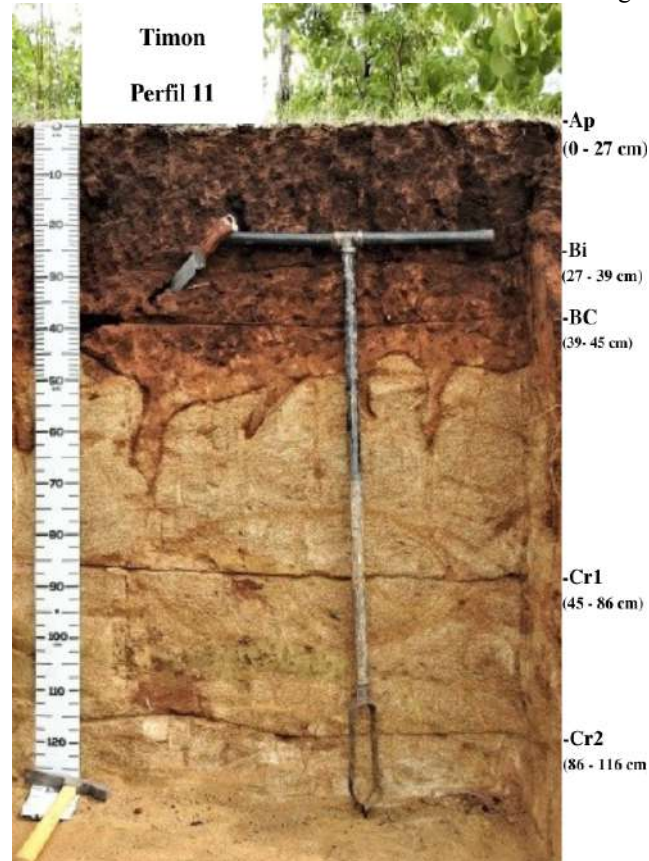


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Esse solo recebeu foi considerado pétrico por ter horizonte concrecionário. No terceiro nível se enquadrrou como concrecionário por ter apresentado horizonte concrecionário em posição diagnóstica dentro de 200 cm a partir da sua superfície, o que condiz com as características estabelecidas por Santos et al. (2018). Esse solo foi classificado como húmico no quarto nível categórico porque apresentou horizonte A húmico, conforme recomendado por Santos *et al.* (2018).

Os solos descritos em Timon foram o perfil 11 (CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário) e o perfil 12 (ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico). O perfil 11 foi classificado como Chernossolo por apresentar características de solo constituído por material mineral com alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico acima do horizonte B incipiente e presença de argila de atividade alta. Esse perfil pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 – Perfil 11: CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O solo foi classificado como Rêndzico por ter horizonte A chernozêmico e horizonte cálcico, petrocálcico, horizonte Bi com espessura < 10 cm. No terceiro nível foi classificado como lítico porque apresentou contato lítico e no quarto nível foi classificado como fragmentário porque apresentou contato lítico fragmentário. Já o perfil 12, representado na Figura 20, apresentou horizonte B textural logo abaixo do horizonte A ou E, sendo então classificado como Argissolo.

Figura 20 – Perfil 12: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Apresentou matiz 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Sendo assim, foi classificado como amarelo. Já no terceiro nível categórico apresentou saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e no quarto nível, classificado como abruptico, porque apresentou mudança textural abrupta.

6.2 Análises químicas dos perfis de solos

Os solos do Cerrado, sobretudo no Brasil, apresentam condições físicas adequadas à agricultura, contudo, estão sendo gradativamente usados para a culturas anuais, de pastagens e reflorestamentos (PINHEIRO et al., 2009) e essas mudanças ocorridas na vegetação natural provocam alterações significativas nos atributos dos solos. Nesse entremeio, estudos de Costa et al. (2006) e Carneiro et al. (2009) atestam que quando uma área de vegetação nativa de Cerrado é alterada para área de pastagem, por exemplo, os atributos químicos do solo são modificados.

Outros efeitos que ocorrem nos solos são as alterações em seus atributos físicos que estão relacionados aos modos de preparo do solo que são adotados em cada sistema de manejo, onde estes dependem da intensidade de revolvimento do solo, do tipo de maquinário usado, da

intensidade do trânsito de máquinas, do manejo dos resíduos vegetais, bem como das condições de umidade no momento do preparo do solo (VIEIRA; MUZILLI, 1984).

Desse modo, os atributos do solo podem ser facilmente alterados pelo uso e manejo, comprometendo a capacidade produtiva das áreas. O uso inadequado de maquinários de uso agrícola pode incorrer na formação de camadas subsuperficiais compactadas. Esse efeito é confirmado por Carneiro (2009), que afirma que a formação das camadas compactadas influencia na estrutura do solo ao promover a redução do volume total de poros, o que, conseqüentemente, trará problemas para a produtividade dos solos.

Para compreender os atributos químicos e físicos é essencial o estudo dos elementos que o compõem. Para tanto, no subtópico “Análises químicas dos perfis de solos” estão descritas as análises químicas dos solos estudados. Para descrever os atributos dos solos, as análises descritas neste capítulo foram separadas e sistematizadas de acordo com seus usos. O objetivo do tópico é avaliar a variabilidade e inter-relações dos atributos químicos do solo em perfis sob os usos de capoeira, pastagem, vegetação primária e reserva legal.

➤ **Análise química dos perfis de solos**

▪ **Análises de pH**

Os valores encontrados se referem às distinções de estado de acidez ou alcalinidade do material dos solos. Segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2009), as classes estão distinguidas e qualificadas conforme especificações na Tabela 3.

Tabela 3 – Especificações das classes de reação dos solos

Classes					
Extremamente ácido	Fortemente ácido	Moderadamente ácido	Praticament e neutro	Moderadamente alcalino	Fortemente alcalino
pH e (solo/água 1:2,5)					
<4,3	4,3 – 5,3	5,4 – 6,5	6,6 – 7,3	7,4 – 8,3	>8,3

Fonte: Santos et al. (2009)

➤ **Análises do pH em Solos sob sistema de Capoeira (Perfis 04, 08, 09, 10, 11)**

Os perfis assentados sob área de capoeira que apresentaram reação moderadamente ácida foram: o perfil 04 – PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico, com pH variando de 5,6 a 6,5; o perfil 09 – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico com pH entre 5,9 e 6,1 e o perfil 10 – PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico (pH de 5,73

e 6,0). Apenas o perfil 08 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico – apresentou reação fortemente ácida, pH entre 4,31 e 4,61.

O perfil 11 (CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico Fragmentário) situa-se na faixa de pH equivalente a 7,29 e 7,77, indicando uma reação moderadamente alcalina. E por apresentar o contato lítico fragmentário, esse perfil de solo apresenta penetração e crescimento de raízes e melhor circulação da água

A avaliação do pH nos solos sob sistema de capoeira demonstrou que os solos apresentam reação fortemente ácida e moderadamente ácida (pH), indicando que os solos são intemperizados. Conforme a literatura, a acidez de um solo é um fator limitante na produção agrícola, por causa da toxidez por alumínio.

O sistema de manejo com queima da capoeira apresentou maior valor de pH do solo na média das camadas (0-23 cm). Isso porque o uso do fogo para preparo do solo proporciona o aumento do pH do solo temporariamente, dependendo da quantidade de cinzas liberada, do pH original do solo, da composição das cinzas e da umidade local.

Como o perfil 08 apresentou reação fortemente ácida e por estar em sistema de capoeira, para correção da acidez, alternativamente, podem ser aplicados resíduos vegetais no solo, que apresentam um efeito semelhante ao da calagem (HUE; AMIEN, 1989; BESSHO; BELL, 1992; MIYAZAWA et al., 1993). No entanto, estudos de Calegari et al. (1993) ratificam que nos sistemas agrícolas brasileiros são produzidas anualmente quantidades consideráveis de diferentes resíduos vegetais sem que, no entanto, o efeito desses materiais na química do solo seja adequadamente avaliado, o que pode incorrer em problemas futuros a esses solos.

➤ **Análises do pH em Solos sob sistemas de Pastagem (Perfis 02 e 12)**

Os solos sob sistema de pastagem apresentaram reação moderadamente ácida. O perfil 02 – ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico apresentou um pH entre 5,09 e 6,01 e o perfil 12 apresentou pH entre 5,5 e 5,8 ao longo do perfil.

O perfil 12 apresentou erosão ligeira e laminar, provavelmente devido ao excesso do pastoreio extensivo sem a implantação de medidas conservacionistas. Em pesquisas de Guareschi *et al.* (2014), a pastagem pode originar uma paisagem com diferentes níveis de degradação, sendo que os principais indicadores desse processo são as diminuições na capacidade de retenção de água no solo, ou o aumento dos processos erosivos, a baixa estabilidade do solo favorecendo as reduções nos níveis de fertilidade e na capacidade do solo em estocar carbono.

No entanto, Dias-Filho (2021) acredita que a construção da fertilidade do solo em pastagens vai além de ações diretas, como somente o uso de simples adubação do solo, mas fortalecer a base dessa construção, que está alicerçada em dois pilares: o aumento do teor de matéria orgânica e o aumento da eficiência na ciclagem de nutrientes. Sendo assim, caso não haja um fortalecimento dessa base, a construção da fertilidade do solo da pastagem não será um objetivo ideal, do ponto de vista econômico e agrônômico.

Os autores Dias-Filho e Lopes (2021) ainda reiteram que o principal mecanismo de entrada da matéria orgânica no solo da pastagem é por meio da fotossíntese, pelo qual o carbono atmosférico retirado do ar é incorporado ao tecido vegetal das forrageiras presentes na pastagem, ou seja, em áreas de pastagem o manejo da fertilidade do solo deve basear-se em práticas que potencializam a ciclagem dos nutrientes e que sejam capazes de reduzir suas perdas. Além disso, deve-se priorizar a entrada desses nutrientes no sistema, mediante técnicas que aumentem o teor da matéria orgânica do solo.

Em pastagens cultivadas, que são ecossistemas alterados pela ação dos diferentes agentes sociais (latifundiários, pequenos proprietários de terra, agricultores), sobretudo com atividades comerciais e agropecuárias, o fluxo de carbono e nitrogênio pode ser alterado, o que pode vir a desenvolver maiores emissões de gases do efeito estufa (GURGEL, et al. 2019). No entanto, em pastagens manejadas adequadamente, pesquisas de Rosa et al. (2014) afirmam que os estoques de carbono e nitrogênio podem ultrapassar os de vegetação primária.

➤ **Análises do pH em Solos sob sistema de Área de vegetação primária (Perfis 01, 03, 05 e 06)**

Em termos de acidez, o perfil 01 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico apresentou a média do pH entre 5,9 e 6,0; o perfil 03 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico com pH entre 5,0 e 5,4; o perfil 05 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico apresentou uma média de pH entre 5,6 e 6,1 e o perfil 06 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico Fragmentário com pH entre 5,3 e 6. Dessa forma, os solos sob sistema de vegetação primária são moderadamente ácidos, apesar de estarem localizados em áreas de vegetação primária, ou seja, tal reação do pH foi pouco alterada de forma direta pelos usos da terra. Nesse caso, a acidez pode ser natural já que seu material de partida é pobre em cátions básicos, devido as condições de pedogênese e formação que favorecem a remoção de elementos químicos (RAIJ, 1981).

Pesquisas de Franchini *et al.* (1999) sobre solos com reação moderadamente ácida verificaram que os solos ácidos brasileiros detinham grande potencial de apresentar alumínio

(Al) em concentrações que ultrapassam a capacidade de tolerância da maioria das culturas, como também expressam baixos níveis trocáveis de cátions básicos. Tais características poderiam ser corrigidas nos horizontes superficiais através da calagem.

A calagem é uma prática comum para melhorar a acidez do solo em terras agrícolas e consiste, sobretudo, na aplicação de calcário moído (carbonato de cálcio ou calcário) e calcário moído dolomítico (carbonato de cálcio e magnésio ou dolomita) (FAGERIA; BALIGAR, 2008).

➤ **Análises do pH em Solos do Solo sob sistema de Reserva Legal (perfil 07)**

Os valores de pH em água no perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-húmico), localizado em área de Reserva Legal variaram entre 4,6 a 5,3, sendo assim, um solo fortemente ácido. Da mesma forma como os solos localizados em áreas de vegetação primária, o solo sob sistema de Reserva legal também teve seu pH pouco alterado de forma direta pelos usos da terra. Essa reação possivelmente decorreu da ação de micro-organismos na decomposição de resíduos vegetais, ou durante o processo de absorção de nutrientes pelas plantas, que é sucessivo da liberação pelas raízes de íons H^+ ou OH^- , a depender da carga do elemento absorvido (MEURER et al., 2010)

Pesquisas da FAO e IPS (2015) testificaram que solos extremamente ácidos tendem a ter uma séria restrição à produção de alimentos em todo o mundo. Isso ocorre quando o hidrogênio (H^+) são produzidos em grandes quantidades e interagem com partículas de argila, onde liberam o alumínio, que por sua vez, produz mais íons H^+ .

Apesar desse perfil estar em área de Reserva legal, existe a Lei n.º 12.651/2012 que prevê a possibilidade de seu manejo sustentável. Sendo assim, há a possibilidade de corrigir a acidez desse solo através da calagem.

A partir das análises do pH nos perfis, verificou-se que os maiores valores se encontram em solos sob sistema de Capoeira, sendo eles o perfil 04 – PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico, com pH entre 5,6 e 6,5, sendo esses valores favoráveis ao desenvolvimento de diversas culturas. Foi verificado que o pH do solo variou pouco em profundidade, constatando-se uma acidez fraca, o que está relacionada a uma atividade mediana do alumínio trocável presente nesse solo. O perfil 11 – CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico apresentou reação alcalina, com os valores de pH entre 7,2 e 7,7.

➤ Capacidade de troca de cátions (CTC)

A capacidade de troca iônica dos solos representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, contribuindo diretamente para a manutenção da fertilidade por um prolongado período, bem como reduzindo e evitando a ocorrência de efeitos tóxicos na aplicação de fertilizantes.

Se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , é permitido afirmar que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. No entanto, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como o H^+ e Al^{3+} esse será um solo pobre.

Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável. Nesse caso, não se deve fazer as adubações e a calagem em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evite maiores perdas por lixiviação, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Capacidade de troca de cátions (CTC) e suas implicações práticas

CTC elevada	CTC baixa
Alta porcentagem de argila e/ou alto teor de M.O.	Baixa porcentagem de argila ou baixo teor de M.O.
Maior quantidade de calcário é necessária para aumentar o pH.	Menor quantidade de calcário é necessária para aumentar o pH.
Maior capacidade de retenção de nutrientes a uma certa profundidade.	Nitrogênio e potássio lixiviam mais.
Maior capacidade de retenção de umidade.	Menor capacidade de retenção de umidade.

Fonte: Adaptado de Potash e Phosphate Institute (1995).

Os valores de CTC observados foram extremamente baixos (em torno de 2,9 cmolc kg⁻¹) nos perfis, sobretudo os perfis 01 e 09 e saturação por alumínio acima de 50%. Contudo, no perfil 02 a CTC do solo decresce em profundidade em uma direta correlação com o teor de matéria orgânica, uma vez que o teor de argila não é alterado significativamente nos horizontes inferiores. Pesquisa produzida por Freitas (1992) explica que nessas condições, cerca de 80% da CTC pode ser atribuída à participação da matéria orgânica, refletindo a importância desse componente no processo produtivo.

Dessa forma, deve-se direcionar atenção especial às práticas de manejo que proporcionem a manutenção e o aumento dos teores de matéria orgânica (PRADO, 1998). Assim, quando esse solo for submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento, haverá

acentuada queda nos teores decorrente do aumento das perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana (SILVA et al., 1994).

➤ **Saturação por bases (V%)**

A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} ($SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$). É denominada como saturação por bases (V%) a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions:

$$(V\%) = 100 * SB / CTC^*$$

*Na fórmula utilizou-se o valor da CTC total.

➤ **Saturação por bases (V%) em perfis sob área de Capoeira (04, 08, 09, 10 11)**

Os perfis 08 (1,25) e 09 (36,34) apresentaram baixa saturação por base, pois apresentaram valores inferiores a 50% (distrófico), critério estabelecido por Santos et al., (2018). A baixa saturação por base é considerada uma característica química dos latossolos.

Os de perfis 4 (61,89) e 10 (68,20) apresentaram saturação superior a 50%, sendo então distróficos. A saturação por base do perfil 11 também é alta (94,41), o que corresponde à presença do horizonte A Chernozêmico, pois, conforme determinado por Santos et. (2018), solos com valor $V > 65\%$ caracteriza o horizonte A Chernozêmico.

➤ **Saturação por bases (V%) em perfil sob área de Reserva Legal (Perfil 07)**

Em todos os horizontes o perfil 07 apresentou saturação por base em valores inferiores a 50%, fator que justifica a sua classificação como distrófico.

A principal limitação desse solo é a baixa fertilidade natural, porque é um solo distrófico, com baixa saturação por bases. Contudo, com a adoção de correção de acidez, adubação e dependendo da exigência da cultura, deve-se utilizar a irrigação. No entanto, o método da saturação por bases, ao ser utilizado na determinação da necessidade de calagem (NC), pode gerar doses inadequadas, uma vez que a saturação por bases esperada (V_e) é fixa, independentemente do tipo de solo.

Para que esse método seja aplicado de forma eficiente, Guarçoni (2017) propôs que a V esperada (V_e) para determinada cultura seja variável de acordo com o tipo de solo, mais especificamente com o valor da CTC pH 7,0.

➤ **Saturação por bases (V%) em perfis sob área de Pastagem (perfis 02 e 12)**

Tanto o perfil 02 (21,58%) quanto o perfil 12 com (49,79%) apresentaram valores inferiores a 50%. Sendo assim, são solos de baixa fertilidade natural. Os baixos valores da saturação por base nos horizontes desses solos estão relacionados aos fatores de acidificação do solo.

Por estarem em área de pastagem, a deficiência em cálcio, magnésio, potássio e sódio trarão prejuízos para o desenvolvimento do gado, visto que esses componentes são fundamentais para a engorda do gado criado à base de pasto.

Um elemento que afeta diretamente a dinâmica da saturação por bases é o controle do pH, por corretivo de acidez, com o conteúdo e a dinâmica dos teores de cálcio e magnésio no solo. Por isso é essencial que esses solos tenham monitoramento e controle dos níveis de pH.

➤ **Saturação por bases (V%) em perfis sob área de vegetação primária (perfis 01, 03, 05, 06)**

Os cinco perfis em área de vegetação primária apresentaram baixa saturação por base. O perfil 01 (4,84), perfil 03 (16,19), perfil 05 (4,84) e 06 (33,55). No perfil 05, os baixos teores de V% são justificados por ser um Latossolo, o que é característico dos latossolos.

Estudos feitos por Torres (2017) sobre a saturação por base em área de vegetação primária com o uso de mudas de pequi, fruto nativo do cerrado maranhense, identificaram que o fósforo apresenta uma quantidade crescente no caule e nas folhas com o aumento da saturação, enquanto o manganês diminuiu. Sendo assim, uma alternativa de correção desses solos em área de vegetação primária é pela calagem, o que permitiria a neutralização e a lixiviação de alumínio e manganês, o que poderia aumentar a saturação por bases do substrato e a absorção de nutrientes.

➤ **Teor de matéria orgânica (MO)**

A matéria orgânica (MO) é um dos atributos do solo mais sensível às transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo e possui relevância em relação às características químicas, físicas e biológicas do solo, com grande influência nas características do solo. Com isso, a sensibilidade às práticas de manejo fez com que a matéria orgânica fosse considerada um dos principais atributos na avaliação da qualidade do solo.

A Matéria Orgânica do solo é sensível ao manejo realizado da terra, sendo de acordo com as mudanças de seu uso e manejo, como a conversão de áreas de vegetação primária em agricultura, tal como a prática de queimadas, que provocam a transferência de parte dos estoques de carbono da biomassa superficial e do solo para a atmosfera, contribuindo de forma significativa para o aumento de CO² atmosférico.

Conforme estudos de Beber (2011), um dos principais indicadores da qualidade de solos é a matéria orgânica (MO), uma vez que as características e propriedades, como estabilidade dos agregados, a qualidade da estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, liberação de CO² e outros gases para a atmosfera e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, possuem estreita relação com a MO.

O processo de adição de matéria orgânica no solo ocorre via adição de carbono pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese. Estudos realizados no município de Igarapé-Açu (PA) mostraram que a queima da capoeira provocou a perda de 94- 97% do carbono, demonstrando que grande parte do carbono é perdida por volatilização e uma pequena parte perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004). Após a queima ocorre a elevação do pH do solo pelo efeito das cinzas, o que reduz, temporariamente, os teores de alumínio e de ácidos orgânicos e, ao mesmo tempo, elevam a saturação por bases na camada superficial do solo (SCHACHT et al., 1996)

Ao pesquisarem o sistema de manejo em áreas de capoeira, Locatelli et al. (2012) atestam que o sistema de manejo com queima da capoeira propiciou o expressivo aumento de cálcio trocável e da saturação por bases do solo e diminuiu a acidez potencial (H+Al).

O teor de MO do solo foi calculado multiplicando-se o teor de carbono do solo (carbono orgânico) pelo fator 1,72 (obtido pela divisão 100/58), conforme metodologia recomendada por Prezotti e Guarçoni (2013). Os valores de referências da Matéria Orgânica foram realizados conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Classes de interpretação para MO

Elemento	Classificação		
Matéria orgânica (MO)	Baixo <1,5	Médio 1,5 - 3,0	Alto > 3,0

Fonte: Prezotti; Guarçoni (2013).

$$\text{Matéria Orgânica} = \text{Carbono Orgânico} \times 1,72.$$

➤ **Teor de Matéria Orgânica em solos sob sistema de Capoeira (04, 08, 09, 10 11)**

A área dos perfis 04, 08, 09, 10 e 11 é ocupada por capoeira em diferentes estágios de desenvolvimento, provenientes da remoção da floresta primária para a implantação de cultivos de subsistência, tais como mandioca, frutas e hortaliças.

O Teor de MO nos perfis assentados em área de capoeira foram caracterizados como alto ($>3,0$), pois todos os perfis sob este sistema apresentaram valores superiores a 3,0: o perfil 04 (77,1), perfil 08 (9,2), perfil 09 (55,22), perfil 10 (21,29) e 11(34,59). Vasconcelos et al. (2012) consideram que o uso da capoeira aumenta a manutenção dos estoques de Nitrogênio nas frações leves da MO, nas primeiras profundidades do solo, o que sugere uma melhoria da qualidade do solo após o enriquecimento de matéria orgânica.

➤ **MO em área de pastagem (perfis 02 e 12)**

Em áreas de pastagens, o estoque de matéria orgânica do solo altera-se de acordo com as taxas de entrada, que são realizadas via resíduos vegetais e animais, e as taxas de saída, pela erosão hídrica, por meio do escoamento superficial da água da chuva e da oxidação (decomposição) da matéria orgânica, produzida pelos micro-organismos do solo.

As pastagens têm a capacidade de manter ou aumentar o teor de MO, em contraste com os cultivos anuais, onde são favorecidas pela grande quantidade de resíduos de material orgânico e pelo sistema radicular extenso e em constante renovação. Conforme Braz et al. (2004), a redução dos conteúdos de matéria orgânica do solo tem relevância no processo de degradação das pastagens.

Os dois perfis em área de pastagem demonstraram alto teor de matéria orgânica. No entanto, o perfil 02 com a fração (10,40) e perfil 12 com (32,83). Ambos os perfis apresentaram redução expressiva da matéria orgânica abaixo dos horizontes A e Ap. Essa redução no perfil 02 possivelmente ocorreu devido ao solo e a planta competirem pela aquisição dos nutrientes disponíveis no solo ou pela pouca liberação de nutrientes desse solo, ou por conta da ocorrência de processos de imobilização, que desencadeia a formação de complexos de difícil reversão, ou pelo pisoteio do gado que compacta as camadas superficiais do solo.

➤ **MO em área de vegetação primária (perfis 01, 03, 05, 06)**

Os perfis assentados em área de vegetação primária demonstraram expressiva presença de MO em todos os horizontes dos perfis. No perfil 01 (18,48), perfil 03 (24,48), perfil 05 (34,49) e perfil 06 (33,68).

Deve-se destacar que os altos teores de Al nesses solos são característicos de solos com alto teor de matéria orgânica.

Do ponto de vista edáfico, Mafra et al. (2008) asseguram que as alterações no uso da terra têm uma estreita relação com a dinâmica da matéria orgânica e com o ciclo biogeoquímico dos elementos, alterando a capacidade produtiva de ambientes naturalmente ligados a condições de solos ácidos e intemperizados tais como os solos presentes no estado do Maranhão.

➤ **MO em área de reserva legal (perfil 07)**

O perfil 07 apresentou alto teor de matéria orgânica, equivalente a 21,59%. Esse percentual de M.O na área de reserva legal pode ser justificado pelo uso da capoeira nesse solo. A capoeira constitui-se de uma área de regeneração natural que foi afetada pelo fogo.

Pesquisas de Rodrigues et al. (2010) sobre atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira verificaram que os solos em sistema de capoeira, por estarem em processo de regeneração, apresentaram clareiras em decorrência do seu dossel não estar totalmente formado, o que facilitou a penetração dos raios solares e favoreceu tanto a ação da chuva sobre o material vegetal, como os ciclos de umedecimento e secagem do solo, intensificando o processo de decomposição do material depositado, disponibilizando a M.O mais rapidamente para o solo nesse sistema.

Considerando as análises químicas dos solos, os perfis com maiores níveis de pH do solo foram superiores nas áreas sob sistema de capoeira, sobretudo nos perfis de Latossolo. De um modo geral, os Latossolos apresentam baixo nível de fertilidade química natural com pH fortemente ácido, com elevados teores de alumínio trocável, elevada saturação com alumínio, baixa saturação por bases trocáveis, baixa capacidade de troca de cátions e baixíssimos teores de fósforo. Os valores de K, Ca e Mg foram menores nos demais solos. No entanto, no perfil de Chernossolo, os teores de K, Ca e Mg indicam bons índices de fertilidade natural do solo.

