



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CCH  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**Ludimila Nathasha da Silva Jansen**

**POTENCIAL AGRÍCOLA E USOS DOS SOLOS NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS  
- MARANHÃO - BRASIL**

São Luís – MA  
2022

**LUDIMILA NATHASHA DA SILVA JANSEN**

**POTENCIAL AGRÍCOLA E USOS DOS SOLOS NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS  
- MARANHÃO - BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) com requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Ambiente e Análise Espacial. Tema: Usos e Conservação dos solos e da água.

Orientador: Prof. Dr. Marcelino Silva Farias Filho

São Luís – MA  
2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Jansen, Ludimila Nathasha da Silva.  
POTENCIAL AGRÍCOLA E USOS DOS SOLOS NA MICRORREGIÃO DE  
CAXIAS - MARANHÃO - BRASIL / Ludimila Nathasha da Silva  
Jansen. - 2022.  
120 p.

Orientador(a): Marcelino Silva Farias Filho.  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,  
2022.

1. Cerrado. 2. Google Earth Engine. 3. Potencial  
Agrícola. 4. Solos de Caxias. 5. Uso do solo. I. Farias  
Filho, Marcelino Silva. II. Título.

**LUDIMILA NATHASHA DA SILVA JANSEN**

**POTENCIAL AGRÍCOLA E USOS DOS SOLOS NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS  
- MARANHÃO - BRASIL**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcelino Silva Farias Filho Orientador – Presidente da Banca  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Milton Cesar Costa Campos (Examinador Externo)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Profa. Dra. Taíssa Caroline Silva Rodrigues (Examinadora Externa)  
Universidade Federal do Maranhão

São Luís – MA

2022



## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais José Alberto Jansen e Francineide Rodrigues, e a Goreth Jansen (in memoriam).*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e aos Ancestrais pela firmeza dos meus passos;

Aos meus pais, meu irmão Luã Jansen, familiares e amigos por todo apoio em mais um desafio;

A Andressa Siqueira por todo incentivo e parceira nessa jornada;

Ao Prof. Marcelino Farias, pela orientação e amizade. Sempre somando na minha vida acadêmica;

Aos meus queridos amigos Lenilson Santiago, Fabrício Sousa e Paulo Pereira e Nívea Karina por me ajudarem na realização desse projeto;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMA, pelo apoio e conhecimento construído durante as experiências vivenciadas ao longo das disciplinas;

Aos discentes do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMA, por todos os momentos compartilhados e superados durante o período acadêmico, em especial a Juliana Sales, Richard Jardim e Deysiele Oliveira.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

## RESUMO

O uso adequado do solo possibilita o desenvolvimento de sistemas produtivos mais estáveis e harmônicos e evita ou minimiza as chances de ocorrer grandes impactos ambientais negativos. Para que se alcance o melhor uso do solo é necessário conhecer seus atributos, potencialidades e limitações com vistas à definição das atividades apropriadas para cada particularidade. A microrregião de Caxias, localizada ao Leste do estado do Maranhão, apresenta significativa variabilidade de solos, com fertilidade e capacidades de usos diversas, e possui áreas com expressivas atividades de silvicultura e agropecuárias. Neste sentido, este trabalho analisou o potencial agrícola da microrregião e seus usos, a partir dos dados sobre solos descritos no Zoneamento Econômico do Maranhão – ZEE, totalizando 18 perfis na área de estudo, visando indicar os tipos de manejos mais adequados para cada uma das condições ambientais ali presentes. Para isto, utilizou-se a metodologia de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras - SAAT, baseada nos níveis de manejos para diferentes usos, que é definida por fatores limitantes: deficiência de oxigênio, deficiência de fertilidade, deficiência de água, suscetibilidade e impedimentos à mecanização, com adição de parâmetros (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio, fixação de fósforo) propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004) e para o mapeamento de uso e cobertura da terra foi utilizado como auxílio o modelo de aprendizagem de máquina *Random Forest*, na plataforma *Google Earth Engine* e posteriormente o processamento, cruzamento e análise dos fenômenos que ocorreram na área de estudo com uso *software* QGIS. Como resultados, verificou-se 47% dos solos da microrregião de Caxias são mais indicados para pastagem natural no nível de manejo A, com a possibilidade aptidão Boa para lavouras no nível de manejo C, seguido de aptidão Boa para pastagem regular. Com base nos resultados alcançados a partir da classificação de uso e cobertura no *Google Engine*, 42% dos solos na área de estudo estão destinadas para pastagem, com o crescimento da Silvicultura. As áreas de conflitos demonstraram que em média 40% das atividades desenvolvidas na microrregião estão adequadas à sua aptidão agrícola, 37% das áreas são subutilizadas e 22% apresentam sobreutilização dos solos quanto à aptidão agrícola. O *Random Forest* mostrou-se eficaz para atividade de mapeamento do uso e cobertura, obtendo uma boa precisão (96%) com uma classificação satisfatória, conforme os resultados do Índice Kappa. As dinâmicas entre uso e cobertura e aptidão agrícola dos solos presentes na área de estudo apontam a necessidade e atenção quanto ao manejo para conservação desses sistemas.