6.3 Análise Física dos Solos

➤ **Granulometria**

A análise granulométrica constitui-se como uma das análises básicas essenciais para a caracterização de um solo, seja para fins taxonômicos como para a avaliação de sua capacidade de uso e de seu manejo (KLUTE, 1986). O estudo da granulometria auxilia na

melhoria da utilização da água em sistemas produtivos, nas práticas de fertilização e correção do solo, no desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas, nos estudos de gênese e classificação de solos e na avaliação da dinâmica de nutrientes e poluentes no sol, tal como nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos (MAURI et al., 2011).

A análise granulométrica tem por objetivo a quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais (areia, silte e argila) de minerais do solo. Entende-se por partículas individuais os grãos de minerais individualizados, concreções, fragmentos de rocha não alterada ou parcialmente alterada, nódulos e materiais similares cimentados. Os dados da granulometria dos solos estão descritos na Tabela 6:

Tabela 6 – Dados da granulometria dos solos

ANÁLISE FÍSICA DO SOLO					
Horizonte	Profundidade (cm)	Granulometria			
		Areia		Silte	Argila
		Grossa	Fina		
		g.Kg⁻¹	g.Kg⁻¹	g.Kg⁻¹	Total
g.Kg⁻¹					
Perfis em sistema de capoeira					
Perfil 04					
A	0 – 24	34,00	564,00	222,00	180,00
BA	24 – 40	53,00	558,00	209,00	180,00
Bf	40 – 74	57,00	344,00	199,00	400,00
C	74+	35,00	387,00	158,00	420,00
Perfil 08					
A	0 – 26	331,00	373,00	176,00	120,00
BA	26 – 54	311,00	510,00	39,00	140,00
Bw1	54 – 80	334,00	329,00	177,00	160,00
Bw2	80 – 125	442,00	325,00	93,00	140,00
Bw3	125+	296,00	525,00	19,00	160,00
Perfil 09					
A	0 – 23	174,00	385,00	241,00	200,00
AB	23 – 45	112,00	450,00	218,00	220,00
AE	45 – 65	175,00	415,00	210,00	200,00
E	65 – 100	109,00	532,00	199,00	160,00
BE	100 – 137	256,00	382,00	202,00	160,00
BC	137+	214,00	318,00	268,00	200,00
Perfil 10					
A	0 – 60	347,00	406,00	47,00	200,00
AB	60 – 85	255,00	389,00	76,00	280,00
BA	85 – 110	292,00	326,00	62,00	320,00
E	110 – 135	192,00	303,00	105,00	400,00
Btf	135+	187,00	277,00	136,00	400,00
Perfil 11					
Ap	0 – 27	215,00	320,00	205,00	260,00
Bi	27 – 39	261,00	350,00	209,00	180,00
BC	39 – 45	384,00	304,00	172,00	140,00
Cr1	45 – 86	598,00	221,00	161,00	20,00

Cr2	86 - 116	537,00	247,00	196,00	20,00
Solo em sistema de Reserva Legal					
Perfil 07					
A	0 - 34	115	474	51	360
AB	34 - 62	176	428	16	380
BA	62 - 92	112	448	40	400
Solo em vegetação primária					
Perfil 01					
A	0 - 44	224,00	186,00	70,00	520,00
AC	44 - 69	371,00	394,00	95,00	140,00
C	69+	423,00	432,00	25,00	120,00
Perfil 03					
AP	0 - 40	214,00	319,00	87,00	380,00
AB	40 - 65	121,00	314,00	85,00	480,00
BA	65 - 90	167,00	295,00	198,00	340,00
BW1	90 - 129	176,00	289,00	55,00	480,00
Perfil 05					
A	0 - 18	240,00	514,00	86,00	160,00
AB	18 - 37	314,00	315,00	171,00	200,00
BA	37 - 54	242,00	383,00	195,00	180,00
Bw1	54 - 94	222,00	355,00	183,00	240,00
Bw2	94 - 142	220,00	335,00	185,00	260,00
Bw3	142+	161,00	524,00	95,00	220,00
Perfil 06					
A	0 - 14	68,00	538,00	214,00	180,00
CA	14 - 34	72,00	313,00	235,00	380,00
Cr1	34 - 60	79,00	281,00	240,00	400,00
Cr2	60 - 80	80,00	319,00	201,00	400,00
Perfis em área de Pastagem					
Perfil 02					
Ap	0 - 20	228,00	523,00	69,00	180,00
E	20 - 39	67,00	40,00	673,00	220,00
EB	39 - 67	99,00	371,00	170,00	360,00
Bt1	67 - 104	115,00	454,00	91,00	340,00
Bt2	104 - 139	107,00	593,00	20,00	280,00
Perfil 12					
Ap	0 - 14	100,00	368,00	292,00	240,00
E	14 - 35	93,00	399,00	248,00	260,00
Bt	35 - 79	14,00	263,00	223,00	500,00
BC	79+	25,00	281,00	274,00	420,00

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme observado na tabela supramencionada, a fração granulométrica nos solos em sistema de capoeira e em área de reserva legal foi de areia fina, principalmente no horizonte A. Dessa maneira, por serem solos com grandes quantidades de areia fina, tendem a ser altamente suscetíveis à erosão eólica e hídrica.

Os solos em área de vegetação primária apresentaram maiores valores da fração de areia grossa. Conforme Fidalski et al. (2013), os riscos de deficiência hídrica são maiores em solos em solos de granulometria mais grosseira.

A distribuição de partículas no perfil 07 em área de reserva legal e os perfis em área de pastagem (02 e 12) segue a tendência de a fração argila aumentar, enquanto que, a fração silte e a fração areia em decrescer com a profundidade. Em decorrência disso, pode ser provável que suceda uma redução da permeabilidade em profundidade, em função do aumento do conteúdo da fração argila no mesmo sentido.

➤ **Relação Silte/argila**

A análise da relação silte/argila foi calculada a partir da divisão dos teores de silte pelos de argila resultantes da análise granulométrica. Essa avaliação se faz necessária mediante a sua importância para compreender o estágio de intemperismo em solos de regiões tropicais, onde se localiza a área de estudo. Segundo a Classificação Brasileira de Solos proposta por Santos et al. (2018), é aplicada em solos de textura franco-arenosa ou mais fina, que indica um alto grau de intemperismo quando apresenta, na maior parte do horizonte B, valor inferior a 0,7 nos solos de textura média, ou valor inferior a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa. Os solos que apresentaram a fração inferior a 0,7 foi o perfil 02 e 07, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Solos com alto grau de intemperismo

Perfil	Horizonte B com valor inferior a 07 - textura média
Perfil 02 - ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico	Bt ³ : 0,02
Perfil 07 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico	Bw ¹ 00,5 e Bw ² 0,04

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme observado na Tabela 7, o solo que apresentou alto grau de intemperismo foi o perfil 02 (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico) e o perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico).

Estudos de Souza et al. (2010) alertam sobre a necessidade de conhecimentos mineralógicos para a compreensão da gênese dos solos, suas potencialidades e quanto às limitações do solo.

➤ **Atividade da fração argila**

Conforme estabelecidos por Santos et al. (2018), a atividade alta (Ta) corresponde a valor igual ou superior a 27 cmolc kg⁻¹ de argila, e atividade baixa (Tb), a valor inferior a 27 cmolc kg⁻¹ de argila.

Os solos argilosos são conhecidos por serem altamente impermeáveis e solos siltosos são geralmente propensos à erosão, enquanto solos arenosos são porosos e permeáveis.

➤ **Atividade da fração argila dos perfis em Área de Capoeira (perfis 04, 08, 09, 10, 11)**

Apenas o perfil 10 (PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Húmico) (22,83) apresentou baixa atividade de argila. Os demais perfis de solos que apresentaram atividade alta (Ta) foram: perfil 04 (33,28), perfil 08 (55,60), perfil 09 (36,34), perfil 11 (ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico) com 36, 34 cmolc kg⁻¹ de argila e o perfil 11 (CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico Fragmentário) com 943,87 cmolc kg⁻¹., o que influencia a retenção de água desse solo e nos nutrientes para as plantas, assim como na consistência desse solo, elemento fundamental para seu manejo.

Mediante os resultados, os solos que demonstraram atividade alta possivelmente tendem a ter uma alta porcentagem de argila ou alto teor de M.O, o que requer maior quantidade de calcário para aumentar o pH; são solos que podem apresentar maior capacidade de retenção de nutrientes a certa profundidade e maior capacidade de retenção de umidade.

➤ **Atividade da fração argila dos perfis em Área de vegetação primária (perfis 01, 03, 05, 06)**

O perfil 01 (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico) apresentou fração de cmolc kg⁻¹ de argila equivalente a 20,69; o perfil 05 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico), 25,28. Desse modo, esses perfis apresentaram baixa atividade (Tb). O perfil 06 (NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário) apresentou 33,28. O perfil 05 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico) apresentou uma redução na fração de argila nos horizontes BA (9,40), Bw1 (6,87) e um acréscimo no horizonte Bw2 (36,70). Essa redução pode ter ocorrido devido à disponibilidade de água, adsorção de nutrientes e à CTC deste solo. Dessa forma, tanto o perfil 05 como 06 são solos com alta atividade de argila (Ta).

➤ **Atividade da fração argila dos perfis em Área de Pastagem (perfis 02 e 12)**

O perfil 02 (16,9) demonstrou atividade baixa (Tb), pois seus valores são inferiores a 27 cmolc kg⁻¹ de argila. Somente o perfil 12 apresentou (27,5), sendo então um solo com alta atividade de argila.

➤ **Atividade da fração argila de perfil em Área de Reserva Legal (perfil 07)**

O perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico) apresentou a fração equivalente a 26,12, sendo inferior a 27 cmolc kg⁻¹ de argila, o que o torna um solo de atividade baixa (Tb). Os resultados demonstram que os padrões de uso da terra podem alterar expressivamente a atividade da fração argila.

➤ **Características do relevo**

Para Santos et al. (2018), as fases de relevo qualificam condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que interferem nas formas topográficas de áreas de ocorrência das unidades de solo. Essas distinções são aplicadas para dispor informações sobre a viabilidade dos usos de equipamentos agrícolas, e propiciar inferências sobre suscetibilidade dos solos à erosão.

Suertegaray (2002) aponta que o relevo, por ser constituinte da paisagem geográfica, deve ser compreendido como um recurso natural indispensável para uma gestão ambiental apropriada. Desse modo, constitui-se como um considerável parâmetro a ser analisado. Nesse sentido, dentre os perfis analisados, apenas duas fases de relevo foram encontradas, sendo reconhecidas as seguintes classes:

Plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0% a 3%.

Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3% a 8%.

As declividades classificadas como plano com declividade entre 0 a 3%, suave ondulado com declividade entre 3 a 8% são propícias para o uso da terra pela agricultura mecanizada, em razão do maquinário agrícola estar apto para trabalhar nessas condições de declividade. Dessa forma, os relevos plano e suave ondulado são solos potencialmente favoráveis ao uso agrícola com culturas anuais, embora não seja descartada a possibilidade da

utilização de práticas simples de conservação do solo. A caracterização do relevo dos perfis está descrita no Quadro 2.

Quadro 2- Fases de relevo dos perfis de solos analisados

Perfil 01	relevo plano
Perfil 05	relevo plano
Perfil 07	relevo plano
Perfil 11	relevo plano
Perfil 02	relevo suave ondulado
Perfil 03	relevo suave ondulado
Perfil 04	relevo suave ondulado
Perfil 06	relevo suave ondulado
Perfil 08	relevo suave ondulado
Perfil 10	relevo suave ondulado
Perfil 12	relevo suave ondulado
Perfil 09	Relevo suave ondulado

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Estudos de Garcia *et al.* (2020) atestaram que nas áreas planas, os solos tendem a absorver a maior parte da água, já em áreas inclinadas, tendem a propiciar maior escoamento superficial da água e baixas taxas de infiltração. Entretanto, para Campos (2012), em áreas de relevos suave ondulado há necessidade da implementação de práticas simples de conservação de solos, tais como: preparo do solo e plantio em contorno, uso de renques de vegetação permanente em contorno, rotação de culturas e incorporação dos restos culturais ao solo

➤ **Textura do solo**

A textura do solo é um dos principais parâmetros utilizados como indicadores de qualidade física do solo. Por meio da sua determinação, pode-se compreender sobre o comportamento e manejo do solo. A partir da determinação da textura do solo é possível adquirir uma estimativa indireta de variados fatores, tais como a dinâmica da água, resistência do solo à tração, grau de compactação do solo, capacidade de troca de cátions, dosagem de nutrientes e corretivos. Furquim *et al.* (2020) evidenciaram que a textura e a estrutura do solo são propriedades determinantes na movimentação de água no perfil do solo, visto que determinam a quantidade e a disposição dos poros.

Na área de estudo foram encontradas sete classes texturais, conforme pode ser analisado no Quadro 3. Foram classificadas entre textura arenosa, textura média arenosa, textura siltosa, textura argilosa, textura média argilosa e textura média-siltosa, sendo as classes mais frequentes as de textura média arenosa, textura argilosa e textura arenosa.

Quadro 3– Classes texturais dos perfis analisados

Perfil 01	Textura arenosa
Perfil 05	Textura arenosa
Perfil 08	Textura arenosa
Perfil 07	Textura argilosa
Perfil 10	Textura argilosa
Perfil 12	Textura argilosa
Perfil 02	Textura média arenosa
Perfil 03	Textura média arenosa
Perfil 11	Textura média arenosa
Perfil 09	Textura média argilosa
Perfil 06	Textura média-siltosa
Perfil 04	Textura siltosa

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os solos de textura arenosa são permeáveis, leves, com baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica. São solos suscetíveis à erosão, necessitando de reposição da matéria orgânica e cautela no preparo do solo e nas aplicações de práticas conservacionistas. Podem apresentar limitações ao método de irrigação por sulcos, em razão da baixa capacidade de retenção de água, o que pode ocasionar uma alta taxa de infiltração de água no solo e elevadas perdas por percolação.

Já os solos de textura argilosa possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água e nutrientes. Esses solos possuem maior força de coesão entre as partículas, dificultando o processo de penetração de raízes e facilitando a aderência do solo aos implementos, o que torna os trabalhos de mecanização mais difíceis. Apesar de serem solos mais resistentes à erosão, podem ser altamente suscetíveis à compactação. No mais, esse tipo de solo precisa de cuidados específicos em seu preparo, tanto para o plantio quanto para outras atividades, sobretudo quanto ao teor de umidade no qual o solo precisa estar com consistência friável.

➤ Estrutura

Para Dexter (1988), a estrutura do solo é a forma como as partículas minerais (areia, silte e argila) e orgânicas do solo estão dispostas no espaço. A estrutura é o padrão de arranjo das partículas primárias em unidades estruturais, os agregados, que são separados entre si por superfícies de fraqueza, ou somente superpostos e sem conformação definida (SANTOS et al., 2013).

A estrutura do solo é analisada e caracterizada sob diferentes pontos de vista, que encerram dois segmentos distintos, denominados de macro e microestrutura. No entanto, nessa pesquisa, optou-se pela avaliação da macroestrutura, por permitir a caracterização dos solos analisados e por fornecer informações sobre o movimento, a retenção de água, o arejamento e auxiliar sobre a suscetibilidade do solo à erosão.

A macroestrutura do solo, estrutura descrita macroscopicamente no campo, é caracterizada de duas maneiras (tipo de estrutura): grau de desenvolvimento (grau de estrutura) e seu tamanho (classe de estrutura). Ademais, podem ser encontrados agregados do solo com as seguintes formas geométricas: laminar, prismática, colunar, bloco angular, bloco subangular e granular. No entanto, os solos analisados nesta pesquisa apresentaram em maior predominância a estrutura granular e em blocos angulares.

Os solos com formas geométricas granular foram: perfil 01 (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico); perfil 03 (LATOSSOLO AMARELO Alumínico Húmico); perfil 05 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico); perfil 06 (NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico Fragmentário); perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico); perfil 08 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico) e o perfil 12 (ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto).

Agregados granulares são particularmente visíveis em solos de pastagens e em solos que têm atividade de minhocas. A estrutura granular caracteriza superfícies de solos (geralmente horizontes A), principalmente aqueles ricos em matéria orgânica. Conseqüentemente, esse é o principal tipo de estrutura de solo afetado pelo manejo. Desse modo, alguns fatores favorecem o desenvolvimento de uma estrutura granular no horizonte superficial de solos cultivados, tal como as gramíneas e por conta da prática de corte e queima da vegetação. Essas características se comprovaram nos solos analisados, visto que os solos em sistema de capoeira são os que apresentaram a estrutura granular, exceto o perfil 02. Os solos de estrutura granular que possuem maior quantidade de macroporos são solos com maior facilidade na infiltração de água.

Os solos com formas geométricas de blocos angulares foram: perfil 02 (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico); perfil 04 (PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico); perfil 09 (ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico); e o perfil 10 (PLINTOSSOLO PETRICO Concrecionário Húmico), visto que apresentaram faces planas e ângulos agudos na maioria dos vértices. Esses tipos de estrutura em blocos angulares são normalmente encontrados no horizonte B, onde promovem drenagem, aeração e penetração radicular.

6.4 Estatística Descritiva Básica

Os dados foram avaliados por estatística descritiva a partir da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, máximo, mínimo, visto que esses parâmetros possibilitam uma análise prévia da heterogeneidade existente nos dados (FROGBROOK et al., 2002). Compreende-se, então, que a estatística descritiva é a parte da estatística que desenvolve e disponibiliza métodos para resumo de dados estatísticos com o objetivo de facilitar a compreensão e a utilização da informação ali contida. A variabilidade dos dados está descrita na Tabela 8.

Tabela 8 – Estatística descritiva dos perfis

Estatística descritiva dos perfis em sistema de Capoeira																							
Est.	ar ei. g	ar ei. f	sil te	ar g. t	sil /a rg	ág ua	kc l	p h	Al	h+ al	ca	ca + m g	K	na	sb	ef e	p ot	ar g	ba s	al u	só d	c	m o
M éd ia	24 8	38 2	16 0	21 0	1. 5	6. 3	4. 5	1. 8	0. 5	2. 4	3. 3	4. 8	0. 1	0. 0	4. 9	5. 2	6. 7	82 .5	32 .8	45 .1	7. 2	9. 4	16 .3
M ed ia na	25 5	37 3	17 7	18 0	1. 1	6. 1	4. 6	1. 6	0. 2	2. 3	0. 4	0. 6	0. 1	0. 0	0. 7	1. 4	3. 7	21	18 .5	50 .6	2. 0	5. 4	9. 4
D es vi o p	14 4	93 .2	67 .4	10 6	2. 3	0. 7	0. 4	0. 7	0. 8	1. 3	5. 6	7. 8	0. 1	0. 1	7. 9	7. 7	6. 5	19 4	33 .8	33 .4	12 .0	10 .7	18 .5
V C	20 .7	8, 68	4, 54	11 ,2	5. 1	0. 5	0. 1	0. 5	0. 6	1. 6	31 .8	61 .3	0. 0	0. 0	61 .8	58 .6	42 .1	37 ,8	1, 1	1, 12	14 4	11 5	34 2
M áx im o	59 8	56 4	26 8	42 0. 0	9. 8	7. 8	5. 4	0. 7	3. 7	5. 4	17 .0	23 .0	0. 5	0. 2	23 .1	23 .1	24 .2	94 4	96 .2	90 .7	53 .8	44 .7	77 .2
M íni m o	34 .0	22 1	19	20 .0	0. 1	5. 2	4. 0	3. 7	0. 0	0. 8	0. 1	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 3	1. 2	7. 2	2. 0	0. 0	0. 2	0. 7	1. 2

Estatística descritiva dos perfis em área de vegetação primária																							
Es t.	ar ei. g	ar ei. f	sil te	ar g. t	sil /a rg	ág ua	kc l	p h	Al	h+ al	ca	ca + m g	K	na	sb	efe	pot	arg	bas	alu	só d	c	Mo
M é di a	19 8	35 6	14 0	30 7	0. 5	5. 4	4. 4	- 1. 0	1. 3	4. 7	0. 0	0. 3	0. 1	0. 0	0. 4	1. 7	5. 7	19	7	81	13 .1	11 .0	19 .1
M e di an a	19 5	31 9	13 5	30 0	0. 6	5. 5	4. 2	- 1. 2	0. 9	4. 0	0. 0	0. 1	0. 0	0. 0	0. 1	1. 1	4. 3	15	4	85	10 .0	10 .2	17 .5
D es vi o p	97	91	66	12 8	0. 3	0. 6	0. 6	0. 6	0. 9	2. 6	0. 1	0. 5	0. 1	0. 0	0. 6	1. 3	4. 9	12	9	15	12 .8	6. 2	10 .6
C V	9, 5	8, 3	4, 4	16 ,4	0. 1	0. 3	0. 3	0. 4	0. 8	6. 6	0. 0	0. 2	0. 0	0. 0	0. 3	1. 8	24	15 0	82	23 0	16 4	38 .1	11 3
M á x i m o	42 3	53 8	24 0	52 0	1. 2	6. 3	6. 1	0. 1	3. 3	9. 8	0. 6	1. 6	0. 4	0. 1	2. 0	4. 5	23	59	34	99	46 .3	20 .0	34 .5
M í n i m o	68	18 6	25	12 0	0. 1	4. 3	4. 0	- 2. 0	0. 4	1. 5	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 4	1. 5	4. 7	0. 2	44	0. 7	0. 2	0. 4
Estatística descritiva dos perfis em área de reserva legal																							
Es t.	ar ei. g	ar ei. f	sil te	ar g. t	sil /a rg	ág ua	kc l	p h	al	h+ al	ca	ca + m g	K	na	sb	efe	pot	arg	bas	alu	só d	c	Mo
M é di a	14 1	4 1 8	30	4 1 2	0. 1	5. 2	4. 2	- 1. 0	1. 6	7. 6	0. 0 1	0. 0 4	0. 0	0. 0 1	0. 1	1. 6	6. 7	1 6. 9	0. 7	9 6. 6	1 7. 1	1 3. 8	23. 8
M e di an a	14 9	4 2 8	22	4 0 0	0. 1	5. 1	4. 2	- 0. 9	1. 7	8. 4	0. 0	0. 0 4	0. 0	0. 0 1	0. 1	1. 7	5. 7	1 4. 2	0. 6	9 6. 9	1 5. 6	1 1. 3	19. 6
D es vi o p	24	4 2	14	4 1	0. 0	0. 5	0. 0	0. 5	0. 2	1. 9	0. 0 1	0. 0 2	0. 0	0. 0	0. 0	0. 2	1. 9	6. 4	0. 2	1. 2	5. 7	8. 3	14. 3
C V	58 5	1, 8	18 4	1, 7	0. 0	0. 2	0. 0	0. 2	0. 0	3. 7	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 1	3. 7	4 0. 9	0. 0	1. 4	3 2. 1	6 8. 9	205 .2
M á x i m o	17 6	4 7 4	51	4 6 0	0. 1	6. 2	4. 3	- 0. 5	1. 8	9. 5	0. 0 3	0. 0 1	0. 0 1	0. 0 1	0. 1	1. 9	9. 6	2 6. 7	1. 0	9 7. 9	2 7. 2	2 7. 1	46. 8
M í n i m o	11 2	3 6 6	16	3 6 0	0. 0	4. 7	4. 2	- 1. 8	1. 2	5. 0	0. 0	0. 0 2	0. 0	0. 0 1	0. 0	1. 3	5. 0	1 0. 8	0. 5	9 5. 2	1 1. 4	5. 0	8.5

Perfil em área de pastagem																							
Est.	ar ei. g	ar ei. f	sil te	ar g. t	sil /a rg	á g ua	kc l	p h	al	h +a l	ca	ca + m g	K	na	sb	efe	p ot	ar g	ba s	al u	só d	c	m o
Mé dia	9 3. 0	3 9 0	2 0 7	31 0	0. 8	5. 6	4. 3	1. 3	1. 1	3. 1	0. 6	1. 1	0. 1	0. 0	1. 2	2. 2	3. 9	1 3. 7	2 3. 4	5 1. 9	2. 1	5. 3	9. 2
Me dia na	9 6	3 8 5	1 9 7	29 0	0. 5	5. 6	4. 3	1. 4	0. 8	2. 3	0. 1	0. 5	0. 1	0. 0	0. 6	1. 4	3. 0	1 2. 6	2 0. 4	5 6. 6	2. 4	4. 2	7. 2
De svi o p	5 5	1 6 2	1 8 4	92	0. 8	0. 3	0. 3	0. 5	0. 9	1. 3	0. 9	1. 1	0. 1	0. 0	1. 2	1. 4	1. 7	7. 2	1 0. 3	1 9. 5	0. 9	5. 5	9. 5
CV	3, 1	2 6	3 4	8, 5	0. 7	0. 1	0. 1	0. 2	0. 8	1. 6	0. 9	1. 2	0. 0	0. 0	1. 3	1. 9	3. 0	5 2. 2	1 0 5. 8	3 8 0. 7	0. 7	3 0. 0	89 .3
Má xim o	2 2 8	6 1 2	6 7 3	50 0	3. 1	6. 0	4. 6	0. 6	2. 9	5. 0	2. 9	3. 9	0. 3	0. 4	4. 2	4. 4	6. 6	2 7. 6	4 9. 8	7 8. 1	3. 4	1 9. 0	32 .8
Mí ni mo	1 4	4 0	6. 0	18 0	0. 0	5. 1	3. 6	2. 1	0. 3	1. 7	0. 0	0. 4	0. 0	0. 0	0. 4	0. 8	2. 1	6. 2	1 4. 4	5. 7	0. 9	0. 0	0. 1

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A média da relação silte/argila evidenciou altos índices de intemperismo em grande parte dos solos analisados, sendo eles o solo em área de reserva legal (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico), que apresenta textura argilosa com média da relação silte/argila equivalente a (0,1) e o perfil 07 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico) sob sistema de pastagem.