**Palavras-chave:** Potencial agrícola. Uso do solo. Google Earth Engine. Solos de Caxias, Cerrado.

## ABSTRACT

The adequate use of the soil enables the development of more stable and harmonious productive systems and avoids or minimizes the chances of major negative environmental impacts. In order to achieve the best use of the soil it is necessary to know its attributes, potentials and limitations in order to define the appropriate activities for each particularity. The microregion of Caxias, located in the east of the state of Maranhão, has soils with significant variability, with different fertility and use capacity and has areas with significant forestry and agricultural activities. In this sense, this research analyzed the agricultural potential of the micro-region and its uses, based on the soil data described in the Economic Zoning of Maranhão - ZEE, totaling 18 profiles in the study area, aiming to indicate the most appropriate types of management for each of the environmental conditions present there. For this, we used the SAAT methodology, based on management levels for different uses, which is defined by limiting factors: oxygen deficiency, fertility deficiency, water deficiency, susceptibility and impediments to mechanization, with the addition of parameters (Nutrient availability, Aluminum toxicity, Phosphorus fixation) proposed by Pereira and Lombardi Neto (2004) and for the mapping of land use and land cover the Random Forest machine learning model was used as an aid, on the Google Earth Engine platform and later the processing, crossing and analysis of the phenomena that happened in the study area with the use of QGIS *software*. As results, it was found that 47% of the soils in the micro-region of Caxias are more suitable for natural pasture at management level A, with the possibility of good aptitude for plantations at management level C, followed by good aptitude for regular pasture. Based on the results achieved from the *Google Engine* land use and cover classification, 42% of the soils in the study area are zoned for pasture, with growing forestry. The areas of conflicts showed that on average 40% of the activities developed in the micro-region are suitable for agricultural aptitude, 37% of the areas are under-utilized and 22% present over-utilization of the soils regarding agricultural aptitude. The Random Forest proved to be effective for the activity of mapping the use and cover, achieving a good precision (96%) with a satisfactory classification, according to the results of the Kappa Index. The dynamics between use and cover and agricultural suitability of the soils present in the study area indicates the requirement and attention to the management for the conservation of these systems.

**Keywords:** Agricultural potential, Land use, Google Earth Engine, Soils of Caxias - MA.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Food and Agriculture Organization

FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão

GEE – Google Earth Engine

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PVA – Argissolo Vermelho-Amarelo

PAC – Argissolo Acinzentado

LAd – Latossolo Amarelo

LVd – Latossolo Vermelho

RYve – Neossolo Flúvico

RLd – Neossolo Litólico

Rqo – Neossolo Quartzarênico

FTd – Plintossolo Argilúvico

FXd – Plintossolo Háptico

PACd – Argissolo Acinzentado Distrófico Plintossólico

RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico espesso húmico

PVa – Argissolo Vermelho Alumínico Nitossólico

LAda – Latossolo Amarelo Distrófico espesso-húmico

PVd – Argilossolo Vermelho Distrófico Latossólico

FFc – Plintossolo Pétrico Concrecionário Húmico

PVd – Argissolo Vermelho Distrófico latossólico

RLd – Neossolo Litólico Distrófico fragmentário

MDi – Chernossolo Rêndzico Lítico fragmentário

PVd – Argissolo Vermelho Distrófico abruptico

SAAT – Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

SAGRIMA – Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.....	24
<b>Figura 02:</b> Localização da área de estudo – Microrregião de Caixas.....	37
<b>Figura 03:</b> Litologia da Microrregião de Caixas. ....	38
<b>Figura 04:</b> Esquema da metodologia para aptidão agrícola da área de estudo. ....	40
<b>Figura 05:</b> Etapas para levantamento de uso e cobertura da terra a partir do GEE. ....	41
<b>Figura 06:</b> Exemplo de árvore de decisão do Random Forest.....	43
<b>Figura 07:</b> Classes Predominantes na Microrregião de Caixas. ....	45
<b>Figura 08:</b> Mapa de Aptidão dos Solos na Microrregião de Caixas.....	55
<b>Figura 09:</b> Representação Gráfica das áreas de aptidão dos solos na Microrregião de Caixas. .....	56
<b>Figura 10:</b> Classificação de uso e cobertura da Terra.....	59
<b>Figura 11:</b> Mapa de Conflito entre uso e aptidão dos solos na Microrregião de Caixas. ....	62

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Quantidade de amostras levantadas. ....	42
<b>Tabela 02:</b> Solos dominantes na Microrregião de Caixas. ....	45
<b>Tabela 03:</b> Perfis do projeto ZEE Cerrado – MA situados na Microrregião de Caixas. ....	46
<b>Tabela 04:</b> Matriz de Confusão .....	61
<b>Tabela 05:</b> Área das classes de uso e cobertura da terra no GEE. ....	60

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01:</b> Representação dos tipos de uso, níveis de manejo e classes de aptidão .....	25
<b>Quadro 02:</b> Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa. ....	44
<b>Quadro 03:</b> Avaliação da aptidão agrícola das terras correspondente aos perfis de solos da Microrregião de Caixas. ....	48



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 Atributos dos Solos e Suas Potencialidades Agrícolas .....	17
2.2 Capacidades de Uso da Terra e a Indicação de Potencialidades: uma abordagem metodológica .....	21
2.2.1 Sistema de avaliação da Aptidão Agrícola das Terras .....	22
2.3 Geotecnologias Aplicadas para Uso da Terra.....	26
2.5 Principais formas de usos dos solos no Brasil: características e implicações .....	27
2.6 Potencial agrícola dos solos: danos ambientais e prejuízos financeiros.....	30
2.7 Ocorrência de solos férteis no Maranhão e suas formas de uso .....	31
2.8 Pecuária extensiva, silvicultura e agricultura de baixo nível tecnológico sobre solos férteis no Maranhão: impactos ambientais e na economia .....	33
2.9 Abordagem Geossistêmica .....	35
<b>3. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	36
3.1. Caracterização da Área de Estudo .....	36
3.2 Levantamento dos pontos na Microrregião de Caxias.....	39
3.3 Aptidão Agrícola das Terras.....	39
3.4 Classificação de uso e cobertura no Google Earth Engine .....	40
3.4.1 Mosaico de imagens Sentinel 2 .....	41
3.4.2 Amostragem das Classes de Uso e Cobertura .....	42
3.4.3 Algoritmos de classificação.....	42
3.4.4 Avaliação da Classificação .....	43
3.4 Mapa de Conflito de Uso das Terras e Aptidão do Solo .....	44
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
4.1 Mapeamento dos Solos da Microrregião de Caxias .....	44
4.2 Aptidão Agrícola da Terra na Microrregião de Caxias .....	46
4.2.1 Mapa Aptidão Agrícola da Terra na Microrregião de Caxias .....	55
4.3 Uso e Cobertura da Terra da Microrregião de Caxias .....	59
4.3.1 Avaliação da Classificação.....	61
4.4 Mapa de Conflito de Uso das Terras e Aptidão do Solo .....	61
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	66