A fração de argila total foi predominante no solo em área de reserva legal, a saber, o teor de argila no solo influencia na disponibilidade de água, nutrientes e na CTC do solo. A média da análise granulométrica dos solos indicou elevados teores de areia, sendo a fração areia fina predominante, o que resulta da menor resistência do material de origem ao intemperismo, em função de sua composição mineralógica.

A média geral do teor de matéria orgânica dos solos é de 16,57, o que indica níveis de matéria orgânica considerados adequados para os solos da região. No entanto, cabe ressaltar que os teores da matéria orgânica são dependentes de uma série de fatores que, em grande parte, são condicionados pelo uso e manejo dos solos, temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes. O solo em área de reserva legal apresentou a maior média no teor de matéria orgânica, o equivalente a 23,8g/kg, apesar de ser um solo com alto índice de intemperismo.

A variabilidade dos dados com base nos valores de coeficiente de variação (CV), segundo critérios estabelecidos por Warrick e Nielsen (1980) correspondem a: baixa ($CV < 12\%$), média ($12 < CV < 62\%$) e alta ($CV > 62\%$). No sistema de capoeira o coeficiente de variação (CV) foi baixo ($CV < 12\%$) para areia fina, silte, argila total, silte/argila e água, e média ($12 < CV < 62\%$) somente para areia grossa. Para os elementos químicos foi baixa ($CV < 12\%$) para KCl, pH, Al, H^+Al , K, Na e saturação por base; média ($12 < CV < 62\%$) para Ca, Ca^+Mg , soma de base, CTC efetiva, CTC potencial e CTC argila, e alta ($CV > 62\%$), sódio, carbono e matéria orgânica (M.O.).

Na área de vegetação primária, a variabilidade dos atributos físicos foi baixa ($CV < 12\%$) para areia grossa, areia fina, silte, silte argila e água, e média ($12 < CV < 62\%$) para argila total. Nos atributos químicos, foi considerada baixa ($CV < 12\%$) para Na, K, Ca^+Mg , Ca, H^+Al , Al, Ph, KCl, M.O. e CTC efetiva; média ($12 < CV < 62\%$) para saturação por base, CTC potencial e C, e alta ($CV > 62\%$) para CTC de argila, soma de base, saturação por Alumínio e Sódio.

Na área de reserva legal, a variabilidade dos atributos físicos foi baixa ($CV < 12\%$) para areia fina, argila total, silte/argila e água; média ($12 < CV < 62\%$) para areia grossa; alta ($CV > 62\%$) para silte. Nos atributos químicos, foi baixa ($CV < 12\%$) para KCl, pH, Al, H^+Al , Ca, Ca^+Mg , K, Na, soma de base, CTC efetiva, CTC potencial, saturação por base, saturação por alumínio; média para CTC argila, e saturação por sódio, e alta ($CV > 62\%$) para C e M.O.

Na avaliação da variabilidade dos atributos físicos na área de pastagem foi considerada baixa ($CV < 12\%$) para areia grossa, argila total, silte/argila e água; média ($12 < CV < 62\%$) para areia fina e silte. Nos atributos químicos foi baixa ($CV < 12\%$) para KCl, pH, Al, H^+Al , Ca, Ca^+Mg , K, Na, soma de base, CTC efetiva, CTC potencial e sódio; média ($12 < CV < 62\%$) para CTC de argila e C; alta ($CV > 62\%$) para saturação por base e saturação por alumínio.

Os resultados dos atributos físicos do sistema de capoeira apresentaram valores de média e mediana próximos, indicando uma tendência dos dados a uma distribuição normal e que estes seguem distribuições simétricas. No sistema de capoeira, os elementos químicos assimétricos foram Ca, Ca^+Mg , soma de base, CTC de argila, saturação por base e sódio, carbono e M.O. e simétricos para os demais elementos químicos analisados.

Na área de vegetação primária, os atributos químicos e físicos também apresentaram relação de assimetria, com valores de média e mediana próximos. Apresentou assimetria para CTC de argila e saturação por base, cujos valores de média e mediana tiveram distinções maiores, indicando assimetria dos dados em função da grande diferença entre valores

mínimos e máximos. No sistema de reserva legal houve assimetria nos elementos químicos e físicos, sendo assimétricos somente para área grossa, saturação por base e alumínio e matéria orgânica.

Os solos apresentaram teores extremamente baixos de vários nutrientes (Ca^+ , Mg , Na e K), acidez média e toxidez alta de Al^{3+} . Para as plantas nativas (especialmente as do Cerrado), o alumínio pode ser até essencial, isso porque o óxido de alumínio é um agente que auxilia de maneira eficaz a estrutura do solo tropical e se o alumínio trocável não ultrapassar determinada porcentagem dos cátions existentes na CTC efetiva (dependendo da textura de cada solo), possivelmente não será prejudicial para o solo (PRIMAVESI, 2006).

O valor da média da CTC efetiva em todos os sistemas de usos da terra foi extremamente baixo, entre 1,6 e 5,2. Usualmente, solos que apresentam limitações químicas, como capacidade de troca de cátions (CTC), dependendo do manejo, as mudanças nas frações orgânicas podem influenciar na variabilidade do Al, promovendo taxas que causam toxidez às plantas.

Os teores de K^+ , Ca^+ e Mg^+ variaram entre os diferentes usos do solo, tal como os teores de Potássio (K) dos perfis em sistema de capoeira, vegetação primária e pastagem, que apresentaram maior homogeneidade, enquanto os teores de Ca^+ , Mg e Ca^2 apresentaram menor homogeneidade.





A média de potássio (K) nos solos foi baixa em todos os sistemas de usos da terra, indicando que os solos são intemperizados. Os valores médios de K foram menores no sistema pastagem, essa redução pode estar diretamente relacionada ao manejo inadequado do solo ou pelo superpastejo, ou seja, os solos em sistema de pastagem estão mais suscetíveis à redução da capacidade da planta de resistir ao estresse causado pela seca, doenças, insetos, etc. Apesar disso, o teor de potássio no solo pode ser elevado com o desenvolvimento de uma estratégia de manejo do potássio com a fertilização de nutrientes essenciais.

Dessa maneira, conclui-se que a média geral dos elementos químicos (pH, Al, P, Ca, Mg, H, Al, SB e MO) dos solos apresentou índices abaixo do desejável para um solo produtivo. As porcentagens de acidez trocáveis apresentaram-se elevadas na maioria dos horizontes, refletindo os baixos valores de pH e menores teores de Ca, Mg, K e, conseqüentemente, menor soma de bases trocáveis, ou seja, são solos distróficos.

Assim, os resultados apresentados através da estatística básica no presente estudo, no geral, comprovaram as hipóteses iniciais do trabalho desta pesquisa, onde os usos da terra têm desencadeado uma série de mudanças nas propriedades químicas e físicas dos solos. A partir dos dados físicos, químicos e análise estatística dos solos, foi possível realizar um quadro

síntese para melhor visualização das potencialidades e limitações dos solos analisados neste tópico. Esses dados podem ser observados no Quadro 4:

Quadro 4 – Quadro síntese das potencialidades e limitações dos solos

Sistemas de usos da terra	Fatores de potencialidades dos solos	Limitações dos solos
<p>Solos sob sistema de Capoeira</p> 	<p>Teor de MO alto (>3,0) em todos os perfis; Processos erosivos não aparentes (exceto no perfil 09 e 10); Solos bem drenados a moderadamente drenado; Perfil 11: Alta atividade de argila (Tb) = Solo eutrófico (alta fertilidade natural), moderadamente alcalino.</p>	<p>pH com reação fortemente ácida e moderadamente ácido (pH) indicando que os solos são intemperizados; Baixa saturação por base; Solos mal drenados; Baixa atividade de argila (Tb) (exceto perfil 11); Baixa fertilidade natural (exceto perfil 11); Processo erosivo muito forte (voçoroca) no perfil 09 e erosão laminar no perfil 10.</p>
<p>Solos sob sistema de Pastagem</p> 	<p>Teor de MO alto (>3,0) nos dois perfis.</p>	<p>Moderadamente ácidos; Baixa atividade de argila (Tb); Baixa fertilidade natural; Valores de CTC extremamente baixos; Presença de processos erosivos laminar; Solos imperfeitamente drenados; Alto grau de intemperismo no perfil 02 - ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico.</p>
<p>Solos em área de Vegetação primária</p> 	<p>Teor de MO alto (>3,0) em todos os perfis; Erosão não aparente, solos bem drenados a acentuadamente drenados.</p>	<p>Solos moderadamente ácidos; Baixa atividade de argila (Tb); Baixa fertilidade natural;</p>
<p>Solos sob sistema de Reserva Legal</p> 	<p>Teor de MO alto (>3,0) em todos os perfis, sendo este perfil com maior média no teor de matéria orgânica.</p>	<p>Solo extremamente ácido; Baixa atividade de argila (Tb); Baixa saturação por base; Baixa fertilidade natural; Teores extremamente de vários nutrientes (Ca + Mg, Na e K); Acidez média e toxidez alta de Al³⁺; Alto grau de intemperismo.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Como descrito no quadro acima, os solos apresentaram limitações quanto aos seus atributos físicos e químicos. São solos com baixa fertilidade natural (exceto o perfil 11); são ácidos e moderadamente ácidos. Apresentaram baixa saturação por base, presença de erosão e licitações quanto à drenagem. Quanto as suas potencialidades, destaca-se a elevada quantidade de matéria orgânica e por estarem assentados em áreas de relevo plano e suave ondulado, são solos propícios para o uso de diversas culturas, sobretudo a agricultura mecanizada, em razão do maquinário agrícola ser facilitado.

7 MUDANÇAS DE USOS DA TERRA NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS ENTRE OS ANOS 1985, 2010 E 2020

A concentração crescente da população urbana e a expansão das cidades ocasionaram uma intensificação dos problemas de ordem social e ambiental. Dado o aumento constante na ocupação territorial no planeta, as regiões urbanas estão progressivamente provocando problemas ambientais locais, regionais e globais.

É importante mencionar que todos esses problemas englobam a degradação e modificações de paisagens, nas mudanças na biodiversidade, no microclima, no processo de seleção natural, na dinâmica hidrológica, no aumento da poluição, da compactação do solo e declínio dos serviços ecossistêmicos (FRANCIS; CHADWICK, 2013).

Nessa perspectiva, o controle do uso da terra é imprescindível para a conservação das funcionalidades de uso da terra. De acordo com Cotas (2020), a dinâmica de ocupação no Nordeste se dá, sobretudo, pela expansão de áreas de mosaicos campestres sobre áreas de vegetação campestre, sinalizando um padrão de ocupação com número alto de pequenos estabelecimentos rurais e de cultivos diversificados.

Considerando os dados do IBGE (2021) sobre o Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra com estatísticas desagregadas por unidades da federação de 2000/2018, a Bahia, o Piauí e o Maranhão responderam por 91,74% do aumento de áreas agrícolas no Nordeste entre 2000 e 2018. Esse crescimento aconteceu entre os períodos de 2000 a 2010 e de 2010 a 2012 em áreas de vegetação campestre na região do MATOPIBA, que hoje é uma das principais fronteiras agrícolas no Brasil (IBGE 2021).

Os dados do monitoramento do IBGE (2021) ainda consideraram que o crescimento total do ano de 2000 e 2018 de área agrícola foi de 8.300 km², onde o Maranhão apresentou maior representatividade de conversões de mosaicos florestais para pastagem com manejo, em função da sua fitofisionomia original e entre 2000 e 2018, a área de pastagem com manejo teve crescimento de 72,23% (26.485 km²).

Na Microrregião de Caxias, com o avanço da quantidade de habitantes no espaço urbano e rural surgiram novas formas de modificações na paisagem, desencadeando a intensificação do processo de alterações na paisagem, como a supressão da cobertura vegetal, a descaracterização do relevo e usos da terra. Diante disso, o objetivo deste capítulo é analisar, em escala multitemporal entre os anos de 1985, 2010 e 2020, a dinâmica de usos da terra das cidades de Timon, Parnarama, Matões, São João do Sóter e Caxias por meio da plataforma MapBiomias. Apesar de sua importância, há uma escassez de informações espaciais perante as

mudanças ocorridas no mapeamento de uso da terra em muitos municípios brasileiros, o que dificulta o monitoramento das alterações ocorridas no espaço geográfico.

Para melhor compreensão dos dados, os mapas temáticos foram confeccionados através da interpretação de imagens obtidas do MapBiomias, coleção 6.0. As classes de cobertura da terra encontram-se descritas no Quadro 5.

Quadro 5– Classes de usos da terra utilizadas na análise temporal dos municípios de Timon, Parnarama, Matões e São João do Sóter

Uso Natural	Uso Não Natural
Formação Florestal e Formação Savânica Mangue, Restinga Arborizada Campo Alagado e Área Pantanosa Formação Campestre, Apicum Afloramento Rochoso Outras Formações não Florestais Praia e Duna, Rio, Lago e Oceano	Pastagem, Soja, Cana, Arroz Lavouras Temporárias, Café, Citrus Lavouras Perenes Floresta Plantada Mosaico de Agricultura e Pastagem Área Urbanizada, Mineração Área não vegetada e Aquicultura

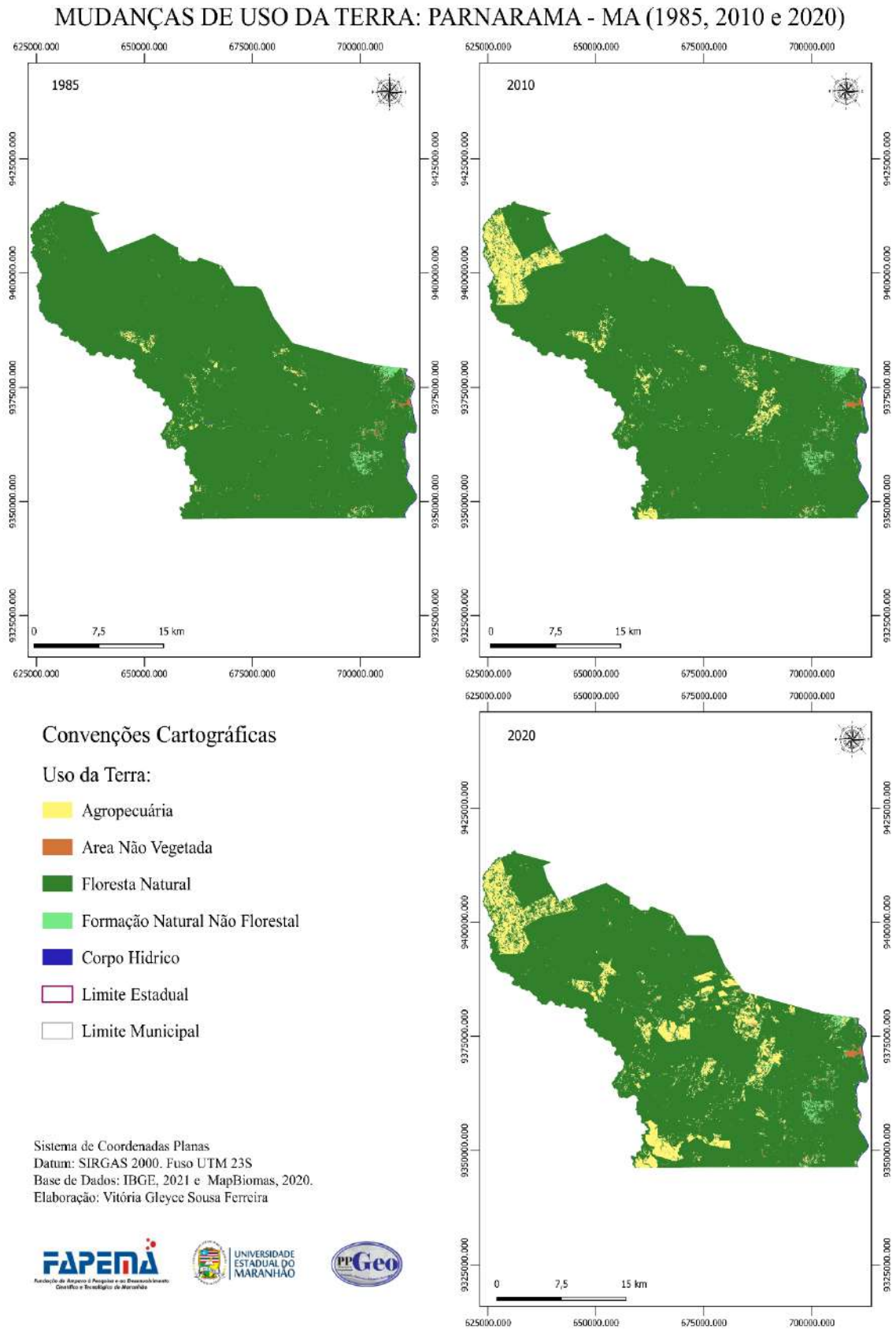
Fonte: MapBiomias (2020).

➤ **Mudanças de Usos da Terra:** Parnarama (1985, 2010, 2020)

Conforme o mapa na Figura 25, no ano de 1985 o uso de Parnarama (1985) tinha sua cobertura em cerca de 97,80% natural e apenas 2,20% de área não natural. Essas percentagens demonstraram que em 1985 era possível observar apenas pequenas áreas associadas a atividades de intervenção humanas, sendo a maior área ocupada por cobertura natural.

Em 2010, a área de uso não natural aumentou, sendo quase 8% a mais de área ocupada por uso não natural e conseqüentemente, diminuição da área natural, que foi reduzida para 92,70%. No ano de 2020, o uso não natural progrediu para quase 12% no município, e a área natural reduziu para 88,30%, conforme mapa da Figura 21.

Figura 21 – Mapa de mudanças de usos da terra no município de Parnarama



Fonte: MapBiomias (2022). Elaborado pela autora (2022).

A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados nas classificações do uso da terra no ano de 1985, 2010 e 2020. Tais resultados demonstram que as áreas de floresta e Agropecuária eram as mais expressivas no município.

Tabela 9– Tabela de dados referente aos valores totais das classes de usos em 1985, 2010 e 2020 em Parnarama – MA

CLASSES	TOTAL ÁREA (ha) (1985)	TOTAL ÁREA (ha) (2010)	TOTAL ÁREA (ha) (2020)
Floresta	317.254	300.813	286.662
Formação Natural não Florestal	2.580	2.678	2.730
Agropecuário	2.652	19.177	32.939
Área não vegetada	1.290	1.168	1.549

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

Conforme tabela 9, as mudanças de uso da terra mais substanciais no ano de 2010 em Parnarama são devido ao aumento das áreas de agropecuária, equivalente a 19.177 (ha), o que representa cerca de (5,91%) da área ocupada por agropecuária no ano de 2010.

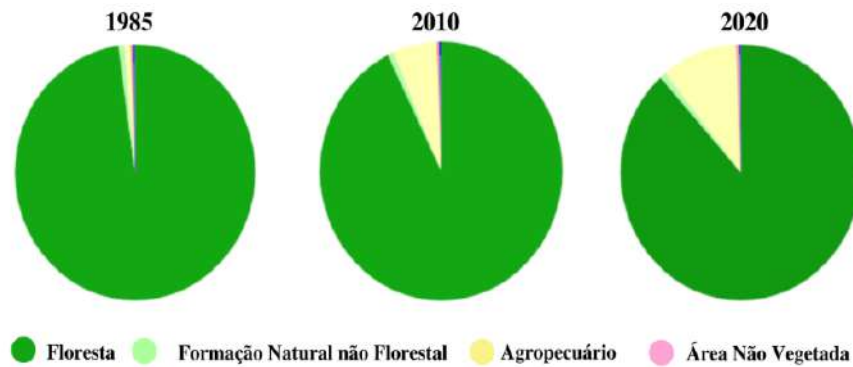
Assim como no ano de 2010, o aumento das áreas agropecuárias no ano de 2020 foi o que mais avançou em comparação com as demais classes de usos. A área ocupada pela pastagem e agricultura ocupava cerca de 32.939 ha do território (10,15% da área ocupada por agropecuária no ano de 2020).

Dessa maneira, os resultados da classificação das imagens para os anos de 2010 mostram que a vegetação natural ocupa menos áreas em relação ao ano de 1985, com áreas não naturais mais acentuadas.

Tais mudanças possivelmente ocorreram devido à expansão da produção agrícola na região. Segundo Aguiar e Monteiro (2005), a expansão da produção talvez seja positiva no sentido econômico. No entanto, os problemas decorrentes das práticas agrícolas inadequadas podem provocar perdas irreversíveis ao ambiente.

Nesse sentido, conforme as porcentagens do ano de 2020 o uso não natural da área apareceu em maior expressividade em comparação com o ano de 1985 e 2010. A comparação pode ser observada na representação gráfica da Figura 22.

Figura 22 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Parnarama – MA



Fonte: MapBiomias (2020). Elaborado pela autora (2022).

De maneira geral, percebe-se que houve significativa alteração nos usos da terra de Parnarama. Os resultados encontrados sugerem que a expansão agrícola, pecuária, área urbanizada, mineração são os grandes responsáveis pela mudança de uso da terra na área, o que possivelmente trouxe problemas ambientais para a região. Esses fatos podem ser confirmados com a análise dos solos realizados no município, pois os perfis 07 e 08 apresentaram baixa saturação por base, acidez elevada e baixa fertilidade.

Os dados sobre as alterações de uso da terra em Parnarama compatibilizam com os resultados do monitoramento realizado pelo IBGE (2021), onde houve um aumento significativo no ano de 2000 e 2018 de área agrícola no Maranhão.

➤ **Mudanças no Uso da Terra: Timon (1985, 2010 e 2020)**

Maluf (1977) aponta que a organização/produção do espaço rural do município de Timon a partir de 1930 a 1940, assim como em outras regiões do Maranhão, ocorre, em grande parte, com base na utilização da terra para a prática da agricultura de subsistência, no extrativismo do babaçu e na pecuária de pequena expressão.

Souza (2015), utilizando as concepções de Maluf (1977), afirma que:

A partir dos anos 1930, o estado integra-se à economia nacional como fornecedor de gêneros agrícolas de baixo valor comercial, ressentindo-se da falta de condições para redefinir seu papel face à perspectiva de acumulação interna de capitais. Enquanto isso, a produção para o mercado local e regional é pautada pela agricultura de subsistência com base na força de trabalho familiar (SOUZA, 2015. p. 138).

Dall’Agnol (2008) ressalta que a cultura da soja se expandiu pelas terras do cerrado brasileiro a partir da década de 1980 e difundiu-se por novas áreas, tal como a região do MATOPIBA, onde, em 1984, existiam apenas cinco mil hectares, e na safra 2014/2015, atingiu 3,6 milhões de hectares (CONAB, 2015).

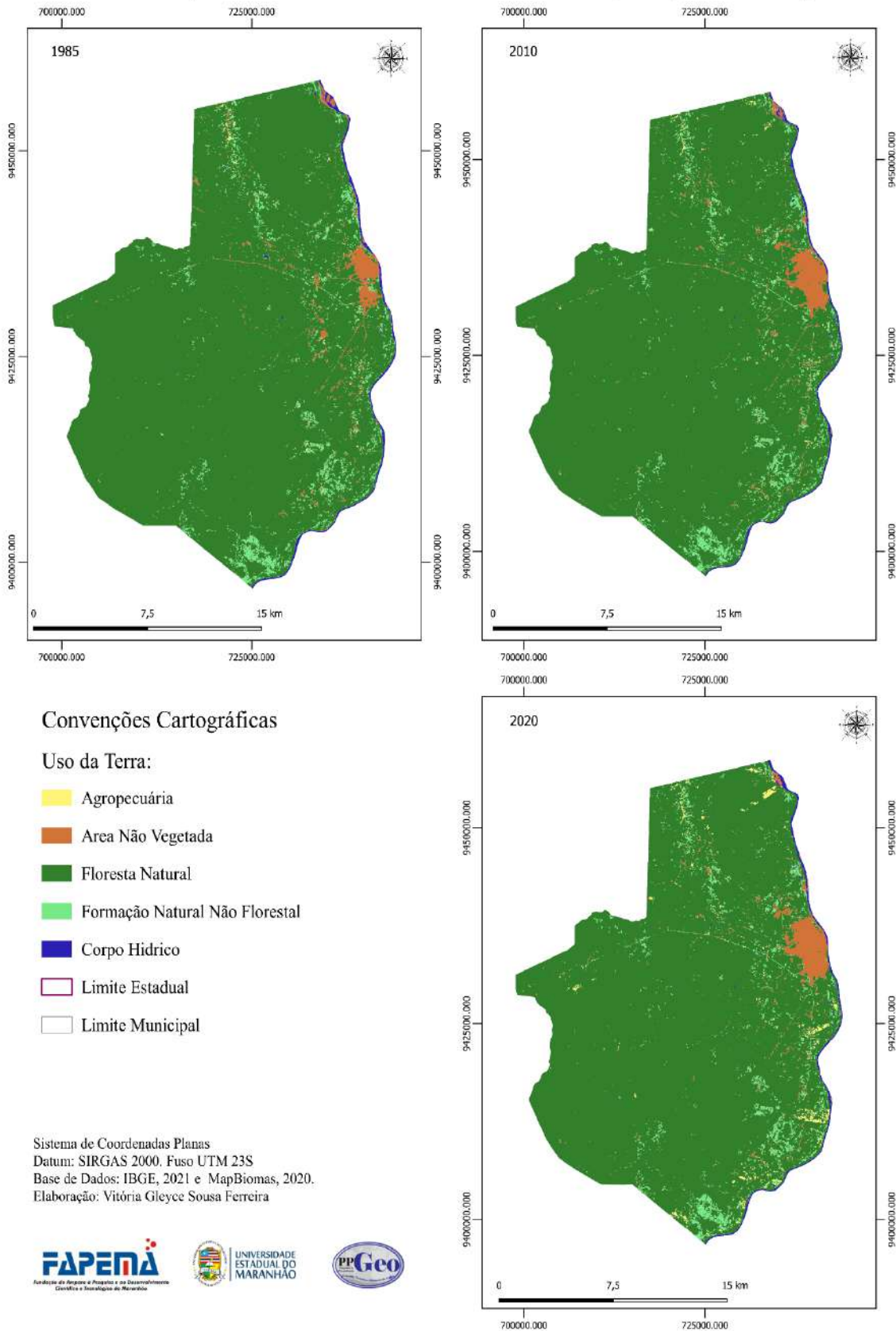
Posteriormente, com o desenvolvimento da agricultura no início de 1990, houve o advento da agricultura modernizada, com a inserção de inovações tecnológicas, mecanização e a utilização de insumos modernos e com a utilização de meios de competitividade empresarial, políticas tecnológicas e a chegada de grandes empresas nacionais e internacionais foram as responsáveis pelo avanço na produção e na produtividade e, posteriormente, com a consolidação da cadeia produtiva da soja houve transformações econômicas e sociais, sobretudo na região sul do estado.