ANEXO A – QUADRO-GUIA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS PARA REGIÃO DE CLIMA TROPICAL ÚMIDO.....	73
ANEXO B – DESCRIÇÃO GERAL DOS PERFIS DA MICROREGIÃO DE CAXIAS - ZONEAMENTO ECONÔMICO DO MARANHÃO – ETAPA BIOMA CERRADO ZEE - 2021 (IMESC, 2021) .....	74
ANEXO C – RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS – ZEE (2021) - ZONEAMENTO ECONÔMICO DO MARANHÃO – ETAPA BIOMA CERRADO ZEE - 2021 (IMESC, 2021) .....	112
APÊNDICE A – SCRIPT UTILIZADO PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DA MICRORREGIÃO DE CAXIAS .....	117

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um sistema que compõe a paisagem e nele que ocorrem diversas interações (físicas, químicas e biológicas) apresentando características morfológicas moldadas a partir do material de origem, organismos, tempo, condições climáticas e relevo, sendo um dos recursos naturais essenciais para a manutenção dos ecossistemas e necessário para a existência de vida (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2019). Por outro lado, os levantamentos, caracterização, interpretação de solos e da sua distribuição na paisagem são essenciais para compreensão do manejo adequado conforme cada particularidade ambiental e de uso.

Ao decorrer do tempo, observou-se que a degradação dos solos ocorre em decorrência das atividades de uso em discordância com as potencialidades da terra, a partir de atividades como industrialização, urbanização e manejo inadequado pela agricultura e pecuária, principalmente a partir da intensificação dessas diferentes formas de uso. Neste sentido, percebe-se o crescimento agropecuário nacional exigindo cada vez mais uso de técnicas que minimizem os impactos ocasionados pelas grandes demandas de consumo. Quanto ao uso do solo para agricultura, é importante a sistematização de classificação que verse entre seus atributos e suas potencialidades para que se possa alcançar o seu melhor manejo.

As classificações do solo podem ser divididas em duas categorias distintas: classificação técnica (ou interpretativa) e taxonômica. Na primeira, exemplificada nos sistemas como o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras - SAAT, os solos são agrupados a partir das características de interesse prático e possibilita o zoneamento dos solos com base na sua finalidade de uso (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). Na classificação taxonômica os solos são agrupados em categorias hierarquizadas a partir das características e atributos em comum. A intersecção entre esses sistemas de classificação taxonômicos e classificação técnica preconiza a capacidade de uso e sustentabilidade da terra, o que possibilita a identificação do potencial produtivo do solo e seus diferentes tipos de manejo, bem como viabilidade de melhoria da qualidade das terras, planejamentos agrícolas, econômicos e socioambientais.

Atrelado aos estudos de solos, o uso de geotecnologias é uma grande ferramenta para auxílio e espacialização dos estudos quanto às classificações exemplificadas, assim como para monitoramento de diversas atividades agrícolas. A utilização das geotecnologias tem sido crescente em diversas realidades do mundo, pois permite apoio ao levantamento, caracterização e espacialização de determinados fenômenos. Novas tecnologias de informação têm subsidiado pesquisas com bons níveis de precisão em tempos mais curtos. Uma das ferramentas que

auxiliam nessa perspectiva é o *Google Earth Engine* (GEE), sendo uma plataforma que permite processamentos computacionais de dados geoespaciais em modo de armazenamento em nuvem, o que possibilita trabalhos em grande escala a partir de um catálogo de vários *petabytes* de dados gratuitos, como imagens de satélites, dados climáticos, de precipitação, entre outros (GORELICK et al., 2017). Além disso, o QGIS também é uma das ferramentas para levantamentos de informações concernentes ao espaço geográfico e tem se configurado como uma grande ferramenta para estudos em diversas esferas, por ser um *software* gratuito resultante de um projeto da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), com interface gráfica simples, de código aberto licenciado com a Licença Pública Geral GNU.

Nos estudos de solos, o Geoprocessamento, juntamente com o Sensoriamento Remoto se configuram como grandes ferramentas de apoio para mapeamentos, classificação, subsidiando atividades de gestão territorial, planejamento agrícola e socioambiental. Neste contexto, o geoprocessamento, atrelado aos métodos de classificação e sistematização de uso e aptidão do solo, permite a análise e obtenção de uma grande quantidade de informações sobre determinada paisagem, em escalas multitemporais, com baixo custo e maior precisão desses estudos integrados (GUEDES et al., 2018).

A microrregião de Caxias, localizada no leste do estado do Maranhão, concentra suas atividades econômicas, relacionadas ao uso da terra, na agropecuária e exploração vegetal, proporcionando em média 2% da produção estadual (IBGE, 2017). A área apresenta grande variabilidade de solos, incluindo aqueles com elevada fertilidade. Entretanto, quando subutilizados, podem sofrer impactos nos âmbitos socioambiental e econômico. Assim, com os avanços das fronteiras agrícolas no estado do Maranhão, em especial na área de estudo, entre outros tipos de usos da terra, notam-se diversas transformações no ambiente, tais como perda da biodiversidade, comprometimento dos hídricos, empobrecimento dos solos e serviços ecossistêmicos.

Apesar dessas observações quanto a área estudada, há carência de levantamento dos atributos dos solos, sua ocorrência na paisagem e o emprego de sistemas de classificação técnica que possibilitem a melhor interpretação sobre o seu potencial produtivo, suas múltiplas formas de uso para diagnosticar problemas e propor soluções na relação homem-natureza, viabilizando alternativas de exploração sustentável dos recursos naturais a partir da adaptação das diferentes maneiras de utilização dos solos (SUZUKI, 2021). Nesta perspectiva, os estudos sobre potencialidades e uso do solo são fundamentais para a área de estudo, em razão de que boas práticas de manejo resultam na redução do revolvimento do solo, se configurando como uma

alternativa para minimizar os efeitos negativos ao solo. Nesse contexto, este estudo visa como objetivo principal identificar os solos presentes na área de estudo e classificar os potenciais agrícolas desses solos, a partir do Sistema de Aptidão Agrícola da Terra, metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1995) com a adição de alguns critérios para os atributos considerados nesta análise (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e fixação de fósforo, pedregosidade e rochosidade) propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004).

A escolha do sistema em questão deu-se pela legitimidade da metodologia, sendo uma das mais utilizadas no Brasil, bem como a aplicabilidade na área de estudo por atender a diversos níveis de manejos também observados no estado do Maranhão. Outro fator para a escolha do método, é a possibilidade de incremento de outros métodos, visto que, embora se haja uma hierarquização e sistematização da avaliação de aptidão, permite-se a subjetividade de avaliação conforme a realidade da área.

Como objetivos específicos, este trabalho propõe i) mapear os solos de alto potencial produtivo dos solos da microrregião de Caxias; ii) caracterizar as atividades e manejo dos solos da região; iii) realizar o zoneamento das áreas de potencial agrícola, os usos e cultivos em discordância com a capacidade, propondo alternativas para a adequação do uso conforme a particularidade de cada área estudada.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Atributos dos Solos e Suas Potencialidades Agrícolas**

Desde os primórdios da civilização, o homem tem buscado conhecimentos e adaptação desses conhecimentos sobre o uso do solo com a observação de áreas de fertilidade e como utilizar para cultivos da época. Assim, houve a evolução do contexto científico vigente e, conseqüentemente, o alcance de conhecimentos mais completos à medida que novas relações homem-terra são evidenciadas. Tais conhecimentos têm revelado estudos mais precisos sobre os atributos dos solos e metodologias diversas destinadas para uso, aptidão e potencialidades (SUZUKI, 2021).