O município de Timon acompanhou o ritmo de desenvolvimento da agricultura no Maranhão, que desde a época de 1980 teve mudanças no uso da terra em decorrência das transformações ocorridas na região, sobretudo por conta da intensificação da agricultura. Nessa perspectiva, as transformações econômicas e sociais aceleraram as mudanças da paisagem em Timon ao longo dos anos

Conforme os dados no mapa de usos da terra do ano de 1985 em Timon, constata-se que a vegetação nativa em Timon era mais expressiva em comparação aos anos de 2010 e 2020, isso porque a área de Floresta natural era equivalente a 165.013 (ha), o que corresponde a 93, 59% da área.

No ano de 2010 a área de floresta natural correspondia a 164.230 hectares, equivalente a 93, 15% da área e em 2020 foi reduzida para 162.991 hectares, equivalente a 92, 44% da área de floresta natural. À medida que a área (ha) de floresta natural foi reduzida, houve uma evolução na área da agropecuária, conforme pode ser observado no mapa da Figura 23.

Figura 23 – Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Timon - MA
MUDANÇAS DE USO DA TERRA: TIMON - MA (1985, 2010 e 2020)



Fonte: MapBiomas (2022). Elaborado pela autora (2022).

Na tabela 10 a área agropecuária era a de menor uso no município, já a área ocupada por floresta era significativamente maior.

A área de vegetação nativa foi reduzida e a área ocupada por pastagem e pela agricultura basicamente duplicou em comparação ao ano de 1985, chegando a um total de 480%, e as demais classes de usos foram reduzidas. As mudanças de uso mais significativas ocorridas entre os anos de 2010 e 2020 foi o aumento na área ocupada por agropecuária, que evoluiu de 480 ha para 1.851 ha, conforme dados da tabela 10.

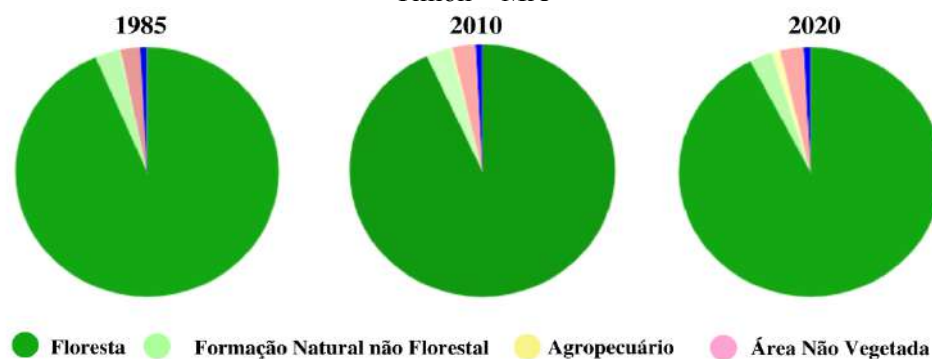
Tabela 10 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em 1985, 2010 e 2020 em Timon – MA

CLASSES	TOTAL ÁREA (ha) (1985)	TOTAL ÁREA (ha) (2010)	TOTAL ÁREA (ha) (2020)
Floresta	165.013	164.230	162.991
Formação Natural não Florestal	5.300	5.251	4.902
Agropecuário	258	480	1.852
Área não vegetada	4.247	4.901	5.096

Fonte: MapBiomias (2020). Organizado pela autora (2022).

Na representação gráfica da Figura 24 é possível observar as alterações de usos da terra em Timon ao longo dos anos de 1985 a 2020.

Figura 24 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Timon – MA



Fonte: MapBiomias (2020). Organizado pela autora (2022).

Essa redução da vegetação natural pode ser explicada, sobretudo, pelo avanço de áreas para cultivos de culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens e áreas urbanas no município. Outro motivo para a redução da floresta nativa deve-se em decorrência do aumento substancial da população nas últimas décadas no município.

Conforme dados populacionais do IBGE (2010), no ranking sobre o aumento populacional do Maranhão, Timon ocupa a quarta colocação. Assim, sugere-se que a inerência

da perda da vegetação nativa entre os anos de 1985 a 2020 está associada ao crescimento da população, que concentrou empreendimentos turístico-hoteleiros.

Somando-se a isso, pressupõe-se então que a relação dos atributos químicos e físicos dos solos nos municípios estão atrelados aos usos da terra ao longo das últimas décadas, tal como o perfil 12, que apresentou baixa fertilidade química natural e grau de limitação moderado.

➤ **Mudanças no Uso da Terra: Matões (1985, 2010 e 2020)**

Os espaços urbano e rural de Matões foram e continuam sendo reconfigurados ao longo do tempo, seja devido aos ciclos econômicos, da urbanização ou do crescimento populacional. Informações disponibilizadas pelo IBGE (2019) certificam que um pouco mais da metade da população do município vive na zona rural, trabalhando principalmente na produção agrícola, e o que mantém a economia local é, especialmente, a produção de arroz.

Em função disso, as proposições relacionadas ao uso agrícola das terras e sua relação com o desenvolvimento rural em Matões precisam ser orientadas de forma consciente e fundamentadas no conhecimento sobre os problemas relacionados ao uso da terra no município para que não haja, gradativamente, a perda do potencial de uso da terra.

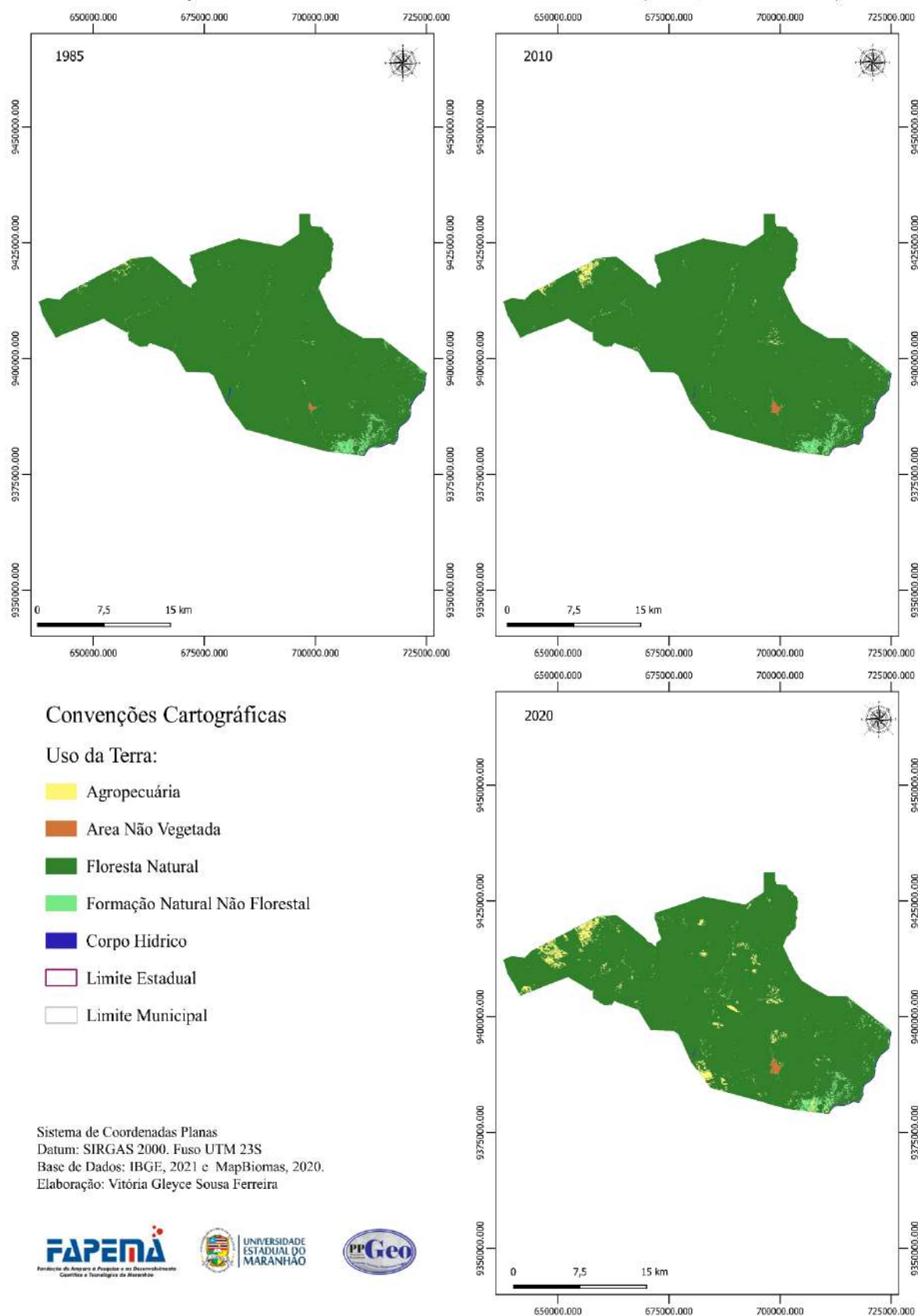
No ano de 1985, a área natural em Matões, assim como os demais municípios da Microrregião era mais abrangente em comparação com os anos 2010 e 2020. Na figura 29 percebe-se que na área havia cerca de 207.062 ha, o equivalente a 98,20 % da área ocupada por área floresta natural.

Já no ano de 2010, a área de floresta natural de Matões foi reduzida, chegando a exatos 205.550 ha (97,48% da área de floresta natural) e em 2020 ocupava cerca de 201.120 ha, o equivalente a 95,38 % do território ocupado por floresta natural.

Em contrapartida, à medida que a área de floresta natural foi reduzida em Matões, o uso da agropecuária estendia-se; isso porque no ano de 1985, a área de uso agropecuário era de apenas 369 ha, o equivalente a 0,17 % da área ocupada pela agropecuária em 1985. Em 2010 aumentou para 1.576 ha, o que corresponde a 0,75 %. Em 2020 chegou a 6.019 ha, o que equivale a 2,86 % da área ocupada por agropecuária em 2020.

Na Figura 25, observam-se essas mudanças em Matões ao longo dos anos de 1985, 2010 e 2020.

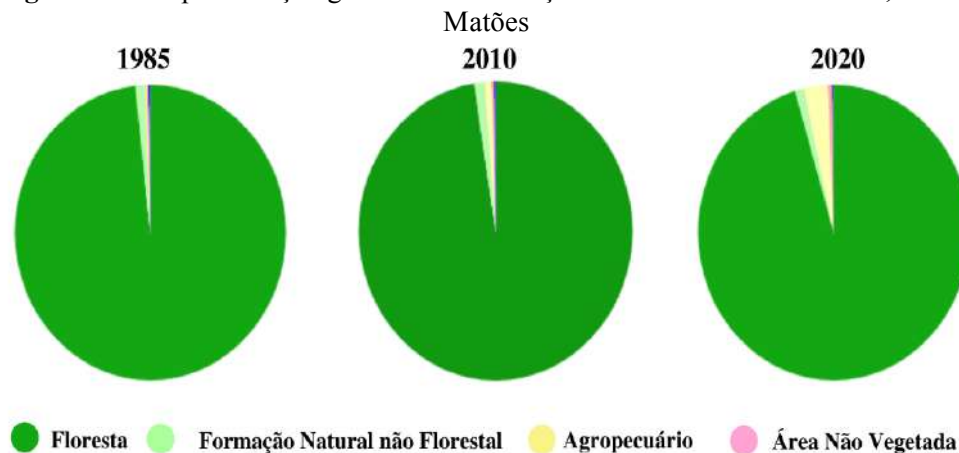
Figura 25 – Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Matões
MUDANÇAS DE USO DA TERRA: MATÕES - MA (1985, 2010 e 2020)



Fonte: MapBiomias (2022). Elaborado pela autora (2022).

Na representação gráfica da Figura 26 é possível observar as alterações de usos da terra em Matões ao longo dos anos de 1985 a 2020.

Figura 26 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Matões



Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

A análise de uso da terra de Matões permitiu verificar que, dentre as principais alterações no município, grande parte se deu pela expansão da agropecuária. Essa expansão pode estar relacionada à evolução das tecnologias de informação ante a produção agrícola que se faz presente no contexto da atualidade do estado do Maranhão.

Apesar de ocupar produtivamente desde o período colonial, foi somente a partir da segunda metade do século XX que houve uma estruturação do espaço econômico do Maranhão. Devido a uma série de melhorias na infraestrutura, houve uma expansão das áreas de lavouras temporárias (BALSADI et al.,2001). Os valores totais de áreas de usos em Matões estão detalhados na Tabela 11.

Tabela 11– Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Matões entre os anos de 1985, 2010 e 2020

CLASSES	TOTAL ÁREA (ha) (1985)	TOTAL ÁREA (ha) (2010)	TOTAL ÁREA (ha) (2020)
Floresta	207.062	205.550	201.120
Formação Natural não Florestal	2.574	2.685	2.342
Agropecuário	369	1.576	6.019
Área não vegetada	402	628	978

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

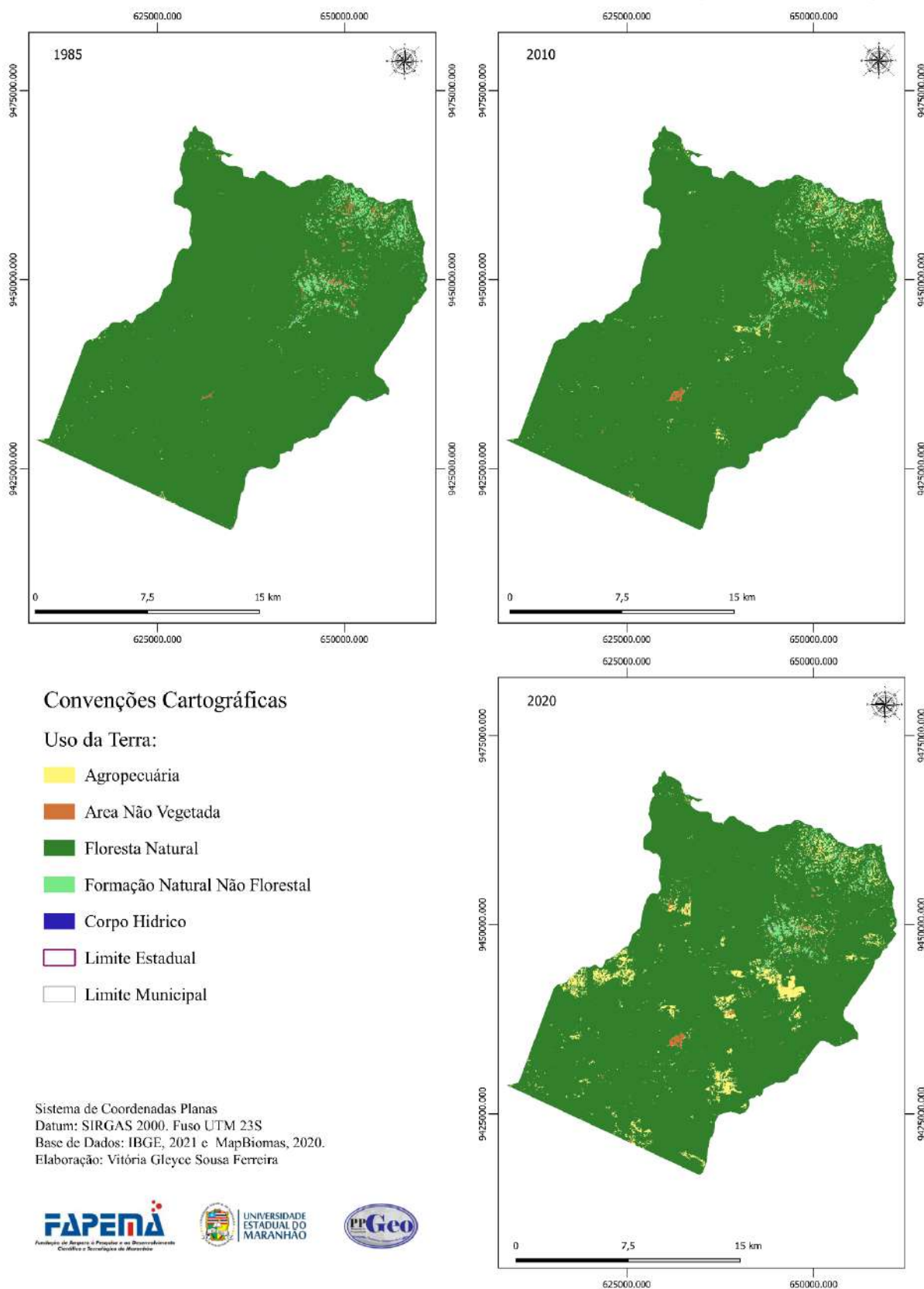
Considera-se então que os solos de Matões receberam, ao longo dos anos, grandes interferências no manejo de suas terras, o que desencadeia mudanças nos atributos dos solos. Propala-se que o uso da terra voltado para a agropecuária teve como consequência solos

degradados e improdutivos, tal como os dois perfis de solos (05 e 06) analisados no município, em que ambos foram considerados distróficos e de baixa fertilidade química natural.

➤ **Mudanças no Uso da Terra: São João do Sóter (1985, 2010 e 2020)**

No mapa da Figura 31 é possível observar que a evolução das mudanças de usos da terra em São João do Sóter apresentou significativo aumento da pecuária entre os anos de 1885 e 2010, o que levou à redução da área de vegetação natural. Já no ano de 2020, a área de uso natural foi reduzida, conforme o mapa da Figura 27.

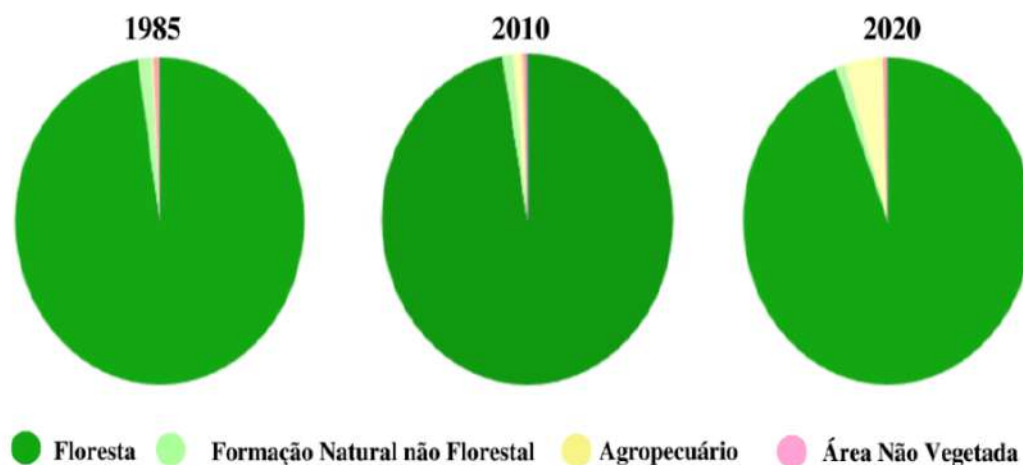
Figura 27 – Mapa de mudanças de usos da terra no município de São João do Sóter
MUDANÇAS DE USO DA TERRA: SÃO JOÃO DO SÓTER - MA (1985, 2010 e 2020)



Fonte: MapBiomas (2022). Elaborado pela autora (2022).

O município de São João do Sóter, no ano de 1985, demonstra que a vegetação natural em área era equivalente a 140.289 ha (97,55) %, em 2010 equivalia a 139.837 ha (97,24) % e em 2020 reduziu para 135.347 ha (94,12) %, conforme a Figura 28.

Figura 28 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em São João do Sóter



Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

O uso da agropecuária no ano de 1985 equivalia a 283 (0,20%) e estendeu-se a 1.592 (1,11%) e em 2020, 6.103 (4,24%). Tais aumentos da agropecuária podem ser justificados pelo fato de a pecuária, o extrativismo vegetal, a lavoura permanente, a lavoura temporária, e o setor empresarial serem as principais fontes de recursos para o município (LAGES et al., 2011).

Conforme dados da Tabela 14, pode-se analisar que as mudanças ocorridas no uso da terra em São João do Sóter foi a expansão do uso agropecuário. No entanto, houve uma redução da área de floresta, Formação Natural não Florestal e um aumento de áreas da pecuária e agricultura.

Tabela 12 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Matões entre os anos de 1985, 2010 e 2020

CLASSES	TOTAL ÁREA% (1985)	TOTAL ÁREA% (2010)	TOTAL ÁREA% (2020)
Floresta	140.289	139.837	135.347
Formação Natural não Florestal	2.246	1.659	1.555
Agropecuário	283	1.592	6.103
Área não vegetada	904	662	762

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

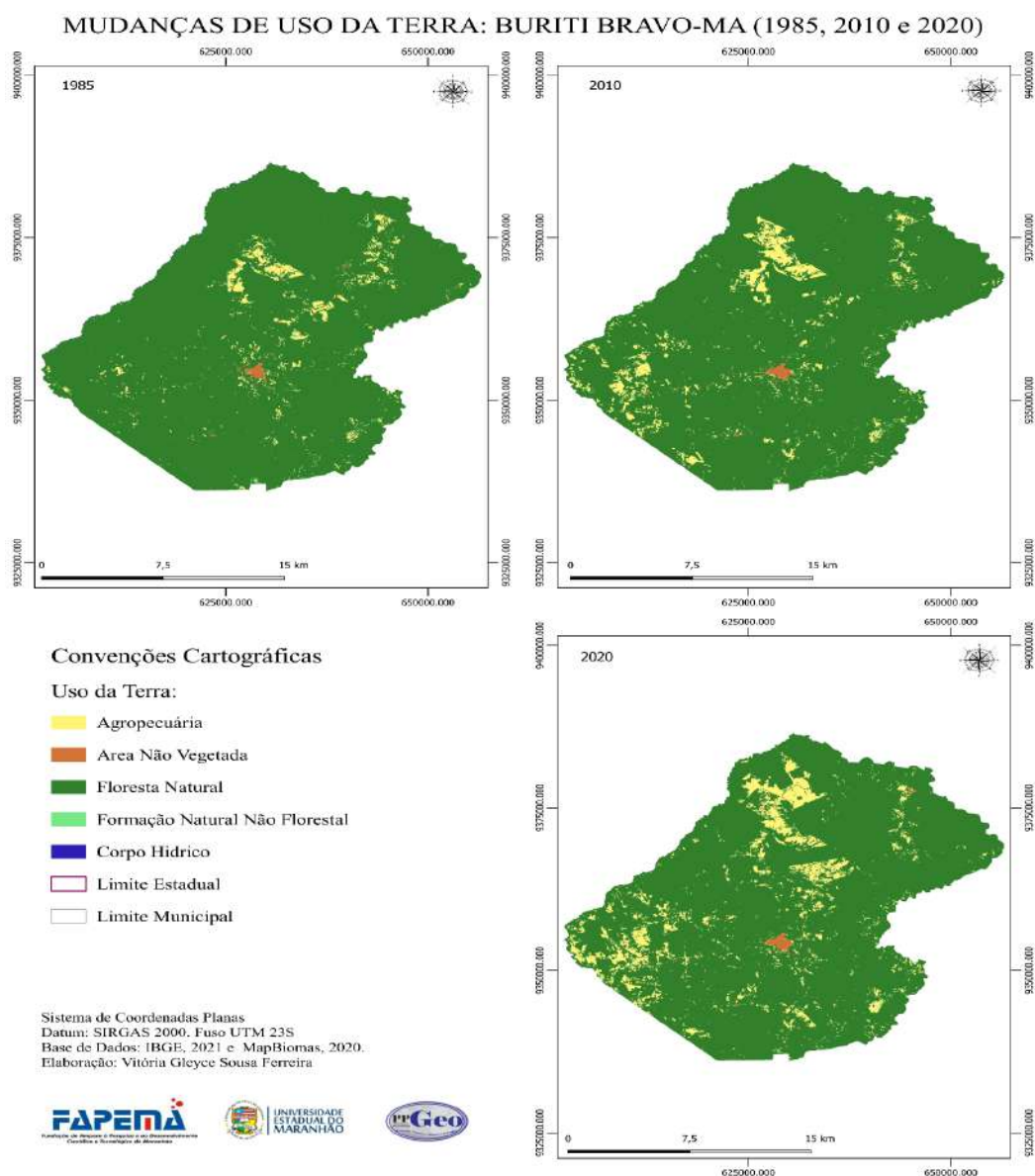
Conforme dados disponibilizados por CNM (2002) os efluentes domésticos, os resíduos sólidos, a ocupação irregular do curso d'água, a pecuária, os sumidouros, o

desmatamento para a extração vegetal, a ocupação irregular de áreas frágeis e as queimadas contribuíram para a poluição dos recursos hídricos, para a contaminação do solo e para o assoreamento dos corpos d'água, desencadeando em problemas ambientais no município. Pressupõe-se então que esses problemas ambientais no município estão associados ao avanço da pecuária, da agricultura e da pastagem.

➤ **Mudanças no Uso da Terra: Buriti Bravo (1985, 2010 e 2020)**

De acordo com os mapas de usos da terra gerados, entre os anos de 1985, 2010 e 2020, que podem ser observados na Figura 29, houve uma perda de florestas e formações não naturais entre os anos de 2010 e 2020.