O processo de formação do solo ocorre de forma lenta, enquanto sua degradação ocorre em ritmos acelerados devido à intensificação do seu uso em virtude das demandas da população a nível mundial (ARAÚJO COSTA et al., 2019). As pressões ocorridas têm produzido degradação em diferentes níveis, ocasionando a necessidade de recuperação desses espaços

mediante implantação de boas práticas para seu manejo de modo a conservar espaços naturais, com intuito de garantir recursos e meios inerentes a esta e gerações futuras. Neste sentido, se evidencia a necessidade de levantamentos pedológicos para acesso a informações quanto à natureza do solo, seus atributos físicos, químicos, biológicos, mineralógicos, bem como sua distribuição geográfica e extensão territorial, visto que o conhecimento desses atributos é essencial para a avaliação dos níveis de degradação, o alcance de soluções para os problemas e, sobretudo, sobre a aptidão dos solos para diagnosticar práticas de manejo adequadas, orientação da irrigação, drenagem, preparo, conservação do solo e desenvolvimento de culturas (SUZUKI, 2021). Assim, é importante analisar os indicadores da qualidade (físicos e químicos) dos solos, sendo estes atributos mensuráveis, apresentados de maneira quantitativa e qualitativa (MAES, 2016; OLIVEIRA SILVA, 2020).

Os indicadores físicos necessários para análise da qualidade dos solos são expressos pela textura, matéria orgânica, densidade dos solos e densidade de partícula, agregação das partículas, condutividade hidráulica, taxa de infiltração de água e porosidade. De acordo com Oliveira et al. (2017) os atributos intrínsecos dos solos, como a textura, inerente a litologia, e estrutura, estão diretamente ligados por cooperam para o equilíbrio da capacidade de armazenamento de água, além da sua circulação no solo, estando diretamente ligados a outros indicadores como condutividade hidráulica, densidade, etc. A textura do solo é de difícil alteração nos tratos agrícolas, sendo um indicador não passíveis modificações em virtude do manejo ou atividades agrícolas adotadas no solo.

A densidade do solo é um indicativo importante para avaliação da qualidade dos solos, pois permite mensurar a massa de uma unidade de volume de solo incluindo seu espaço poroso, ou seja, calcular a porosidade do solo. Outro parâmetro é a densidade de partículas que é a relação entre a massa e volume de uma amostra de solos ocupados por esta fração sólida (OLIVEIRA et al., 2017; GUARÇONI, 2019).

A estrutura do solo se configura como um importante indicador físico, pois ela consiste na disposição das partículas sólidas do solo e poros a ela agregados, formando agregados com variações quanto à sua dimensão e formas (OLIVEIRA et al., 2017) e que são essenciais para definição de formas e intensidade de manejo.

A condutividade hidráulica, por exemplo, é um atributo físico de um meio poroso que determina, de modo quantitativo, o movimento da água através deste meio. (OLIVEIRA et al., 2017). A taxa de Infiltração de Água, que é a nomenclatura direcionada para o processo em que a água atravessa a superfície do solo, enquanto a porosidade, influencia diretamente na

infiltração da água nas camadas do solo e trabalha ligado com a textura e com as estruturas do solo, apresentando grande influência sobre a drenagem, a retenção do perfil e a aeração (OLIVEIRA SILVA, 2020).

Atrelado a estes atributos físicos supracitados, destaca-se a resistência à penetração que é a compactação do solo. Esse atributo possibilita identificar as camadas compactadas, bem como mudanças nas propriedades físicas do solo ao longo dos diferentes horizontes.

Quanto aos atributos químicos que são indicadores de qualidade do solo, destacam-se: o pH, sendo um dos parâmetros mais utilizados nos estudos de solos, pois grande parte dos solos brasileiros apresentam problemas quanto sua acidez ou alcalinidade que levam a solos com elevada presença de alumínio e manganês, bem como alta fixação de fósforo nos colóides do solo e deficiência de determinados micronutrientes (OLIVEIRA SILVA, 2020). O fenômeno de alcalinidade ocorre comumente em regiões áridas e semiáridas associadas às baixas precipitações, onde ocorre uma concentração de sais, principalmente magnésio, cálcio e carbonato de sódio (GUARÇONI, 2019).

De acordo com De Oliveira (2020), solos que apresentam pH entre 5,8 e 7,5 tendem a não apresentar problemas quanto ao crescimento vegetal, enquanto solos com valores abaixo de 5,0 podem apresentar deficiência desses elementos.

A capacidade de troca de cátions (CTC) indica a quantidade de cátions cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), potássio ( $K^+$ ), sódio ( $Na$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ) e hidrogênio ( $H^+$ ) que pode ser absorvido por um material. Em síntese, a CTC é uma característica físico-química essencial ao manejo apropriado da fertilidade do solo, dado que está relacionado não somente às trocas de cátions, mas retenção da água (GUARÇONI, 2019). Logo, quanto maiores os valores de CTC, maior o teor de cátions que podem ser retidos. Porém, baixos valores de CTC indicam que este solo tem pequena capacidade para reter cátions sem forma trocável, sendo indicadas a calagem e a adubação de forma parcelada para evitar maiores perdas por lixiviação (OLIVEIRA SILVA, 2020).

Segundo Guaçoni (2019), outro indicador de fertilidade avaliado é a saturação por base (V%), que apresenta os principais elementos presentes no solo, como elementos essenciais (Ca, Mg e K) para o crescimento e desenvolvimento vegetal, excluindo-se o Al que é tóxico. Quando a saturação por base do solo apresenta valores baixos, ocorre maior absorção de elementos tóxicos, exemplo  $Al^{3+}$  e  $H^+$  e quando V% é alto, os referidos íons ocupam menor proporção do complexo sortivo, não oferecendo níveis significativos de toxidez às plantas. Esses parâmetros estão diretamente ligados ao rendimento e produtividade das culturas, pois

possibilita a escolha do manejo adequado e correções necessários no solo através de calagens, adubações, entre outros (CAVALCANTE et al., 2011).

A Matéria orgânica é definida como todo material orgânico de origem biológica que interagem no solo, ou seja, refere-se aos componentes que contém Carbono orgânico em sua composição, provenientes da fotossíntese por organismos autotróficos, a partir da conversão de energia luminosa ( $6\text{CO} + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energia}$ ) em energia química ( $\text{CHO} + 6\text{O}$ ). As alterações que ocorrem a partir das interações da MOS impactam na fertilidade do solo, visto que os teores de matéria orgânica estão atrelados a melhorias das condições hídricas e físicas dos solos, devido à influência na aeração e circulação de água neste sistema (OLIVEIRA et al., 2017).

A análise desses indicadores físicos e químicos exemplificados permite que o manejo seja avaliado e práticas conservacionistas sejam adotadas mediante os resultados encontrados (ARAÚJO et al., 2019). Compreender os atributos dos solos é fundamental para a escolha do sistema de preparo mais adequado para o desenvolvimento das culturas (CAVALCANTE et al., 2011). Ao se conhecer os tipos de solos presentes na paisagem é possível identificar a homogeneidade ou heterogeneidade dessas áreas no que tange ao seu potencial de uso, sua capacidade de produção e as vulnerabilidades à degradação. Neste contexto, permite uma classificação mais pormenorizada, o zoneamento dessas áreas e aplicação dos diferentes sistemas de manejo para cada realidade. Por conseguinte, pode-se obter um planejamento de uso e gestão sustentável dos recursos naturais.

Os fluxos de amplitude do uso da terra temporalmente podem configurar expressivos impactos na estrutura e processos ecossistêmicos e, conseqüentemente, desencadear uma série de problemas ambientais (HASAN et al., 2019). Outro fator atrelado a essas intensidades de uso são as mudanças na forma de manejo da terra, assim como na maneira como os produtos agrícolas são coproduzidos com diversos estágios de desenvolvimento, variando entre países e regiões (PAVANELLI, 2020). Nesta perspectiva, para o uso adequado e racional dos recursos naturais tem-se a necessidade de conhecimento dos seus potenciais e limitações para que se alcance uma compatibilidade quanto aos diversos usos e sua conservação.

Quando o solo é submetido a práticas incorretas, seja por falta de insumos ou conhecimentos dos seus atributos intrínsecos (atributos físicos, químicos e morfológicos), além de fatores condicionadores (clima, geologia, relevo, cobertura vegetal), podem resultar em processos limitantes que refletem na redução das suas potencialidades (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2019). Ou seja, interferem na capacidade produtiva dos solos, o que pode implicar em impactos socioeconômicos e ambientais.