Figura 39 – Mapa de mudanças de usos da terra no município de Buriti Bravo

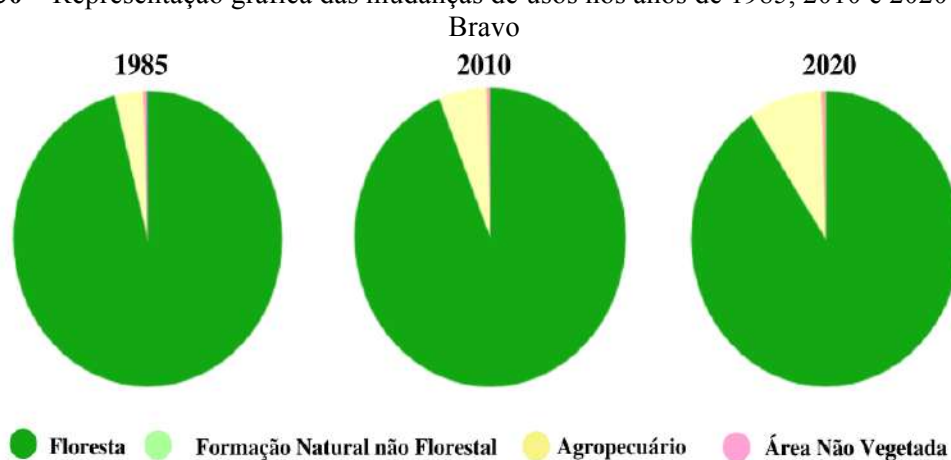


Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

Conforme analisados no mapa acima, foi constatado que houve, sobretudo, redução de florestas nativas para atividades agropecuárias no município entre os anos de 1985, 2010 e 2020. As áreas de uso agrícola, em 1985, ocupavam somente cerca de 5.244 há, o que equivalia a 3,32% de área ocupada por florestas nativas.

Já no ano de 2010, passaram a dominar cerca de 8.944 ha (5,65%) e em 2020 chegou a ocupar uma área equivalente a 13.774 ha, o equivalente a 8,70% da área. Na Figura 30 a seguir é possível verificar a predominância do crescimento da agropecuária ao longo dos anos de 1985 a 2020.

Figura 30 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Buriti



Fonte: MapBiomias (2020). Organizado pela autora (2022).

Assim como São João do Sóter, Buriti Bravo tem sua economia à base da pecuária, extração vegetal, lavoura permanente e temporária. E, conforme observado nos mapas de uso da terra no município de Buriti Bravo, no ano de 2020 a predominância histórica das atividades relacionadas à agropecuária e supressão de florestas foram as mais acentuadas. Cabe indicar que a agropecuária é o principal vetor de desmatamento no município. Esses dados estão representados em porcentagem na Tabela 13.

Tabela 13 – Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Buriti Bravo nos anos de 1985, 2010 e 2020.

CLASSES	TOTAL ÁREA (ha) (1985)	TOTAL ÁREA (ha) (2010)	TOTAL ÁREA (ha) (2020)
Floresta	151.888	148.473	143.469
Formação Natural não Florestal	243	137	145
Agropecuário	5.244	8.944	13.774
Área não vegetada	697	659	848

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

A expansão das atividades agropecuárias é apontada por diversos estudos como a principal causa de desmatamento das florestas tropicais no mundo (PENDRILL et al., 2019). Assim, estudar as tendências futuras da dinâmica temporal do uso da terra é essencial para o planejamento geoambiental, principalmente em regiões afetadas pelas constantes alterações no uso da terra para a expansão agropecuária, como é o caso de Buriti Bravo.

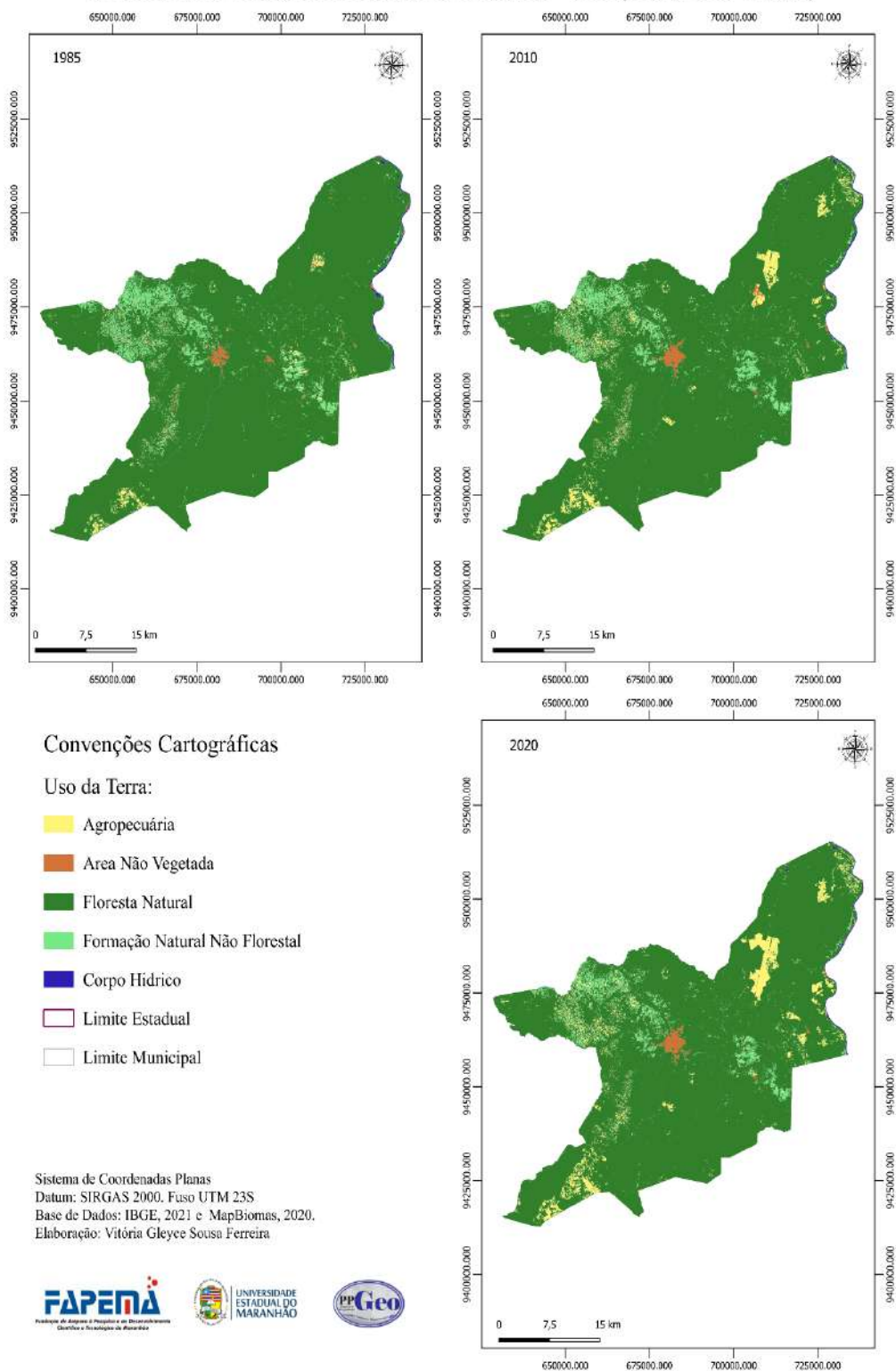
Mudanças no Uso da Terra: Caxias (1985, 2010 e 2020)

É sabido que nos séculos XVIII e XIX, com a ligação de Caxias com o Estado do Piauí, a cidade de Caxias transformou-se em um importante entreposto de compra e venda de produtos agrícolas, sobretudo o arroz e o algodão, o que trouxe acentuada participação na economia maranhense na época, transformando-a em núcleo comercial com influência nacional e internacional.

Em decorrência da intensificação na expansão urbana e rural de Caxias, a partir da década de 80 houve mudanças de uso da terra no município. No ano de 1895, Caxias tinha sua área ocupada, predominantemente de uso natural, enquanto sua área não natural era menos expressiva. A área de floresta natural em 1985 era equivalente a 481.122 hectares, o que representa cerca de 92,49% de área. Em 2010 correspondia a 472.166 ha, o equivalente a 90,77% de área ocupada, e em 2020 foi reduzida para 465.124 ha (89,41 % de área ocupada por floresta natural).

Dentre os usos mais alterados em Caxias, destacam-se as áreas de uso para a agropecuária, pois, em 1985, a área ocupada era de 5,551 ha, o equivalente a 1,07 % do território ocupado por agropecuária. Em 2010, 18.218 ha, o equivalente a 3,50 % de área ocupada por agropecuária, e em 2020 a área estendeu-se para 27.647 ha, o que representa cerca de 5,32 % de área ocupada pela agropecuária. Tais mudanças podem ser observadas na Figura 31.

Figura 31 – Mapa de mudanças de Usos da terra no município de Caxias
MUDANÇAS DE USO DA TERRA: CAXIAS - MA (1985, 2010 e 2020)



Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

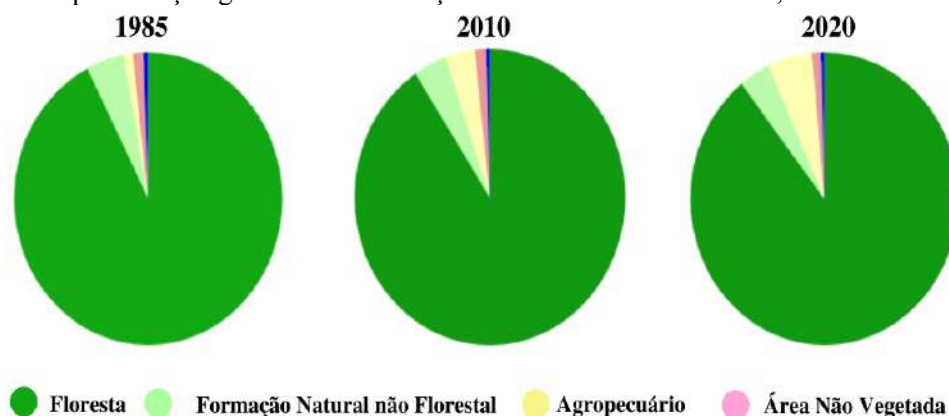
As mudanças ocorridas em Caxias são, sobretudo, quando a expansão da pecuária, ou seja, entre 1985 e 2010 Caxias recebeu o equivalente a 13% e de 2010 a 2020 um aumento de 9%. Os dados referentes aos valores totais das classes de uso estão descritos na tabela 15.

Tabela 165– Dados referentes aos valores totais das classes de usos em Caxias nos anos de 1985, 2010 e 2020

CLASSES	TOTAL ÁREA% (1985)	TOTAL ÁREA% (2010)	TOTAL ÁREA% (2020)
Floresta	481.122	472.166	465.124
Formação Natural não Florestal	23.840	20.455	19.555
Agropecuário	5.551	18.218	27.647
Área não vegetada	6.903	7.251	6.030

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

O aumento mais significativo da agropecuária ocorreu entre os anos de 1985 e 2010, provavelmente em decorrência da intensificação na expansão urbana e rural de Caxias a partir da década de 80. A representação gráfica das mudanças ocorridas no município estão representadas na Figura 32.

Figura 32 – Representação gráfica das mudanças de usos nos anos de 1985, 2010 e 2020 em Caxias

Fonte: MapBiomias (2022). Organizado pela autora (2022).

O município de Caxias, por se tratar de um centro urbano, embora de pequeno a médio porte, corresponde aproximadamente a 1,55% do território maranhense e teve um crescimento populacional considerável nos últimos tempos, consequentemente aumentando os níveis de tráfego de veículos, maior consumo de energias e geração de resíduos sólidos (MENDES et al., 2017). Desse modo, após todo o processo de expansão agrícola, urbana e rural de Caxias, o município recebeu mudanças significativas em relação aos usos da terra, sobretudo da pecuária e da agricultura.

Com a utilização dos dados disponibilizados pelo MapBiomias é possível determinar de maneira satisfatória as mudanças no uso da terra da microrregião de Caxias ocorridas nos municípios de Caxias, Buriti Bravo, Timon, Parnarama e São João do Sóter entre os anos de 1985 e 2020.

8 IDENTIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES DE USOS DA TERRA SOB SISTEMA DE CAPOEIRA, PASTAGEM, VEGETAÇÃO PRIMÁRIA, RESERVA LEGAL E SUAS INFLUÊNCIAS NA DINÂMICA DA PAISAGEM

Para entender e gerenciar a complexidade do ecossistema, é importante determinar as relações entre as características do solo, as atividades humanas e a biodiversidade.

Como já mencionado nos capítulos anteriores desta pesquisa, a Microrregião de Caxias foi e ainda vem sendo uma área de concentração crescente da população urbana e rural, o que vem desencadeando uma intensificação nos problemas de ordem social e ambiental nessa Microrregião. Dentre os fatores causadores de problemas ambientais rurais na área de estudo, podem-se destacar, por exemplo, o aumento dos espaços edificados, a fragmentação e a supressão da vegetação natural.

Nessa perspectiva, Nucci et al. (2019), ao considerar os problemas ambientais decorrentes da intensificação urbana e rural, afirmam que os problemas ambientais são causados por padrões espaciais (cobertura da terra) e atividades humanas (uso da terra) que, dependendo de suas características, podem modificar as funções do ambiente natural e afetar os processos físicos.

Pauleit e Breuste (2011) constataram que o uso da terra são componentes importantes que entram na composição da estrutura das paisagens, influenciando em suas dinâmicas e em suas qualidades. Diante disso, torna-se fundamental compreender as influências que os usos da terra têm sobre os atributos dos solos.

Dessa forma, buscou-se identificar os tipos de usos da terra onde os solos foram analisados, como forma de compreender quais são as principais interferências nos atributos dos solos associados a seus usos.

➤ Solos sob Sistema de Capoeira

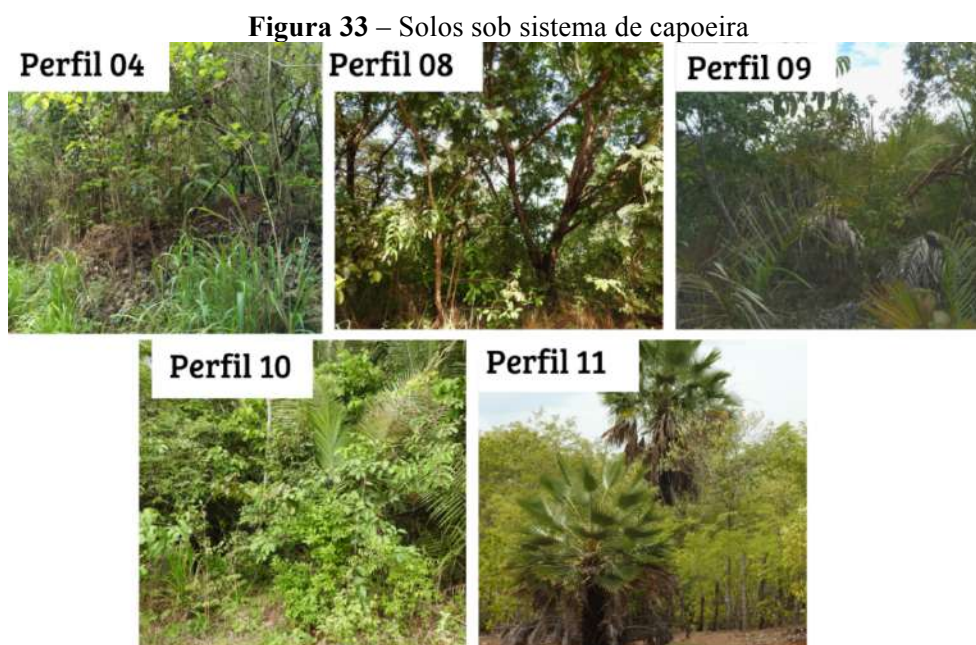
O preparo tradicional de áreas com capoeira na agricultura brasileira envolve corte e queima da vegetação. Desse modo, a capoeira tem como principal objetivo suprir as necessidades nutricionais das culturas com os nutrientes acumulados na vegetação secundária, que surge no período de pousio entre os cultivos.

A prática de corte e queima da vegetação interrompe a reciclagem e os nutrientes que seriam incorporados gradativamente ao solo através da decomposição da matéria orgânica passam a ficar disponíveis nas cinzas sobre a superfície do solo. Dessa maneira, há a

modificação dos atributos químicos da camada superficial do solo, diminuindo a saturação por alumínio e aumentando o pH e as bases trocáveis (MARCOLAN; LOCATELLI; FERNANDES, 2009).

Tais características compatibilizam com as análises dos atributos dos solos sob área de capoeira, visto que os solos apresentaram reação fortemente ácida e moderadamente ácida, o que os caracterizam como intemperizados. São solos com atividade da fração argila que variou de alta atividade (Ta) a baixa atividade de argila (Tb).

Os perfis apresentaram baixa saturação por base, exceto o perfil 11 (Chernossolo), e demonstraram altos valores de matéria orgânica. No entanto, as alterações nos atributos químicos e físicos do solo decorrentes dos atributos diferentes do sistema de capoeira eventualmente podem ser suficientes para afetar a produtividade nesse solo. As áreas de capoeira e sua vegetação podem ser observadas na Figura 33.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dentre algumas alternativas de melhoramento desses solos, uma alternativa seria alterar o sistema de manejo para o de corte e trituração da capoeira, que pode teoricamente propiciar um menor valor de pH e de saturação por bases do solo, tal como já está sendo desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental, que vem estudando e amplificando alternativas para a substituição do método tradicional de corte e queima pelo sistema de corte e trituração da capoeira, associado ao enriquecimento da capoeira para acelerar o acúmulo de biomassa e nutrientes.

Os principais resultados após a substituição da técnica foi a influência favorável das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além da melhoria no balanço de carbono, transporte de água para a atmosfera e proteção à lixiviação, pela presença de uma verdadeira rede de segurança representada pelas raízes (SOARES; GUEDES, 2007).

➤ Solos sob sistema de pastagem

Os solos analisados em área de pastagem são moderadamente ácidos, demonstraram baixa atividade de argila (Tb) e altos valores de M.O. Essas características decorrem possivelmente de práticas de manejo inadequadas nesse sistema e do pisoteio de gado, pois, apesar do objetivo final da pastagem ser a melhoria das propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, para alcançar uma melhor qualidade e a fertilidade do solo e sua produtividade, se as práticas de manejo não forem adequadas, os solos não terão resultados favoráveis em sua produtividade.

De tal maneira, com a substituição da vegetação nativa pelas pastagens, a introdução de espécies de gramíneas forrageiras nessas áreas e com o revolvimento destes solos, os teores de matéria orgânica foram reduzidos ao longo dos perfis, o que afeta diretamente as propriedades físicas e químicas desses solos.

Na Figura 34 tem-se a representação fotográfica da área do perfil 12 ocupada pelo sistema de pastagem.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Nesse sentido, resultados da pesquisa de Nabinger et al. (2006) ratificam que a desmedida utilização da pastagem, por meio de práticas de pastejo excessivas, tem causado perda de cobertura vegetal, incursão de espécies invasoras, erosão do solo e problemas ambientais, o que faz com que essa variável tenha impacto central no funcionamento do sistema. Como forma de minimizar os problemas decorrentes desse manejo, utiliza-se a aplicação e a incorporação de calcário.

Do mesmo modo, como testificado nos estudos de Conte (2011), a utilização das pastagens naturais com bovinos promoveu alterações nos atributos físicos e a agregação na camada superficial do solo, demonstrando relação com a oferta de forragem.

Alguns outros fatores podem causar a degradação dessas pastagens, como as práticas inadequadas de pastoreio, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que desconsideram o ritmo de crescimento do pasto, práticas inadequadas de manejo da pastagem, a falta de reposição adequada de nutrientes, assim como os fatores bióticos, sendo eles os ataques de insetos e patógenos e os abióticos, como o excesso ou a ausência de chuvas, a baixa fertilidade e a drenagem deficiente do solo (DIAS, 2011).

A degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor e produtividade forrageira, onde não há mais possibilidade de recuperação natural, afetando a produção e o desempenho animal e desencadeando na degradação do solo e dos recursos naturais em função de manejos inadequados (MACEDO et al., 2000). Estudos realizados por Macedo et al. (2014) estimaram que 50% das áreas de pastagens no Brasil estão degradadas.

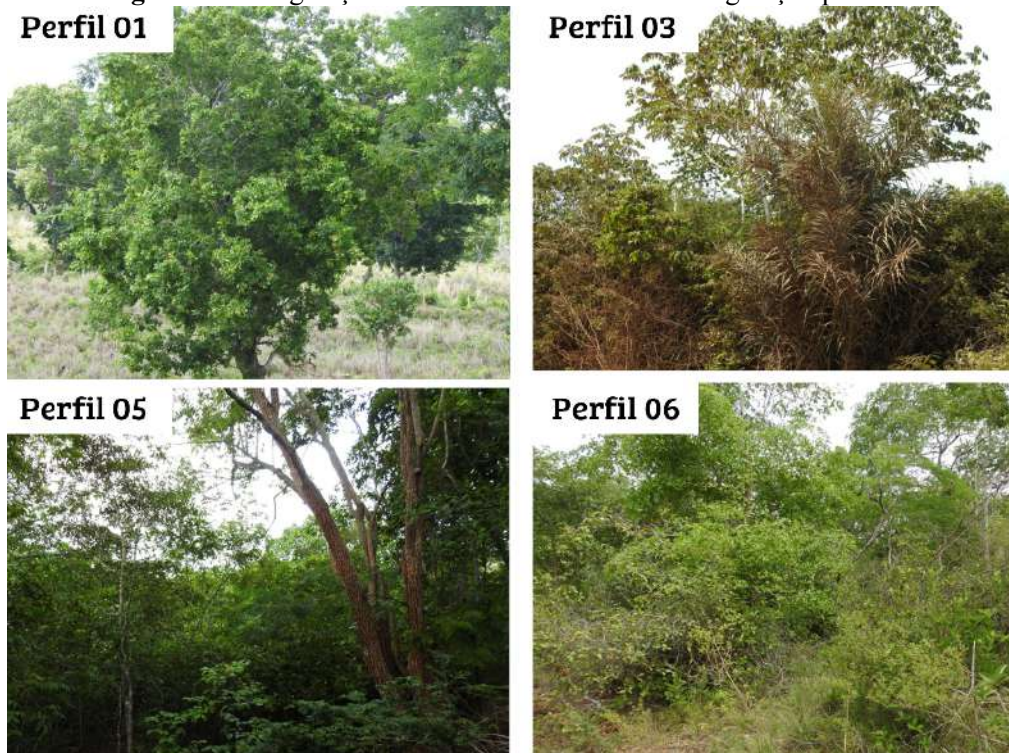
Em razão disso, como forma de minimizar os problemas de degradação das áreas afetadas por práticas agropecuárias intensivas ou inapropriadas dos solos que vêm ocasionando alterações nas características e qualidade do solo, mostra-se gradativamente a necessidade de adoção de técnicas de manejo apropriadas.

Uma alternativa para a melhoria dos solos seria a utilização de leguminosas forrageiras, uma vez que o experimento realizado por Terra et al. (2019) comprovou que o uso de leguminosas forrageiras auxilia no processo de recuperação das áreas degradadas, por conta da capacidade dessas espécies de se associarem às bactérias fixadoras de nitrogênio, possibilitando o desenvolvimento das gramíneas.

➤ Solos em área de vegetação primária

Os solos em áreas de vegetação primária, como pode ser observado na Figura 35 apresentaram reação moderadamente ácida e fortemente ácida.

Figura 35 – Vegetação característica das áreas de vegetação primária



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

São solos com baixa atividade de argila (Tb), baixa saturação e alta atividade (Ta) por base, presença expressiva de M.O. e altos teores de alumínio (Al). No entanto, apesar de apresentarem algumas limitações químicas, esses solos não apresentaram erosão aparente; são solos acentuadamente drenados, o que de certa forma favorece a fixação de algumas culturas. Contudo, apresentam restrições ao uso agrícola, devido à sua forma de relevo, pois são, sobretudo, suave-ondulados, o que dificulta a utilização de implementos agrícolas.

➤ Solos em área de reserva legal

Os solos em áreas de reserva legal, tal como o perfil 07, localizado em propriedade ou posse rural, tem como função assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade. Na Figura 36 pode ser observada a presença de uma vegetação preservada na área onde o perfil de solo 07 está localizado.

Figura 36 – Área de reserva legal onde o perfil 07 foi descrito



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em geral, o solo em área de reserva legal é um solo de baixa fertilidade e com elevados teores de Al, apesar de apresentar presença expressiva de M.O. em todos seus horizontes.

Por estar em área sob relevo plano, há uma facilidade na utilização desse solo para lavoura, por conta de maior facilidade para a mecanização, de relevo mais plano e sem pedregosidade, mesmo de fertilidade baixa, pois são solos de mais fácil correção.

Contudo, o manejo deve seguir algumas recomendações previstas por lei. Conforme a Lei n.º 12.651/2012, área de reserva legal pode ter seu manejo sustentável nas seguintes situações e oportunidades:

I - É livre a coleta de produtos florestais não madeireiros, tais como frutos, cipós, folhas e sementes, devendo-se observar: 1. os períodos de coleta e volumes fixados em regulamentos específicos, quando houver; 2. na época de maturação dos frutos e sementes; 3. técnicas que não coloquem em risco a sobrevivência de indivíduos e da espécie coletada no caso de coleta de flores, folhas, cascas, óleos, resinas, cipós, bulbos, bambus e raízes (Art. 21).

II – O manejo sustentável para exploração florestal eventual sem propósito comercial, para consumo no próprio imóvel, independe de autorização dos órgãos competentes, devendo apenas ser declarado previamente ao órgão ambiental a motivação da exploração e o volume a ser explorado, a exploração anual ficando limitada a 20 metros cúbicos (Art. 23).

III- O manejo florestal sustentável da vegetação da Reserva Legal com propósito comercial depende de autorização do órgão competente e deverá atender às seguintes diretrizes e orientações (Art. 22):

- não descaracterizar a cobertura vegetal e não prejudicar a conservação da vegetação nativa da área;
- assegurar a manutenção da diversidade das espécies;
- conduzir o manejo de espécies exóticas com a adoção de medidas que favoreçam a regeneração de espécies nativas.

Dessa forma, respeitando as estratégias governamentais brasileiras para garantir o uso sustentado dos recursos naturais nessas áreas, a partir da adoção de medidas de controle estabelecidas pelo Código Florestal, os solos assentados nessas áreas poderão ter seus atributos químicos e físicos sem alterações prejudiciais nesses solos.

De maneira geral, a partir da análise construída neste capítulo, constatou-se que alguns tipos de manejo influenciaram nas características físicas dos solos estudados, sobretudo os solos sob sistema de capoeira e de pastagem, que tiveram modificações em função da queima e do corte nos solos de capoeira e do pisoteio do gado nas áreas de pastagem.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que a Microrregião de Caxias é uma região que vem recebendo grandes interferências em sua paisagem natural, sobretudo no que se refere aos usos da terra. Por encontrar-se geograficamente em uma área inserida no Cerrado Maranhense, região onde há uma presença significativa de atividades extrativistas e agropecuárias, os solos estão em constante processo de alterações em seus atributos.

A visão sistêmica nesta pesquisa proporcionou maior reflexão sobre o conceito de paisagem e possibilitou melhor compreensão sobre os sistemas naturais através do funcionamento da paisagem e sua estrutura, a partir da caracterização da dinâmica dos elementos da natureza, pois foi possível compreender que na área de estudo houve consideradas alterações na paisagem ao longo dos anos, sobretudo no que se refere a mudanças de usos da terra. Dessa forma, na Microrregião de Caxias os diferenciados elementos geográficos, ao atuarem, fazem da paisagem um conjunto geográfico indissociável sob os efeitos das interações entre os elementos que a constituem.

Os trabalhos de campo realizados em áreas previamente selecionadas de acordo com os padrões geoambientais de características do Bioma Cerrado, sob os usos de Capoeira, Pastagem, Reserva Legal e Área de vegetação primária foram essenciais para o efeito comparativo dos atributos do solo e suas mudanças decorrentes dos seus diferentes usos.

A análise dos atributos químicos e físicos dos solos comprovou que os solos estão em processo de alterações em seus atributos em decorrência dos seus usos. Os solos sob sistema de pastagem e de vegetação primária são moderadamente ácidos, o solo em área de Reserva Legal é extremamente ácido.

Os valores de CTC observados foram extremamente baixos (em torno de 2,9 cmolc kg⁻¹ nos perfis, sobretudo os perfis 01 e 09) e saturação por alumínio acima de 50%. Os perfis com maiores níveis de pH do solo foram superiores nas áreas sob sistema de capoeira, sobretudo nos perfis de Latossolo. Os valores de K, Ca e Mg foram menores nos demais solos. No entanto, no perfil de Chernossolo os teores de K, Ca e Mg indicam bons índices de fertilidade natural do solo.

A relação silte/argila mostrou baixos valores em profundidade principalmente nos Argissolos e Latossolo. Dessa forma, os solos que apresentaram alto grau de intemperismo foram o perfil 02 (ARGISSOLO VERMELHO Alumínico nitossólico) e o perfil 08 (LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico), o que é considerado comum, uma vez que são solos bem desenvolvidos, que associados aos processos de intemperismo químico

durante as altas precipitações da região, torna-os característicos como solos profundos e maduros. Em geral, pressupõe-se que a relação dos atributos químicos e físicos dos solos nos municípios estão atrelados aos usos da terra.

A análise estatística comprovou que a média dos atributos químicos (pH, Al, P, Ca, Mg, H, Al, SB e MO) são abaixo do desejável para um solo produtivo, são solos com porcentagens de acidez trocáveis elevadas na maioria dos horizontes, refletindo nos baixos valores de pH e menores teores de Ca, Mg, K e, conseqüentemente, menor soma de bases trocáveis, sendo considerados distróficos (baixa fertilidade natural). A média da relação silte/argila evidenciou altos índices de intemperismo em grande parte dos solos analisados, sendo eles o solo em área de reserva legal.

O uso da terra, a posição no relevo, a textura e a estrutura influenciaram significativamente os atributos dos solos estudados. No entanto, na avaliação das mudanças de uso da terra, observou-se que a classe que apresentou maior crescimento foi a de agropecuária e a classe com maior redução de florestas nativas. Em síntese, compreende-se que os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados, visto que os solos analisados possuem limitações em seus atributos químicos e físicos, principalmente em consequência dos usos da terra nos quais estão inseridos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, T. DE J. A.; MONTEIRO, M. do S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do cerrado piauiense. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 2, p.161-178, dez. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X2005000200009&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 27 mai. 2022.
- ALLEONI, L.R.F; CAMARGO, O.A. Óxidos de ferro e de alumínio e a mineralogia da fração argila deferrificada de latossolos ácidos. **Scientia Agricola**. 1995, v. 52, n. 3 p. 416-421. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/BtFxl6cvqjcdJF9C5d67Pck/?lang=pt#>. Acessado em: 14 jan. 2022.
- AMARAL, R., ROSS, J. As Unidades Ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. GEOUSP: **Espaço e Tempo (Online)**, (26), 2009, p. 59-78.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, p. 143-151, 2005.
- ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PEREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro – MA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1035-1044, 2007.
- BALSADI, O. V.; STOREL JÚNIOR, A. O.; SILVA, J.G.; Desenvolvimento Regional e a Evolução das Ocupações da População Rural do Meio-Norte Brasileiro nos Anos Noventas. **Informações Econômicas**, SP, v. 31, n. 10, out. 2001.
- BATISTELLA, M. et al. Macrozoneamento ecológico-econômico: potencialidades e fragilidades do Estado do Maranhão. In: [Anais] Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 7, 2014, Aracaju: UFS, 2014. p. 449-453., 2014.
- BEBER, É. C. **Estoque de carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes usos agrícolas**. (Tese). Universidade de Passo Fundo, 2011. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/%C9veli%20Costa%20Beber.pdf>. Acesso em: 22 ABRI. 2022.
- BECKER, E. L. S. A Geografia e o método dialético. **VIDYA**, v. 25, n. 2, p. 51-58, dez. 2005. Santa Maria, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/394>. Acesso em: 14 de set. 2021.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 335p.
- BERTRAND G. Paisagem e Geografia Física Global: ensaio metodológico. São Paulo. Inst. Geografia/USP. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, p. 1-27, 1972.
- BERTRAND G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique Des Pyrénées Et Du Sud-ouest, Toulouse**, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. **Raega**, Curitiba, v. 8, p. 141-152, dez. 2004. DOI.10.5380/raega.v8i0.3389. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718>. Acesso em: 22 set. 2020.

BESSHO, T.; BELL, L. C. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. **Plant Soil**, 140:183-196, 1992.

BOCKHEIM, J. G. et al. Historical development of keyconcepts in pedology. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, p. 23-36, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**. Parte das Folhas SC.23 Rio São Francisco e SC.24 Aracaju. Série Levantamento dos Recursos Naturais, Rio de Janeiro, 1973, v. 1, 139 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam Brasil**. Folha SC.22 Tocantins, Série Levantamento dos Recursos Naturais, Rio de Janeiro, 1981, v. 22 520 p.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: mai.2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 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 nºs 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/l12651.htm. Acesso em: 27 mai. 2022.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Degradação de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do potencial produtivo em sistemas de baixo "input" tecnológico na região dos Cerrados**. Brasília, Embrapa, 2004. 9 p. (Circular Técnica, 9).

BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; SCHUMACHER, M. V.; SILVA, G. M. A. Contribuição de nutrientes ao solo por resíduos de serraria de Pinus. **Disciplinarum Scientia**. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, 2021, v. 22, n. 1, p. 1-17. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/3563/2736>. Acesso em: mai. 2022.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. **Adubação verde no Brasil**. Rio de Janeiro, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346p.

CAMARGO, O. A de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do** (Boletim Técnico 106). Campinas, SP: IAC, 2009.

CAMPOS, A. A. C. **Condicionantes dos processos erosivos na área urbana de Buriticupu – MA: o caso da voçoroca do bairro Santos Dumont**. São Luís, MA. Dissertação (Mestrado)

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço. Universidade Estadual do Maranhão, 2019. 106 p.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Ambiência**. Guarapuava (PR) 8(3), p. 963-982, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, p. 104-114, 2006.

CARDOSO, E. L. FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 79. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/807342/1/COT79.pdf>. Acesso em: 20 de abr. 2022.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CASTRO, B. A. C. de. **Notas de aula**. 2010. 12 p. (Disciplina Cultura e Natureza do Programa de Doutorado da UNESP – Rio Claro.

CASTRO, R. A.; FERREIRA, H. L.; SANTOS, L.C.S. Erosões às margens da BR-222 na cidade de Açailândia - Maranhão. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, **Anais – CD/ROM**, UGB, Goiânia-GO, 11p. 2006.

CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES Jr., J.; MARCHIORI, D. G. Características de Latossolos Roxos desenvolvidos de rochas alcalinas e básicas de Jaboticabal, SP. **Sci. agric.**, Piracicaba, 52(2): 226-232, 1995.

CINCOTTA, R. P.; WISNEWSKI, J.; ENGELMAN, R. Human population in the biodiversity hotspots. **Nature**, v. 404, p. 990-992, 2000.

CLAESSEN, M.E.C. (Org). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

CLAVAL, P. **Epistemologia da Geografia**. 2. ed. ver.- Florianópolis: Ed. da UFSC, 2014. p. 255-319.

CLEMENTE, E. C. Questões teórico-metodológicas da geografia no limiar do século XXI: a questão da problemática na dicotomia geografia física x geografia humana. **Revista Formação**, v. 1, n. 14, p. 198-200, 2007. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zNbyswVoo3EJ:https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/download/691/716+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CONCEIÇÃO, G. M.; RUGGIERI, A. C.; MAGALHÃES, E. R. Melastomataceae da área de proteção ambiental municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 4, n. 2, p.83-88, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS, 2002. Disponível em: https://www.cnm.org.br/dado_geral/ufmain.asp?iIdUf=100121. Acesso em: 29 jun. 2022.

CONTE, O.; WESP, C. L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, R. L. C.; Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 579-587, 2011. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832011000200027&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 mai. 2022.

CORREIA FILHO, F. L. et al., **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Parnarama - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. p. 16-44.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185- 1191, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CROSI, F. L. **O Desafio Continua: Ambiente, Política e Democracia – Liberais e Marxistas**. In: SIMONETTI, M. C. L. A. Sustentabilidade do Desenvolvimento: Meio Ambiente, Agronegócio e Movimentos Sociais. Editora Cultura Acadêmica, 2011.

CRUZ, S. R.; H. E. MENDES, CASTRO, O. T. L.; CARVALHÊDO, B. C. M.; ASPECTOS DE SUSTENTABILIDADE URBANA: um estudo exploratório sobre qualidade ambiental no município de Caxias – Ma. **Revista Ciência & Saberes**. UniFacema. v. 2, n. 4, p. 270-278, 2017.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; SILVA, C. R.; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 11, n. 1, p. 4–13, 2015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637304>. Acesso em: 23 jul. 2021.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I. C. N.; SOUZA, L. V.; RENK, J. F. C. **Compartimentação geomorfológica do estado do Maranhão**. In: BANDEIRA, I.C.N. (ed.). Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina/PI. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, p.31-62. 2013.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil e Tillage Research**, v. 11, p. 199-238, 1988.

DIAS, J.; SANTOS, L.; A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço socioambiental rural. **Confins**, n. 1, 2007. Disponível em: <http://confins.revues.org/10> Acesso em: 1 de fev. 2022.

DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, S. J. **Fertilidade do solo em pastagem**: como construir e monitorar. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 202. p. 9-28. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221778/1/DOC460.pdf>. Acesso em: abr. 2022.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252. 2011. Suplemento especial. Disponível em: <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/66282.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2022.

DINIZ, M. T. M. Contribuições ao ensino do método hipotético-dedutivo a estudantes de Geografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 107-111, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105033?show=full>. Acesso em: 15 nov. 2021.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 356 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 101 p., 1995.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating Soil Acidity of Tropical Oxisols by Liming for Sustainable Crop Production. **Advances in Agronomy**, 2008, v. 99, p. 345-399. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308004070>. Acesso em: 5 mai.2022.

FAO. **Status of the world's soil resources (SWSR) – Main Report**. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015.

FARIAS FILHO, M. S.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. de L. A cultura do arroz em sistema de vazante na Baixada Maranhense, periferia do sudeste da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 82-91, 2009.

FARIAS FILHO, S. M.; BUENO, R. R. C.; VALLADARES, S. G.; SOUZA, G. Caracterização e Classificação de Solos Hidromórficos sobre os Aluviões Fluviomarinhos no Município de Arari – MA. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 47, n. 1, p. 85-98,

abr. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/61912/41295>. Acesso em: 12 jan. 2022.

FIDALSKI, J. et al. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranavaí. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 613-621, jun., 2013. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000300007&lng=en&nrm=iso. Acesso em 11 fev. 2023

FONTES, M. P. F. Intemperismo de rochas e minerais. In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R.; VIDALTORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 171-205. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/57371008/pedologia-fundamentos-joao-c-ker->. Acesso em: abr. 2022.

FRANCIS, R. A.; CHADWICK, M. A. 2013. **Urban Ecosystems. Under standing the Human Environment**. New York: Routledge, 220p.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, C. M.; FEIGL, J. B.; CERRI, C. C.; Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008. Acesso em: 11 jan, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/BGHnbXhvSYsx3WGXPctkWLj/?format=pdf&lang=pt>.

FREITAS, P. L. Manejo Físico do Solo. In: Simpósio sobre Manejo e Conservação do Solo no Cerrado, 1, 1990, Goiânia, GO. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.117-139.

FROGBROOK, Z. L.; OLIVER, M. A.; SALAH, M.; ELLIS, R. H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil Chemical properties and the implications for sampling. *Soil use and Management*, **Harpden**, v. 18, n. 01, p. 01-09, 2002.

FURQUIM, L. C., SOUZA, E. J., SILVA, N. F., NUÑEZ, D. N. C., CABRAL, J. S. R., SANTINI, J. M. K., LEÃO, B. C. S. & STONE, L. F. (2020). Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivo integrados em área de pastagem degradada. **Colloquium Agrariae**, 16(5), 82-95.

GARCÊS JÚNIOR, A. R. **Variabilidade da Chuva e Desastres Associados à Dinâmica Hidrográfica do Maranhão**. 2022. 219 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Ceará, 2022.

GARCIA, Y. M., CAMPOS, S., TAGLIARINI, F. S. N., CAMPOS, M.; RODRIGUES, B. T. Declividade e potencial para mecanização agrícola da bacia hidrográfica do Ribeirão Pederneiras - Pederneiras/SP. *Bioeng - Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 14(1), 62-72, 2020.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. **What Drives Tropical Deforestation? A Meta-Analysis of Proximate and Underlying Causes of Deforestation Based on Subnational Case Study Evidence**. Louvain-la-Neuve (Belgium): Lucc International Project Office, Lucc Report Series no. 4. 2001.

GONÇALVES, B. L.; GONÇALVES, D. A paisagem em Geografia: diferentes escolas e abordagens, **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 3. n. 2, p. 92-110, 2015. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/3122>. Acesso em: 24 de jul de 2021.

GUARÇONI, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 327-336, jul./set. 2017.

GUARESCHI, R. F. et al. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n. 1, p. 1-24, 2014. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42050>. Acesso em: 02 abr. 2022.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 192.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 472.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, p. 93-114, 1996.

GUERRA, A. T. J. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA B. S. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 149-210.

GURGEL, A. L.C.; DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, B. P. V.; MONTAGNER, D. B.; ARAUJO, R. A.; MACEDO, M. C. M.; Estoques de Carbono e Nitrogênio o Solo em Áreas de Pasto de Capim-Mombaça sob Efeito Residual de Doses Nitrogênio. 71^a Reunião Anual da SBPC. **Anais**. Campo Grande, UFMS: 2019.

GUSMÃO, A. C. V. L.; SILVA, B. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; GALVÍNCIO, J. D. Determinação do saldo radiativo na Ilha do Bananal, TO, com imagens orbitais. **Rev. bras. Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.10, p. 1107-1114. 2012.

HAESBAERT R. **Globalização e fragmentação do mundo contemporâneo**. Niterói: EdUFF, 1998, 308p.

HAMANN, K.; RÅBERG, T.; ADAMSEGED, M. **Hot Spots for Rural Entrepreneurship**. Rubizmo. 48 p. 2019. Disponível em: <https://rubizmo.eu/attachment/render/0a645d49-43fc-4b7e-84d7-971adc42ed1f>. Acesso em: maio 2022.

HUE, N. V.; AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. **Comm. Soil Sci. Pl. Am.**, 20:1499-1511, 1989.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/matoes.html>. Acesso em: 14 jun. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção extrativista vegetal – Maranhão**. 2006b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>. Acesso em: 02 jan. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015, 430 p.

IBGE. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 356 p.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 31 de ago. 2021.

IBGE. Pedologia. Geomorfologia. **Mapa Geomorfológico do estado do Maranhão**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. Mapa colorido, escala 1: 400.000. 2011b. Acesso em: 11 jan. 2022.

IBGE. Pedologia. **Mapa Exploratório de Solos do estado do Maranhão**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. Mapa colorido, escala 1: 400.000. 2011a.

IBGE. Pedologia. **Relatório técnico de Geologia, Geomorfologia e Hidrogeologia do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico**. Santos, J. H. S. S.; Catunda P. H. de A.; Dias L. J. B. da S. São Luís: IMESC, 2019. p. 61- 142.

IBGE. Pedologia. Vegetação. **Mapa Fitogeográfico do estado do Maranhão**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. Mapa colorido, escala 1: 400.000. 2011c.

IBGE. Cidades. **População Residente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timon/pesquisa/23/25207?ano=2010&tipo=ranking>. Acesso em: 12 jun. 2021.

IMESC. **Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos**, 2020. Acesso em: 08 jan. 2022. Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/proposta/347>.

IVERSON, L. R. Land-use change in Illinois, USA: The influence of landscape attributes on current and historic land use. **Landscape Ecology**, v. 2, p. 45-62, 1988.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. pesquisa**, 35; SUDENE-DRN. Recursos de solos, 17.1986. 543p.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; PESSÔA, S. C. P.; BURGOS, N.; **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA - SNLCS / SUDENE, 1986.v. 2. 782 p.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation**: a system of quantitative pedology. McGraw Hill, New York, 1941. 281 p.

JONES, D. L.; CROSS, P.; WITHERS, P. J. A.; DELUCA, T. H.; ROBINSON, D. A.; QUILLIAM, R. S.; HARRIS, I. M.; CHADWICK, D. R.; EDWARDS-JONES, G. Review: Nutrients tripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. **J. Appl. Ecol.**, 2013, 50: 851-862. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12089>. Acesso em: 12 mai.2022.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J. C.; SHAEFER, C. E. G. R.; V. TORRADO, P. Pedologia: fundamentos. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, 2012, p.207-302. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/57371008/pedologia-fundamentos-joao-c-ker-nilton-curi-et-al?utm-medium=link>_. Acesso em 15 mar. 2022.

KLAMT, E.; KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1985. 42 p. (Boletim técnico, 4).

KLUTE, A. Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1986. 1188 p.

LEMOS, J. J. S. **O cultivo da soja no sul do Maranhão**: Implicações ambientais, sociais e econômicas. Fortaleza: Instituto Guará de Estudos, Pesquisas e Ações Ambientais, 2001 (Relatório de Pesquisa). Disponível em: <http://www.funaguas.org.br/trabalhos/t1.htm>. Acesso em: 10 jan. 2022.

LEPSCH, F. I. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

LEPSCH, I. G. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS). In: LEPSCH, I.G. **19 Lições de Pedologia**. Oficina de textos, São Paulo, 2011. p. 310-340.

LIMA, P. H. G. et al. Consumo consciente: um estudo com estudantes do curso de administração da universidade federal rural de Pernambuco, unidade acadêmica de Serra Talhada. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE**, Ribeirão Preto, v.6, n.2, p.97 – 108, 2015.

LOCATELLI, M.; GONÇALVES, E. L.; MARCOLAN, A. L.; FERNANDES, S. R.; PEQUENO, P. L. DE L.; VIEIRA, A. H.; MARCANTE, P. H. In: Reunião Brasileira De Fertilidade Do Solo E Nutrição De Plantas, 30.; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 14.; Simpósio Brasileiro De Microbiologia Do Solo, 12.; Reunião Brasileira De Biologia Do Solo, 9.; Simpósio Sobre Selênio No Brasil, 1., 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: **Anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

MACEDO, M. C. M.; KICHER, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Embrapa Gado de Corte, n. 62, p. 1-4. 2000.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. (2014). Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: **Anais de Congresso**, Ribeirão Preto, SP, Embrapa Gado de Corte. p. 158–181.

MAFRA, A. L. et al.; Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**. 2008, v. 32, n. 2. Acessado em: 10 mai. 2022. pp. 217-224. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200004>.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Indicadores ambientais relevantes para a análise da suscetibilidade à erosão dos solos em Açailândia (MA). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 5(1), UGB, p. 1-16. 2003.

MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M.; FERNANDES, S. R.; (2009). **Atributos químicos e físicos de um Latossolo e rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo da capoeira**: 1-6. Embrapa (Comunicado Técnico 352), Porto Velho – RO.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. ed. 4. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINE, G. ALVES, JED. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? **R. bras. Est. Pop. Rebep**, n. 32, v. 3, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/pXt5ZtxqShgBKDJVTDjfWRn/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

MASCARENHAS, H.; FARIA, K. Dinâmica da paisagem e relações com o uso do solo e fragmentação da cobertura vegetal no município de Flores de Goiás (GO) entre 1985 e 2017. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 7, n. 02, p. 115-135. Acesso em: 1 jun. 2021.

MAURI, J.; RUIZ, A. H.; FERNANDES, A. B. R.; KERLUIZ, C. J.; REZENDE, M. R.; Dispersantes químicos na análise granulométrica de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2011, v. 35, n. 4, p. 1277-1284. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400021>. Acesso em: 26 abr. 2022.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Raega**, Editora UFPR, Curitiba, n. 8, 2004. p. 83-91.

MAY, P. H. **Palmeiras em chamas**: transformação agrária e justiça social na zona do Babaçu. São Luís: EMAPA; FINEP; FUNDAÇÃO FORD, 1990. 328 p.

MEDEIROS, G. S.; ROCHA FILHO, J. B. Fenomenologia hermenêutica: da filosofia à pesquisa qualitativa no ensino. **Rev. Cienc. Educ., Americana, ano XVIII**, n. 36, p. 139-152, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://www.revista.unisal.br/ojs/index.php/educacao/article/download/543/374/>. Acesso em: 14 de set. 2021.

MELLO, I. S. et al. Revisão sobre argilominerais e suas modificações Estruturais com ênfase em aplicações tecnológicas e Adsorção - uma pesquisa inovadora em universidades. v. 9. **Rev. de Ciên. Agroambientais**. Alta Floresta. 2011.

MENDES, E. H CRUZ, R. S.; CASTRO, L. T. O.; CARVALHÊDO, M. C. B. Aspects of Urban Sustainability: na exploratoty study on environmental quality in the city of Caxias – Ma. **Reon Facema**. 2016. v 2. (4):270-276.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; CARMONA, F. C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J., editor. **Fundamentos de Química do solo**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Evangraf LTDA, 2010. p. 266.

MIYAZAWA, M.; FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1999, v. 23, n. 3. p. 533-542. Acesso em: 5 mai. 2022.

MMA/IBAMA. **Monitoramento do bioma cerrado 2009-2010**. Brasília, Distrito Federal. 2011.

MORAIS, L. G. B de L.; MELO, J. A. B. de. Pensando a relação sociedade-natureza na Geografia: apontamentos para a Geografia socioambiental. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 14, n. 45, p. 22-29, mar. 2013. Disponível em: Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16797>. Acesso em: 01 jul. 2021.

MOURA, E. G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E. G. (org.). **Agroambientes de Transição entre o trópico úmido e o semiárido do Brasil**. São Luís: UEMA, 2004.

MUNIZ, F. H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste: diversidade e estrutura. In: MOURA, E. G. (Org.). **Agroambientes de transição entre o Trópico Úmido e o Semiárido do Brasil**: atributos, alterações e uso na produção familiar. 2 ed. São Luís: Programa de Pós-graduação em Agroecologia/UEMA, 53-69, 2006.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; D.; CARVALHO, P. C. F. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 2006, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba (SP): Fealq, 2006. p. 37-86.

NEVES, C. E; MACHADO. G; HIRATA. C, A; STIPP, N. A. F. A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 26 (2): 271-285, p.286, 2014. Disponível em: [nilton-curi-et-al?utm-medium=link&utm-source=bl&utm-ots=G956zfMs40&utm-sig=ACfU3U1hcDz](https://doi.org/10.1590/S0037-78162014000200014); Acesso em: 11 jan. 2022.

NUCCI, J. C., VALASKI, S., ESTÊVEZ, L. F., TONETTI, E. L. Uso da terra e qualidade ambiental urbana: uma proposta de legenda para mapeamento. **Geographia**, 21, 74-90, 2019.

OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. van den. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo**: quadrícula de Araras. II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 60p. (Boletim Técnico, 102).

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 210 p.

PAULEIT, S.; BREUSTE, J. **Land use and surface cover as urban ecological indicators**. In: Urban Ecology, Patterns, Processes and Applications. pp. 19-30. Oxford University Press, Oxford. 2011. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=RpCe1a22kHsC&pg=RA1-PA1999&lpg=RA1-PA1999&dq=Pauleit+e+Breuste+\(2011\)&source=bl&ots=G956zfMs40&sig=ACfU3U1hcDz](https://books.google.com.br/books?id=RpCe1a22kHsC&pg=RA1-PA1999&lpg=RA1-PA1999&dq=Pauleit+e+Breuste+(2011)&source=bl&ots=G956zfMs40&sig=ACfU3U1hcDz)

GDxSVz2J4YHEfSyxNXvQOKg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwj_seiC0OT3AhUZnpUCHXc_Bm0Q6AF6BAgQEAM#v=onepage&q=Pauleit%20&f=false. Acesso em: 16 mai. 2022.

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**. 2008, v. 32, n. 3. p. 911-920. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

PEDRON, A. F.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. E; BOTELHO, M. R.; MENEZES, F. P. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 147-151, 2007. Disponível em: < <http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v13n2/artigo02.pdf> >. Acesso em: 02 jan. 2022.

PENDRILL, F.; PERSSON, U. M.; GODAR, J.; KASTNER, T.; MORAN, D.; SCHMIDT, S.; WOOD, R. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. **Global Environmental Change**, vol. 56, no. p. 1–10, 2019.

PEREIRA, B. C. Relação solo-paisagem e sua aplicabilidade: uma ferramenta fundamental para o entendimento da caracterização da paisagem. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, Vol.20, nº20, p. 1-13, Dez, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/issue/view/1057>. Acesso em: 14 de ago. 2021.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos.; PINHEIRO JUNIOR, C. R.; PINTO, L. A. da S. R.; SILVA NETO, E. C. da.; FONTANA, A. Formação e caracterização de solos. In: TULLIO, L. (Org.). **Formação, classificação e cartografia dos solos**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 1, p. 1-20. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112549>. Acesso em: 20 de set. 2022.

PEREIRA, P. R. M. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem do município de Pedro do Rosário, Baixada Maranhense**. 119 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2017.

PIGNATARO NETTO, I. T. **Qualidade física e química de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes períodos de usos**. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PINHEIRO, L. E. R.; et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2011, v. 41, n. 1. p. 20-28. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.8459>. Acesso em: 01 de abr. 2022.

PINTO, C. R. O. **Efeito do uso do solo sobre seus atributos na microrregião de Chapadinha – MA**. 2014. 85 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2014.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema território e paisagem – método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia Londrina**, 18, n. 1, 5-31 p., 2009.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/279656958_Geossistema_territorio_e_paisagem_-_metodo_de_estudo_da_paisagem_rural_sob_a_otica_bertrandiana. Acesso em: 02 mar. 2022.

PIVETTA, N. P. **Identificando as barreiras ao consumo verde**. 2019. 181 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/17417>. Acesso em: 17 nov. 2021.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária**. São Paulo: Itatiaia: EDUSP, 1975.

PORTILHO, Fátima. **Sustentabilidade Ambiental, Consumo e Cidadania**. São Paulo: Cortez, 2005.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (Atlanta, Ga.). **International Soil Fertility Manual**. Atlanta, GA: Potash & Phosphate Institute, 1995.

POUDEVIGNE, I.; VAN ROOIJ, S.; MORIN, P.; ALARD, D. Dynamics of rural landscapes and their main driving factors: A case study in the Seine Valley, Normandy, France. **Landscape and Urban Planning**, v. 38, p. 93-103, 1997.

PRADO, H. **Solos tropicais: potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 231 p.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, M. A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: INCAPER, 2013. 104 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 18. ed. São Paulo: Nobel, 2006. 549 p.

RABELO, W. A. L. **A objetividade do conhecimento e a deposição do sujeito na epistemologia de Popper**. 2018. 98 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Programa de Pós-graduação em Filosofia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém. 2018.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RAIJ, B. V. **Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície**. Informações Agronômicas, v. 135, p. 8-18, 2011.

RAMOS, A. M. R.; AMORIM, B. M. B.; FREIRE, C. T. M.; LIMA, D. L. F. A. Atributos físicos do solo em sistema consorciado e monocultivo do maracujá (*Passiflora edulis*). **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, P. 80-87, 2019.

REIS JÚNIOR, D. F. C. História de um Pensamento Geográfico: Georges Bertrand. **Geografia**, Rio Claro, v. 32, n. 2, p. 363-390, mai./ago. 2007. Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1461>. Acesso em: 20 jan. 2022.

REIS, C. S.; CONCEIÇÃO, G.M. Aspectos Florísticos de um Fragmento de Vegetação, localizado no Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, v. 6, n. 2, p.1-17, 2010.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros. Interpretação e Aplicações**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 192 p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. Informe Agropecuário, **Agropecuário**, v. 9, n.105, p.3-25, 1983.

ROCHA, A. M.; MOTA, J. do E. A. da. Cultura e Natureza nas Sociedades Modernas: Ensaio Sobre as Relações Entre Homem e Natureza nas Sociedades Produtoras de Mercadorias. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 15, n. 3, p. 150-158, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74238>. Acesso em: 21 out. 2021.

ROCHA, S. A. Geografia Humanista: história, conceitos e o uso da paisagem percebida como perspectiva de estudo. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 13, jun. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/7670/9077>. Acesso em: 01 jul. 2021.

RODRIGUES NUNES, J. O.; SANT'ANNA NETO, J. L.; GARCIA TOMMASELLI, J. T.; TRINDADE AMORIM, M. C. de C.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Terra Livre**, v. 2, n. 27, p. 121–132, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/412>. Acesso em: 12 jul. 2021.

RODRIGUES, A. B. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F.; ROCHA, F. Atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **Uniciências**, v. 14, n. 1, 2010.

RODRIGUEZ, J.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator, Revista do Depto. de Geografia – UFC**. 1(1): 98-115, 2002.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/882598>. Acesso em: 20 mar.2022.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, v.26, n.2, p.333-351, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/tDgH4fv7TQqhBKjHGxbwHTz/?lang=pt#>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Rev. do Departamento de Geografia – FFLCH-USP**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>. Acesso em: 22 fev. 2022.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia/ FFLCH/USP**, n° 9, p. 65-75,1995.

ROSS, J. L. S. Da Ecodinâmica à Fragilidade Ambiental: subsídios ao planejamento ambiental. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L. S; LUCHIARI, A. (org) **America Latina: Sociedade e Meio Ambiente**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular. 2008. 288 p.

ROUGEIRE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Geosystemes et Paysages: Bilian et Méthodos**. Paris: Armand Colin, 1991. 302 p.

SÁ, M. F. M. Os solos dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. Cap. 6, p.73-83. Disponível em: http://ri.uepg.br/riuepg/bitstream/handle/123456789/450/CAP%C3%8DTULO6_SolosCamposGerais.pdf?sequence=1. Acesso em: 12 jan. 2022.

SANO, E. E.; ROSA, R.; LUÍS, J.; LAERTE, S. B.; FERREIRA, G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v.205, 60 p., 2007.

SANTOS M. 2000. **Por uma outra globalização: do Pensamento Único à Consciência Universal**. Rio de Janeiro: Ed. Record, 174 p.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 54, n.1, p.86-94, 2002.

SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. São Paulo: Cortez, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. 590 p.

SAUER, C. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (ed.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 1998. p. 12-74

SCHACHT, W. H., STUBBENDIECK, J., BRAGG, T.B., et al. Soil quality response of reestablished grasslands to mowing and burning. **Journal Range Management**, Denver, v.49, n.5, p.458 - 463, 1996.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 7, dez. 2003. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3353>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SELMAN, P.; DOAR, N. Na Investigation of the Potential for Landscape Ecology to act as Basis for Rural Land Use Plans. **Journal of Environmental Management**, v. 35, p. 99, 281, 1992.

SILVA, I. P. et al. Consciência ambiental versus as práticas de comportamento pró-ambiental de acadêmicos. **GESTÃO.org – Revista de Gestão Organizacional**, Recife, v. 14, edição especial, p. 59-74-2016.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVEIRA, T. C.; FIORI, P. A.; FIORI, O. C.; Estudo Das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial na Apa de Guaratuba: Subsídios para o Planejamento Ambiental **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 57, p. 9-23, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328070674.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2021.

SOARES, A. L. P.; GUEDES, M. C. Corte e trituração da capoeira como alternativa ao uso do fogo no preparo de área para plantio. In: **Anais da III Jornada de Iniciação Científica**, 2007, Macapá. Livro de resumos. Macapá: SETEC, 2007. p. 12. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=349565&biblioteca=vazio&busca=349565&qFacets=349565&sort=&paginaAtual=1>. Acesso em: 21 jan. 2022

SOARES, M. D. R., CAMPOS, M. C. C., OLIVEIRA, I. A., CUNHA, J. M., SANTOS, L. A. C., FONSECA, J. S., SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista Ciências Agrárias** v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SÁ T. D.de A.; VIELHAUER, K.; COELHO R. F. R.; FÖLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation byburning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutriente accumulation. **Nutrient Cycle in Agroecosystem**, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

SOTCHAVA, V. B. **Métodos em Questão**: o estudo dos geossistemas. São Paulo: IGUSP, 1977. v. 6. p. 51.

SOTCHAVA, V. B. O estudo do geossistema. In: **Instituto Geográfico do Estado de São Paulo**. Série Métodos em Questão: p. 1-51, 1978.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia (14)**. Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia: São Paulo, 1978.

SOUZA R. V. C. C.; RIBEIRO M. R.; SOUZA JUNIOR V. S. S.; CORRÊA M. M.; ALMEIDA M. C.; CAMPOS M. C. C.; RIBEIRO FILHO M. R.; SCHULZE M. B. B. Caracterização de solos em uma topoclimossequência no Maciço de Triunfo - Sertão de Pernambuco. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 2010, 34:1259-1270.

SOUZA, C. Y. V. de; PEREIRA, F. S. G. Geografia: relações científicas e análise de métodos. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 02, p. 347–367, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1320>. Acesso em: 17 set. 2021.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. **Solos areno-quartzosos do Cerrado: características, problemas e limitações ao uso.** Planaltina: Embrapa CPAC, 1999. 48p

SPINELLI, A. L.; BAYMA, S. G.; TORRESAN, F. H.; VICTORIA, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V. **Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 28 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159940/1/Serie-Documentos-108-Luciana.pdf>. Acesso em: 09. jan. 2022.

SPINELLI-ARAUJO, L., BAYMA-SILVA, G., TORRESAN, F. E., VICTORIA, D., VICENTE, L. E. BOLFE, E. L., MANZATTO, C. (2016). **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário Atual em Dados Geoespaciais.** Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, 28 p.

SPOSITO, E. S. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico.** São Paulo: Editora UNESP, 2004.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia física (?) Geografia ambiental (?) ou Geografia e ambiente (?). In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Org.). **Elementos de epistemologia da Geografia contemporânea.** Curitiba. Editora da UFPR, 2002.

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; DE REZENDE, A. V.; NHAYANDRA, C. D. Leguminosas forrageiras na produção animal no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 42, p. 2019. 305-313. Disponível em: <file:///C:/Users/vitor/Downloads/16016-Texto%20do%20manuscrito-60062-1-10-20190509.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2022.

TER-STEPANIAN, G. The Beginning of Technogene. In: **Bulletin of International Association of Engineering Geology**, n. 38, 1988. p. 133-142.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication in Climatology**, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1. 1955.

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate, **Geographical Review**, New York, n. 1, p. 55-94, 1948.

TORRES W.G. A. **Saturação de bases em solo do cerrado para produção de mudas de pequi e baruzeiro.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017, 73p.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 32-97. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 24 de jul de 2021.

TROVÃO, J. R. **O processo de ocupação do território maranhense.** São Luís: IMESC, 2008. (Cadernos IMESC, 5)

VASCONCELOS, R.; KATO, L. G. T.; VASCONCELOS, O. R.; SILVA, S. Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira.

Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2012, v. 47, n. 8. Acesso em: 23 abr. 2022, pp. 1142-1149. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000800015>.

VAZ, S. M. P. A.; SILVA, M. P. A.; RAMOS, F. M. F.; JOSÉBACIA, S. Hidrográfica do rio balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2021, v. 26, n. 1 p. 77-87.

VICENS, S. R.; RODRIGUEZ, M. J.; CRONEMBERGER, M. F. A Paisagem Físico-geográfica: Representação Cartográfica. **R. Bras. Geogr.**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 2, p. 2-17, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/1648>. Acesso em: 20 de set. de 2021.

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. dos S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geoecologia das Paisagens. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 24, n. 3, p. 600-615, 2020. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/121030>. Acesso em: 20 set. 2021.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.

VILLELA, F. N. J.; NOGUEIRA, C. Geologia e geomorfologia da estação ecológica Serra Geral do Tocantins. **Biota Neotropica**. 2011, v. 11, n. 1. Acesso em: 17 jan. 2022. p. 217-229. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100023>

VITORELLO, V. A.; CAPALDI, F. R.; STEFANUTO, V. A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 2005, v. 17, n. 1, pp. 129-143. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100011>. Acesso em: 09 abr. 2022.

VITTE, A. C.; SILVEIRA, R. W. D. da. Considerações sobre os conceitos de natureza, espaço e morfologia em Alexander Von Humboldt e a gênese da Geografia Física moderna. **GEOUSP Espaço e Tempo**. v. 14, n. 1, p. 77-94, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74156>. Acesso em: 1 fev. 2022.

ZONNEVELD, I. S. **Land Ecology**. SPB Academic Publishing, Amsterdam, Netherlands, 1995. 1999 p.

ANEXOS



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



Pós-Graduação em
Geografia, Natureza
e Dinâmica do Espaço

Anexo A - PERFIL 1 CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL
<p>PERFIL Nº: 01 CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico, A húmico, textura arenosa, relevo plano UNIDADE DE MAPEAMENTO: RQo LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA-132, sentido a sede municipal de Buriti Bravo, Buriti Bravo – MA. COORDENADAS: 05° 53' 48.9" S, 43° 56' 28.3" O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Depressão, Cerrado. ALTITUDE: 310m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Depressão. LITOLOGIA: Arenito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Barreiras CRONOLOGIA/PERÍODO: Quaternário. MATERIAL ORIGINÁRIO: Alóctone, coluvionar, brando. PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Plano. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Bem drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado Tropical. USO ATUAL: Vegetação primária. CLIMA: Subúmido Seco (C1).</p>
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA
<p>A 0–44 cm, 44cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida); areia; grãos simples, solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas e abundantes; poros pequenos e poucos; transição plana e clara.</p> <p>AC 44–69cm, 25cm; bruno (7.5YR 4/3, úmida), areia; grãos simples, solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, grossas e poucas; sem poros visíveis; transição plana e difusa.</p> <p>C 69cm+; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); franco-arenosa, fraca, muito pequena, granular; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas e comuns; sem poros visíveis.</p>

Anexo B - PERFIL 2 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 02 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico, textura média arenosa, A moderado, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: PVa LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA-132, lado direito sentido a São João do Sóter, Buriti Bravo – MA. COORDENADAS: 05° 50' 24.7'' S, 43° 51' 25.3'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Depressão, Cerrado.</p> <p>ALTITUDE: 235m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro. LITOLOGIA: Argilito/Siltito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, semibrando. PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Ligeira e laminar. DRENAGEM: Imperfeitamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Pastagem. CLIMA: Subúmido Seco (C1).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
<p>Ap0–20 cm, 20cm; bruno-avermelhado (5YR 5/4, úmida); franco arenosa; fraca, pequena, blocos angulares; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros pequenos, grandes e poucos; transição plana e clara.</p> <p>E 20–39cm, 19cm; vermelho (5.5YR 5/8, úmida), argilossiltosa; forte, pequena em blocos angulares e média prismática; muito firme, ligeiramente plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros pequenos e abundantes; transição plana e gradual.</p> <p>EB 39-67cm, 28 cm; vermelho (2.5YR 4/6, úmida); argilossiltosa, moderada, pequena e granular; cerosidade comum e moderada; friável, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e gradual.</p> <p>Bt₁ 67-104cm, (37cm); Vermelho (10R 5/6, úmida); muito argilosa, moderada, pequena em blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e moderada; muito friável, plástica e pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos, pequenos e comuns; transição plana e difusa.</p> <p>Bt₂ 104-139cm, (35cm); vermelho-escuro (10R 3/6, úmida); muito argilosa, moderada, pequena e granular; muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos e comuns; transição plana e difusa.</p> <p>Bt₃ 139cm+, Vermelho (10R 4/6, úmida); muito argilosa, granular moderada, muito pequena e blocos subangulares moderada e pequena; friável, plástica e pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e comuns.</p>	

Anexo C- PERFIL 3 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 03 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Alumínico Húmico, textura média arenosa, A húmico, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: LAa LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA – 282, sentido MA - 034, Buriti Bravo COORDENADAS: 5°12'15.59"S 43°24'50.58" W SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, Cerrado. ALTITUDE: 231m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina, topo. LITOLOGIA: Arenito/ Siltito FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Itapecuru. CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, brando. PEDREGOSIDADE: Não Pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Acentuadamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Vegetação primária. CLIMA: Úmido Seco (C1)</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Ap	0–42cm, 42cm; bruno (10YR 4/3, úmida), franco arenosa, fraca, média e granular; solta, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias, grossas e poucas; poros muito pequenos, médios e comuns; transição plana e clara.
AB	42–85m, 43cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida), franco arenosa; fraca, pequena, granular; solta, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; sem poros visíveis; transição plana e clara.
BA	85-119cm, 24cm; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmida); franca, fraca, média e granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros pequenos, grandes e poucos; transição plana e gradual.
Bw ₁	119-167cm, 48cm; amarelo-avermelhado (7.5YR 6/8, úmida); franca; fraca, pequena e granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros pequenos e poucos; transição plana e difusa.
BW ₂	167cm+; Amarelo-avermelhado (7.5YR 7/8); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena e granular; muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes ausentes; sem poros visíveis.

Anexo D - PERFIL 4 CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PÉTRICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
PERFIL Nº: 04	
<p>DATA: 22/12/2020 CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico, A húmico, textura siltosa, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: FFc LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Timon COORDENADAS: 4°44'28.67"S 43°37'58.26"W SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo em barranco, 4% de declive, capoeira, pousio. ALTITUDE: 74 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Terço superior de colina/morro LITOLOGIA: Arenito e siltito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Itapecuru. CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone; semibrando. PEDREGOSIDADE: Extremamente pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Plano. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Mal drenado VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical subcaducifólia. USO ATUAL: Capoeira CLIMA: Subúmido Seco (C₁) Subúmido (C₂) (Thorntwaite)</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0–24 cm; 24 cm, Preto (7.5YR 2,5/1, úmida); franco-argilo-arenosa; fraca, muito pequena e granular; firme, plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias e abundantes; poros pequenos e comuns; transição plana e clara.
BAc	24–40cm; 16cm; Cinzento-Avermelhado-Escuro (5YR 4/2, seca), Bruno-Avermelhado-Escuro (5YR 3/2, úmida); Mosqueado comum, pequena e proeminente, Vermelho (10R 5/8); Vermelho-Acinzentado (10R 4/3) franco-argilo-arenosa; fraca, muito grande em blocos subangulares; macia, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias e comuns; poros pequenos grandes e poucos; transição plana e gradual.
Bc	40–74 cm; 32cm (26-43); Bruno-avermelhado (5YR 5/3, seca), Bruno-Avermelhado-Escuro (5YR 3/3, úmida); Mosqueado abundante, grande, proeminente, Vermelho (10R 5/6); Vermelho (10R 5/8) Argilosa; moderada, média em blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias e poucas; poros pequenos médios, grandes e poucos; transição ondulada e clara.
C	74cm +; Vermelho-Claro (10R 6/8), Amarelo-avermelhado (5YR 6/8); Moderada, grande em blocos subangulares e prismática.
OBSERVAÇÕES – Nódulos de plintita abundantes em todo o horizonte B, inclusive BA.	

Anexo F - PERFIL 5 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
PERFIL Nº: 05	
<p>DATA: 09/01/2021 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico, textura arenosa, A moderado, relevo plano UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVd LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA-262, povoado Barra do Ninga, sentido Matões, Matões – MA. COORDENADAS: 05° 29' 57.6'' S 43° 04' 00.1'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Cerrado. ALTITUDE: 194m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo. LITOLOGIA: Arenito, brando. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano. MATERIAL ORIGINÁRIO: Alóctone/ Coluvionar, brando. PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Plano. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Bem drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Vegetação primária CLIMA: Subúmido Seco (C₁).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0–18 cm, 18cm; Cinzento-Avermelhado-Escuro (2.5YR 4/1, úmida); franco arenosa; fraca, pequena e granular; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e comuns; transição plana e gradual.
AB	18–37cm, 19 cm; Bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida); franco arenosa; fraca, pequena e granular; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, grossas e abundantes; poros pequenos, médios e poucos; transição plana e gradual.
BA	37-54cm, 17cm; Bruno-avermelhado (2.5YR 5/4, úmida); franco arenosa; fraca, muito pequena, granular; friável, não plástica e não pegajosa; raízes finas, médias, grossas, muito grossas e comuns; poros muito pequenos e poucos; transição plana e gradual.
Bw ₁	54-94 cm, 40 cm; Vermelho (2.5YR 4/6, úmida); franca, moderada, pequena, média e granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias e poucas; poros muito pequenos, muito grandes e abundantes; transição plana e difusa.
Bw ₂	94-142cm, 48cm; Bruno-Avermelhado-Escuro (2.5YR 3/4, úmida); franca; moderada, muito pequena, média, grande e granular; friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e difusa.
Bw ₃	142cm+, Vermelho (2.5YR 5/6, úmida); franca; moderada, muito pequena, média, grande e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes ausentes; sem poros visíveis.
OBSERVAÇÕES –.	

Anexo G - PERFIL 6 CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO LITÓLICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 06 DATA: 10/01/2021 CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico Fragmentário, textura média-siltosa, A moderada, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: RLd LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: sentido rio Parnaíba-Matões, Matões-MA. COORDENADAS: 05° 36' 00.4'' S 43° 05' 29.6'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Terço superior, 12% de declividade, Cerrado. ALTITUDE: 83 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro. LITOLOGIA: Arenito/Argilito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Piauí CRONOLOGIA/PERÍODO: Carbonífero. MATERIAL ORIGINÁRIO: Aloctone/ Aluvionar, consolidado. PEDREGOSIDADE: Muito pedregosa. ROCHOSIDADE: Extremamente rochosa. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROÇÃO: Não aparente. DRENAGEM: Imperfeitamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: vegetação primária. CLIMA: Subúmido Seco (C₁).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0-14m, 14cm; bruno-forte (7.5YR 5/6, úmida); mosqueado pouco, pequeno e proeminente, vermelho (10R 5/6); argilossiltosa; moderada, muito pequena, média, granular; friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes finas, grossas, muito grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos, grandes e comuns; transição plana e clara.
CA	14-34cm, 20 cm; variegada vermelho (10R 5/8, úmida), amarelo-avermelhado (5YR 6/8), vermelho-claro (2.5Y 8/8); muito argilosa, moderada, muito pequena, média em blocos angulares; friável, muito plástica e muito pegajosa, raízes muito finas, finas, médias e poucas; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e clara.
Cr ₁	34-60cm, 26cm; variegada amarelo-avermelhado (10R 4/4), Vermelho-Amarelado (5YR 5/8), amarelo (10YR 8/6); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e comuns; transição plana e gradual.
Cr ₂	60-80cm, 20 cm (15-29cm); variegada vermelho-claro (10R 6/8), amarelo-avermelhado (7.5YR 7/6), amarelo-avermelhado (5YR 6/8); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica, pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição ondulada e clara.
R	80cm+, Arenito consolidado de cor róseo/esbranquiçada.

Anexo H – PERFIL Nº 07- CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
PERFIL Nº: 07	
<p>DATA: 19/12/2020 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico, textura argilosa, A húmico, relevo plano UNIDADE DE MAPEAMENTO: Lada LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA – 034, sentido Buriti Bravo, Parnarama – MA COORDENADAS: 05° 37' 47.8" S, 43° 31' 00.9" O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, declividade de 4%, Capoeira. ALTITUDE: 158m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, Terço superior. LITOLOGIA: Arenito / Siltito FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Itapecuru. CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, brando. PEDREGOSIDADE: Não Pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Plano. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Bem drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: reserva legal CLIMA: Subúmido Seco (C1).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0–34cm, 34cm; Bruno (7.5YR 4/2, úmida), franca, fraca, média em blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e abundantes; poros pequenos e comuns; transição plana e clara.
AB	34–62m, 38cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida), franca; fraca, pequena, granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros pequenos, grandes e poucos; transição plana e clara.
BA	62–92cm, 30cm; amarelo-brunado (10YR 4/6, úmida); franca, moderada, média em blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas e comuns; sem poros visíveis; transição plana e clara.
Bw ₁	92–128cm, 36cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida); franco; moderada, muito pequena, média e granular; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas e poucas; sem poros visíveis; transição plana e difusa.
BW ₂	128cm+; Bruno-Forte (7.5YR 5/6, úmida); franco argiloarenosa; moderada, pequena, média e granular; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas e poucas; sem poros visíveis.

Anexo I – Perfil Nº8 - CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 08 DATA: 13/12/2020 CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, textura arenosa, A moderado, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: Lad LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Parnarama. COORDENADAS: 5°33'54.09"S 43°20'36.15"W SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, Colina/Morro, Capoeira. ALTITUDE: 216 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo LITOLOGIA: Arenito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Corda CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo/Jurássico. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, brando. PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Bem drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado Tropical. USO ATUAL: Capoeira. CLIMA: Subúmido Seco (C₁).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0–26 cm (26cm); Bruno-Amarelo-Claro (2,5Y 6/4, úmida); franco arenosa; fraca, média e granular; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e comuns; transição plana e gradual.
BA	26–54cm (28cm); Amarelo (2,5Y 8/6, úmida), franco arenosa; fraca; média e granular; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e comuns; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e gradual.
Bw ₁	54-80cm (26cm); Amarelo (10YR 7/8, úmida); franco arenosa; fraca, grande, blocos angulares; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e gradual.
Bw ₂	80–125cm (45cm); Amarelo (10YR 8/8, úmida); franco arenosa; fraca, média e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; sem poros visíveis; transição plana e difusa.
Bw ₃	125cm+, Amarelo (10YR 7/8, úmida); franco arenosa; moderada, média em blocos subangulares, muito friável; não plástica e não pegajosa, raízes muito finas, médias e poucas, sem poros visíveis.

Anexo J- PERFIL Nº 9 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO ACINZENTADO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 09 DATA: 24/11/2020 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico, texturamédia argilosa, A moderado, suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: PACd LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: estrada de acesso ao povoado São Francico , sentido povoado, São João do Sóter-MA COORDENADAS: 04º 58' 54.1" S 43º 41' 41.5" O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA V: Cerrado típico, 3% de declividade. ALTITUDE: 99 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Terço superior; Colina / Morro. LITOLOGIA: Arenitos e Argilitos. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Itapecuru. CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo. MATERIAL ORIGINÁRIO: Alótone, brando e aluvionar. PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Muito forte, voçoroca. DRENAGEM: imperfeitamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Capoeira. CLIMA: Subúmido Seco (C₁) (Thorntwaite)</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
A	0–23 cm; (23cm) Cinzento-Brunado-Claro (10YR 6/2, seca), Cinzento-Muito-Escuro (10YR 3/1, úmida); franco-argiloarenosa; forte, grande em blocos subangulares; extremamente dura, extremamente firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas, médias e comuns; poros pequeno, médios e poucos; transição plana e clara.
AB	23–45 cm, (22cm); Cinzento -Rosado (7.5YR 6/2, seca), Bruno-Escuro (7.5YR 3/2, úmida); franco-argiloarenosa; moderada, muito grande em blocos angulares; moderadamente coeso; extremamente dura, extremamente firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas médias e poucas; poros pequenos, médios e comuns transição plana e clara.
AE	45–65 cm, (20m); Cinzento -Rosado (7.5YR 7/2, seca), Bruno (7.5YR 5/3, úmida); franco; moderada, grande em blocos angulares; moderadamente coeso; extremamente dura, muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes finas e poucas; poros grandes e poucos; transição plana e gradual.
E	65–100cm, 32(25-36cm); Bruno-Muito-Claro-Acinzentado (10YR 8/2, seca), Cinzento-Brunado-Claro (10YR 6/2, úmida); Mosqueado média, distinta, Amarelo-Avermelhado (7,5YR 7/8); franco argiloarenosa; moderada, muito grande em blocos subangulares, extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; raízes finas médias e poucas; poros grandes e poucos; transição ondulada e difusa.
BE	100-137cm, 38 (33-53cm); Branco (5Y 8/1, seca), Cinzento-Claro (2,5Y 7/1, úmida); Mosqueado pouco, média e distinta Amarelo-Avermelhado (5YR 6/8); franco argilosa; moderada, muito grande e paralelepédica; cerodidade pouca e moderada; extremamente dura, friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; raízes médias e poucas; poros grandes e poucos; transição ondulada e abrupta.
BC	137cm +, Variegada pouco, média e distinta, (GLEY2 8;5 PB); Vermelho (10R 5/8); Bruno-Muito-Claro-Acinzentado (10YR 8/4); média em blocos subangulares, dura, muito firme, plástica e pegajosa; raízes finas e poucas; sem poros visíveis.

Anexo L- PERFIL 10 CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PETRICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº:10 DATA: 20/12/2020 CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PETRICO Concrecionário Húmico, textura argilosa, A húmico, relevo suave ondulado. UNIDADE DE MAPEAMENTO: FFc LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Povoado Olho D'Água, São João do Sóter - MA COORDENADAS: 05º 10' 16.8'' S; 43º 48' 03.8'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, declividade de 3%, Capoeira. ALTITUDE: 132m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, Terço inferior. LITOLOGIA: Argilito / Siltitos FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Itapecuru. CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, semibrando. PEDREGOSIDADE: Extremamente Pedregoso. ROCHOSIDADE: Não rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Ligeira e laminar. DRENAGEM: Bem drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Capoeira. CLIMA: Subúmido Seco (C1).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Ac	0–60cm, 60cm; acinzentado-muito-escuro (5YR 3/1, úmida), areia, moderada, muito pequena, média em blocos subangulares; solta, não plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e comuns; transição plana e gradual.
ABc	60–85m, 25cm; bruno-escuro (7.5YR 3/3, úmida), franco-argiloarenosa; moderada, muito pequena em blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e comuns; transição plana e clara.
BAc	85-110cm, 25cm; variegada bruno (7.5YR 5/4, úmida), amarelo-avermelhado (5YR 6/8 úmida); argilossiltosa, moderada, muito pequena em blocos subangulares; solta, plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e comuns; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
Ec	110-135cm, 25cm; variegada amarelo-avermelhado (5YR 7/8 úmida), bruno-forte (7.5YR 4/6 úmida); argilossiltosa; moderada, muito pequena e granular; solta, plástica e pegajosa; raízes muito finas, médias e comuns; sem poros visíveis; transição plana e gradual.
Btc	135cm+; Amarelo-Avermelhado (7.5YR 7/8 úmida); argila; moderada, muito pequena, granular e blocos subangulares; muito friável, plástica e muito pegajosa; raízes finas, médias, grossas e poucas; sem poros visíveis.

Anexo M - PERFIL Nº 11 CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO RÊNDZICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL
<p>PERFIL Nº: 11</p> <p>DATA: 10/01/2021 CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico Fragmentário, textura média-arenosa, A Chernozêmico, relevo plano UNIDADE DE MAPEAMENTO: MDI LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA 040, após Matões sentido Timon, Timon-MA. COORDENADAS: 05º 26' 20.7" S 42º 57' 34.7" O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Topo, Cerrado. ALTITUDE: 85m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo. LITOLOGIA: Gabro. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Piauí CRONOLOGIA/PERÍODO: Carbonífero. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone/Gabro, consolidado. PEDREGOSIDADE: Não pedregosa. ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochosa. RELEVO LOCAL: Plano. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Moderadamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Capoeira. CLIMA: Subúmido Seco (C₁).</p>
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA
<p>0–27m, 27cm; mosqueado pouco, pequeno e proeminente; bruno-avermelhado-escuro (2.5YR 3/3, seca); bruno-avermelhado-escuro (2.5YR 3/3, úmida); muito argilosa; forte, muito pequena, granular; forte, média, muito grande, prismática; cerosidade abundante e forte; superfícies compressão, brilhante, abundante e moderada; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, médias e comuns; poros muito pequenos, pequenos, médios e abundantes; transição plana e gradual.</p> <p>7-39cm, 12cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, seca), Bruno-Avermelhado (5YR 4/4, úmida); muito argilosa, forte, muito pequena, granular e forte, média, prismática; cerosidade comum e moderada; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e muito pegajosa, raízes muito finas, finas, médias e poucas; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e gradual.</p> <p>39-45cm, 6cm (6-34cm); Bruno (7.5YR 4/4 seca), Vermelho-Amarelado (5YR 4/6); argilossiltosa; moderada, média, prismática; cerosidade pouca e moderada; macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e abundantes; transição irregular e abrupta.</p> <p>5-86cm, 41cm; variegado, bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 8/4), vermelho-amarelado (5YR 5/8), vermelho-muito-escuro-acinzentado (10R 2.5/2); francoarenosa; grãos simples; macia, solta, não plástica, não pegajosa; raízes ausentes; sem poros visíveis; transição plana e gradual.</p> <p>86-116cm, 30cm; variegado, vermelho-acinzentado (10R 4/3), vermelho (2.5YR 5/8), rosado (2.5YR 8/4); francoarenosa; grãos simples; solta, solta, não plástica, não pegajosa; raízes ausentes; sem poros visíveis; transição plana e gradual.</p> <p>116cm+, Gabro</p> <p>AVANÇADOS – Ap: presença de fendas que denotam caráter vértico; CR₂: contato Lítico com material consolidado (Gabro) no limite com R</p> <p style="text-align: center;">Material do Horizonte Cr₁ e Cr₂ é material fragmentário</p>

Anexo N - PERFIL Nº 12 ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL	
<p>PERFIL Nº: 12 DATA: 10/01/2021 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico, textura argilosa, A proeminente, relevo suave ondulado UNIDADE DE MAPEAMENTO: PVd LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA 040, sentido Timon, Timon - MA. COORDENADAS: 05º 23' 45.6" S 42º 55' 44.4" O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Topo, Pastagem. ALTITUDE: 99m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo. LITOLOGIA: Argilito. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone/Argilito, semibrando. PEDREGOSIDADE: Extremamente pedregosa. ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochosa. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: Suave ondulado. EROÇÃO: Ligeira e laminar. DRENAGEM: Imperfeitamente drenado. VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical. USO ATUAL: Pastagem. CLIMA: Subúmido Seco (C₁).</p>	
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Ap	0–14m, 14cm; Bruno-Forte (7.5YR 4/6, seca); franco-argilossiltosa; cascalhenta, moderada, muito pequena, granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes muito finas e comuns; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e gradual.
E	14-35cm, 21cm; Amarelo-avermelhado (7.5YR 6/8, seca); franca-argilossiltosa, muito cascalhenta; fraca, muito pequena, pequena e granular; cerosidade comum e forte; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e clara.
Bt	35-79cm, 44cm; vermelho (2.5YR 5/8 seca), vermelho (10R 5/8 úmida); muito argilosa; forte, média, muito grande e granular; cerosidade pouca e fraca; extremamente dura, extremamente firme, plástica, pegajosa; raízes ausentes; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e difusa.
BC	79+; vermelho (2.5YR 4/8 seca), vermelho (10R 4/8 úmida); muito argilosa; forte, grande em blocos subangulares e fraca, pequena e granular; cerosidade comum e forte; extremamente dura, extra firme, muito plástica, muito pegajosa; raízes ausentes; poros muito pequenos e poucos; transição plana e difusa.
OBSERVAÇÕES – Caráter Lítico Fragmentário manifesto no horizonte B.	

Anexo O - ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

ANÁLISE FÍSICA DO SOLO										ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO														
Identificação/ Horizonte	Prof (cm)	Granulometria				Relação		pH		Al	H+Al	Ca	Ca+Mg	K	Na	SB	CTC			Saturação			C	MO
		Areia		Silte	Argila	Silte/ Argila	água	KCl	ΔpH								cmolc.Kg-1	cmolc.Kg-1	V%	Alumínio m%	Sódio Na%			
		Grossa	Fina																			Total		
		g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹	g.Kg ⁻¹															
Perfil 01 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico																								
A	0 - 44	224,0 0	186,0 0	70,00	520,0 0	0,13	5,76	4,53	-1,23	0,49	3,34	0,00	0,27	0,00	0,01	0,28	0,77	2,44	4,70	7,74	63,63	13,00	10,71	18,48
AC	44 - 69	371,0 0	394,0 0	95,00	140,0 0	0,68	6,26	5,54	-0,72	0,43	2,44	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,44	2,05	14,65	0,30	98,32	44,91	0,80	1,38
C	69+	423,0 0	432,0 0	25,00	120,0 0	0,21	5,98	6,12	0,14	0,36	2,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,39	2,48	20,69	1,26	93,32	16,25	0,21	0,36
Perfil 02- ARGISSOLO VERMELHO Alumínio Nitossólico, média arenosa, A moderado, Suave ondulado																								
Ap	0 - 20	228,0 0	523,00	69,00	180,0 0	0,38	5,09	4,50	-0,59	0,46	2,10	0,13	0,37	0,00	0,01	0,38	0,84	2,65	14,71	15,40	54,61	1,04	6,03	10,40
E	20 - 39	67,00	40,00	673,0 0	220,0 0	3,06	5,26	4,54	-0,72	0,72	2,21	0,07	0,39	0,04	0,01	0,44	1,16	3,12	14,16	16,43	62,34	2,24	2,33	4,01
EB	39 - 67	99,00	371,00	170,0 0	360,0 0	0,47	5,51	4,56	-0,95	0,90	2,48	0,07	0,59	0,04	0,01	0,64	1,54	2,56	7,10	20,57	58,40	0,93	2,42	4,17
Bt1	67 - 104	115,0 0	454,00	91,00	340,0 0	0,27	5,57	4,51	-1,06	0,80	2,10	0,00	0,40	0,04	0,01	0,46	1,26	2,12	6,23	17,89	63,62	2,55	0,53	0,92
Bt2	104 - 139	107,0 0	593,00	20,00	280,0 0	0,07	5,92	4,12	-1,80	0,52	1,69	0,00	0,36	0,06	0,01	0,43	0,95	2,10	7,51	20,32	54,72	3,36	0,77	1,33
Bt3	139+	82,00	612,00	6,00	300,0 0	0,02	6,01	4,23	-1,78	0,45	1,65	0,00	0,37	0,07	0,01	0,45	0,90	5,08	16,93	21,58	49,77	2,77	0,03	0,05
Perfil 03 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico, argilosa, A húmico, plano (05°29'51.0''S;43°21'18.7''W)																								
AP	0 - 40	214,0 0	319,0 0	87,00	380,00	0,23	4,84	4,08	-0,76	1,82	9,68	0,10	0,28	0,04	0,01	0,33	2,15	3,90	10,25	3,33	84,52	2,54	17,4 8	30,15
AB	40 - 65	121,0 0	314,0 0	85,00	480,00	0,18	5,04	5,13	0,09	1,12	3,83	0,00	0,06	0,00	0,01	0,07	1,19	10,01	20,86	1,83	94,00	15,90	4,51	7,78
BA	65 - 90	167,0 0	295,0 0	198,0 0	340,00	0,58	4,26	4,07	-0,19	2,03	9,83	0,03	0,17	0,01	0,01	0,19	2,22	9,35	27,51	1,88	91,51	4,87	13,3 4	23,01
BW1	90 - 129	176,0 0	289,0 0	55,00	480,00	0,11	5,02	4,10	-0,92	1,87	9,30	0,00	0,04	0,00	0,01	0,05	1,92	6,35	13,23	0,57	97,22	17,84	14,5 9	25,17
BW2	129+	162,0 0	299,0 0	99,00	440,00	0,23	5,22	4,09	-1,13	1,46	6,34	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	1,47	4,54	10,32	0,21	99,09	46,32	6,60	11,39

Perfil 04 - PLINTOSSOLO PÉTRICO concrecionário húmico, siltosa, A húmico, relevo suave ondulado (4°44'28.67''S 43°37'58.26''W)																								
A	0-24	34,00	564,0 0	222,0 0	180,0 0	1,23	5,69	5,02	-0,67	0,00	4,24	3,94	6,17	0,52	0,03	6,73	1,26	5,99	33,28	13,94	52,58	0,45	24,1 7	41,69
BA	24-40	53,00	558,0 0	209,0 0	180,0 0	1,16	6,45	4,82	-1,63	0,05	3,53	1,40	2,27	0,26	0,03	2,56	2,11	5,81	32,28	29,30	16,62	1,24	44,7 4	77,17
Bf	40-74	57,00	344,0 0	199,0 0	400,0 0	0,50	6,50	4,78	-1,72	0,05	2,06	0,92	1,82	0,23	0,03	2,08	3,59	3,50	8,75	61,89	2,35	1,28	4,24	7,31
C	74+	35,00	387,0 0	158,0 0	420,0 0	0,38	6,51	5,00	-1,51	0,05	1,46	1,31	2,20	0,37	0,05	2,62	1,37	3,66	8,71	33,48	14,60	1,02	10,3 4	17,83
Perfil 05- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico, arenosa, A moderado, plano (05°29'57.6''S;43°04'00.1''W)																								
A	0-18	240,0 0	514,0 0	86,00	160,0 0	0,54	4,92	4,04	-0,88	0,81	5,51	0,00	0,24	0,02	0,02	0,28	1,09	4,05	25,28	4,84	74,28	7,93	9,61	16,59
AB	18-37	314,0 0	315,0 0	171,0 0	200,0 0	0,86	4,35	4,25	-0,10	0,61	3,86	0,00	0,16	0,01	0,01	0,18	0,79	2,92	14,58	4,53	76,91	9,98	5,43	9,36
BA	37-54	242,0 0	383,0 0	195,0 0	180,0 0	1,08	5,65	4,39	-1,26	0,53	2,85	0,00	0,05	0,00	0,01	0,07	0,60	2,65	14,75	2,28	88,85	17,92	6,92	11,94
Bw1	54-94	222,0 0	355,0 0	183,0 0	240,0 0	0,76	5,71	4,44	-1,27	0,57	2,55	0,03	0,09	0,00	0,01	0,10	0,67	2,24	9,33	3,95	84,45	9,96	14,1 2	24,36
Bw2	94-142	220,0 0	335,0 0	185,0 0	260,0 0	0,71	5,91	4,44	-1,47	0,43	2,14	0,00	0,09	0,00	0,01	0,10	0,53	1,52	5,86	4,58	80,72	9,40	18,2 2	31,43
Bw3	142+	161,0 0	524,0 0	95,00	220,0 0	0,43	6,01	4,57	-1,44	0,37	1,46	0,00	0,05	0,00	0,01	0,06	0,43	5,47	24,86	4,07	85,63	13,45	20,0 0	34,49
Perfil 06 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico Fragmentário, média-siltosa, A moderada, suave ondulado (05°36'00.4''S;43°05'29.6''W)																								
A	0-14	68,00	538,0 0	214,0 0	180,0 0	1,19	5,40	4,04	-1,36	1,04	4,13	0,59	1,18	0,14	0,02	1,34	2,38	6,27	34,81	24,57	43,63	0,71	8,63	14,88
CA	14-34	72,00	313,0 0	235,0 0	380,0 0	0,62	5,38	4,00	-1,38	3,26	5,40	0,03	0,63	0,21	0,02	0,87	4,13	7,52	19,79	13,83	79,00	2,08	8,87	15,31
Cr1	34-60	79,00	281,0 0	240,0 0	400,0 0	0,60	5,80	3,98	-1,82	3,15	6,15	0,00	1,11	0,22	0,03	1,37	4,52	6,09	15,24	18,22	69,69	1,60	19,2 4	33,19
Cr2	60-80	80,00	319,0 0	201,0 0	400,0 0	0,50	6,07	4,04	-2,03	2,26	4,05	0,00	1,56	0,43	0,05	2,04	4,30	23,47	58,67	33,55	52,50	1,67	19,5 3	33,68
Perfil 07- LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico, argilosa, A húmico, plano (05°37'47.8''S; 43°31'00.9''W)																								
A	0-34	115,0 0	474,0 0	51,00	360,0 0	0,14	4,72	4,24	-0,48	1,83	9,45	0,00	0,07	0,01	0,01	0,09	1,92	9,61	26,69	0,97	95,18	11,44	27,1 1	46,77
AB	34-62	176,0 0	428,0 0	16,00	380,0 0	0,04	5,03	4,23	-0,80	1,66	9,53	0,00	0,07	0,00	0,01	0,08	1,74	8,42	22,15	0,88	95,18	12,45	19,1 4	33,01
BA	62-92	112,0 0	448,0 0	40,00	400,0 0	0,10	5,19	4,27	-0,92	1,69	8,36	0,00	0,04	0,00	0,01	0,05	1,74	5,69	14,23	0,64	96,91	15,59	11,3 3	19,55
Bw1	92-128	152,0 0	366,0 0	22,00	460,0 0	0,05	6,15	4,31	-1,84	1,36	5,66	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	1,39	4,98	10,83	0,52	97,89	27,18	6,41	11,06

Bw2	128+	149,0 0	372,0 0	19,00	460,0 0	0,04	5,14	4,18	-0,96	1,24	4,95	0,03	0,02	0,00	0,01	0,03	1,27	4,98	10,82	0,61	97,61	18,76	4,95	8,53
Perfil 08 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, arenosa, A moderado, suave ondulado																								
A	0-26	331,0 0	373,0 0	176,0 0	120,0 0	1,47	5,16	4,20	-0,96	0,36	2,70	0,00	0,03	0,01	0,01	0,05	0,41	1,78	14,85	1,96	86,97	53,83	2,78	4,79
BA	26-54	311,0 0	510,0 0	39,00	140,0 0	0,28	6,03	4,61	-1,42	0,27	1,69	0,00	0,07	0,00	0,02	0,09	0,36	1,32	9,46	5,29	74,13	12,55	1,77	3,06
Bw1	54-80	334,0 0	329,0 0	177,0 0	160,0 0	1,11	6,30	4,73	-1,57	0,24	1,24	0,00	0,07	0,00	0,01	0,09	0,33	1,30	8,16	6,57	73,40	18,20	3,35	5,77
Bw2	80-125	442,0 0	325,0 0	93,00	140,0 0	0,66	6,24	4,59	-1,65	0,23	1,24	0,00	0,05	0,00	0,02	0,07	0,30	1,16	8,28	5,16	77,36	17,74	0,67	1,15
Bw3	125+	296,0 0	525,0 0	19,00	160,0 0	0,12	6,36	4,62	-1,74	0,23	1,13	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	0,26	3,46	21,60	2,97	86,99	31,03	0,87	1,51
Perfil 09 - ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico, média argilosa, A moderado, suave ondulado (04°58'54.1''S;43°41'41.5''W)																								
A	0-23	174,0 0	385,0 0	241,0 0	200,0 0	1,21	5,30	4,19	-1,11	0,89	4,16	0,28	0,84	0,08	0,02	0,94	1,83	4,56	22,79	18,45	48,59	2,16	6,53	11,26
AB	23-45	112,0 0	450,0 0	218,0 0	220,0 0	0,99	5,80	4,11	-1,69	0,92	4,09	0,07	0,39	0,06	0,02	0,47	1,39	3,25	14,77	10,34	66,13	3,41	4,18	7,21
AE	45-65	175,0 0	415,0 0	210,0 0	200,0 0	1,05	5,74	4,13	-1,61	1,04	2,96	0,01	0,19	0,08	0,02	0,29	1,33	2,59	12,94	8,81	78,41	5,81	32,0 1	55,22
E	65-100	109,0 0	532,0 0	199,0 0	160,0 0	1,24	5,93	4,62	-1,31	0,83	2,29	0,01	0,19	0,08	0,03	0,30	1,13	2,35	14,72	11,61	73,42	5,55	1,77	3,05
BE	100-137	256,0 0	382,0 0	202,0 0	160,0 0	1,26	6,10	4,16	-1,94	1,01	2,06	0,01	0,21	0,06	0,02	0,29	1,30	5,82	36,34	12,41	77,56	9,63	0,97	1,68
BC	137+	214,0 0	318,0 0	268,0 0	200,0 0	1,34	6,12	4,10	-2,02	3,67	5,44	-0,09	0,21	0,10	0,07	0,38	4,05	6,93	34,65	6,49	90,67	4,96	0,93	1,61
Perfil 10 - PLINTOSSOLO PETRICO Concrecionário Húmico, argilosa, A húmico, suave ondulado (05°10'16.8''S;43°48'03.8''W)																								
A	0-60	347,0 0	406,0 0	47,00	200,0 0	0,24	5,96	4,87	-1,09	0,05	3,64	1,79	2,46	0,05	0,02	2,52	2,57	4,57	22,83	40,96	1,94	0,28	12,3 4	21,29
AB	60-85	255,0 0	389,0 0	76,00	280,0 0	0,27	5,97	4,51	-1,46	0,56	3,94	0,38	0,59	0,03	0,01	0,63	1,19	3,52	12,56	13,77	47,11	2,48	6,30	10,86
BA	85-110	292,0 0	326,0 0	62,00	320,0 0	0,19	6,00	4,54	-1,46	1,43	2,85	0,44	0,61	0,05	0,01	0,67	2,10	3,52	10,99	18,96	68,20	1,18	5,73	9,89
E	110-135	192,0 0	303,0 0	105,0 0	400,0 0	0,26	6,00	4,42	-1,58	0,47	2,78	0,43	0,55	0,18	0,01	0,74	1,21	2,86	7,16	21,10	38,77	1,32	4,15	7,15
Btf	135+	187,0 0	277,0 0	136,0 0	400,0 0	0,34	5,73	4,31	-1,42	0,59	2,29	0,21	0,49	0,08	0,01	0,58	1,17	8,38	20,94	20,15	50,55	2,03	3,49	6,02
Perfil 11 - CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico Fragmentário, média-arenosa, A Chernozêmico, plano (05°26'20.7''S;42°57'34.7''W)																								
Ap	0-27	215,0 0	320,0 0	205,0 0	260,0 0	0,79	7,36	5,36	-2,00	0,00	1,31	17,03	22,01	0,04	0,10	22,1 5	22,15	24,15	92,87	94,41	0,00	0,24	20,0 5	34,59
Bi	27-39	261,0 0	350,0 0	209,0 0	180,0 0	1,16	7,77	4,98	-2,79	0,00	1,01	15,76	22,96	0,02	0,15	23,1 3	23,13	21,76	120,88	95,81	0,00	0,45	5,43	9,36

BC	39 - 45	384,0 0	304,0 0	172,0 0	140,0 0	1,23	7,29	4,65	-2,64	0,00	0,83	14,20	20,75	0,02	0,17	20,9 3	20,93	18,13	129,53	96,21	0,00	0,72	5,86	10,11
Cr1	45 - 86	598,0 0	221,0 0	161,0 0	20,00	8,05	7,31	4,07	-3,24	0,07	1,13	12,33	16,85	0,01	0,15	17,0 1	17,08	18,88	943,87	93,80	0,41	0,98	17,5 5	30,27
Cr2	86 - 116	537,0 0	247,0 0	196,0 0	20,00	9,80	7,64	3,96	-3,68	0,00	0,75	12,42	17,98	0,01	0,14	18,1 3	18,13	8,36	418,24	96,03	0,00	0,83	15,5 6	26,84
Perfil 12 - ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico, argilosa, A proeminente, suave ondulado (05°23'45.6"S;42°55'44.4"W)																								
Ap	0 - 14	100,0 0	368,0 0	292,0 0	240,0 0	1,22	5,84	4,39	-1,45	0,25	4,20	2,93	3,88	0,25	0,04	4,16	4,41	6,61	27,56	49,79	5,66	3,28	19,0 3	32,83
E	14 - 35	93,00	399,0 0	248,0 0	260,0 0	0,95	5,64	4,18	-1,46	0,91	4,35	1,72	2,12	0,13	0,02	2,26	3,17	6,52	25,09	34,24	28,66	1,53	9,88	17,04
Bt	35 - 79	14,00	263,0 0	223,0 0	500,0 0	0,45	5,56	4,12	-1,44	2,66	4,99	0,62	1,39	0,12	0,02	1,54	4,20	5,57	11,13	23,54	63,41	1,25	6,55	11,29
BC	79+	25,00	281,00	274,00	420,00	0,65	5,72	3,62	-2,10	2,87	4,76	0,00	0,73	0,05	0,03	0,80	3,67	2,96	7,05	14,44	78,12	2,47	5,92	10,21