## 2.2 Capacidades de Uso da Terra e a Indicação de Potencialidades: uma abordagem metodológica

De acordo com Espíndola (2018), os solos foram pesquisados por anos em ciências clássicas como Geologia, Agricultura, Química, Geografia e Ciências Naturais, sem uma sistematização que pudessem diferenciá-los como uma ciência específica.

Os levantamentos geológicos no final do século XIX, principalmente dos países desenvolvidos que já detinham conhecimentos de suas geologias, recursos naturais e clima, suscitaram determinadas considerações entre substratos, atributos dos solos e desenvolvimento de plantas. Nesse contexto, surge o termo Pedologia em busca de uma sistematização dos estudos de caracterização dos solos, a ponto de individualizá-los. O seu início foi marcado a partir do reconhecimento do solo como um corpo natural e elaboração dos trabalhos de Friedrich Albert Fallou ("Primeiros Princípios da Ciência do Solo", 1857) e consolidados pelo russo Dokuchaev ("O Chernozem Russo", Petersburg 1883), ao exprimir que as características de cada tipo de solos eram provenientes de ações conjuntas do clima e da biosfera, sobre um determinado material original, posição do relevo e ao longo do tempo, e posteriormente com a primeira classificação de solos desenvolvida em 1886. Outros trabalhos expressivos foram os de E. Ramann ("Ciência do Solo Florestal", Berlin 1893); E. W. Hilgard ("A Influência do Clima na Formação e Composição dos Solos", Heidelberg 1893), entre outros (ESPINDOLA, 2018).

Ainda no século XIX, diversos países externaram sua preocupação quanto ao uso do solo para as atividades agrícolas, sobretudo quanto à produtividade de suas terras. Neste período, pedólogos norte-americanos alertavam para os danos ocasionados por processos erosivos, uma das principais consequências do uso indiscriminado do solo e seus impactos ambientais (FRANÇA, et al., 2019).

Nesta conjuntura, surgiram os primeiros estudos sobre a classificação de terras voltadas às suas capacidades de utilização na agricultura com ênfase para a conservação dos solos. O primeiro sistema de classificação da capacidade de uso das terras foi desenvolvido no ano de 1930, nos Estados Unidos, pelo Serviço Nacional de Conservação do Solo (NRCS-USDA), voltado para uma condição socioeconômica comum em típicas fazendas familiares da parte central dos EUA (FRANÇA, et al., 2019). Assim, os trabalhos "Soil Conservation Survey Handbook" (Norton, 1939) e "Land-capability classification" (Klingebiel e Montgomery, 1961), passaram a nortear os levantamentos do meio físico e classificação das terras norte-americanas.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre uso da terra, baseados na visão conservacionista norte-americana, se deram na década de 1940 com a tradução do trabalho de Norton (1945) intitulado “Classificação de terras como auxílio às operações de conservação do solo” (Marques, 1955) que tinha o objetivo de ressaltar os impactos dos processos erosivos na degradação das terras e conseqüente queda da produtividade agrícola desses solos. Em 1947 ocorreu a “I Reunião Brasileira de Ciência do Solo”, realizada no Rio de Janeiro com apresentações de pesquisas nacionais na área de geologia e solos e foi estabelecida a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS.

Na perspectiva de abordar características socioeconômicas atreladas aos solos e estudos voltados para as capacidades de uso e conservação da terra, surgem trabalhos como o “Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra” (Marques, 1971); “Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso” Lepsch et al. (1983). Outros trabalhos expressivos surgiram voltados para práticas de conservação do solo, levando em consideração as variáveis socioeconômicas, bem como meio físico para o uso mais adequado. Assim, trabalhos como o Sistema de Avaliação da Capacidade de Uso das Terras Lepsch et al. (1983) e Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras de Ramalho Filho & Beek (1995) foram de grande relevância para o Brasil, constituindo como os mais utilizados até atualidade para determinar o potencial agrícola das terras.

### **2.2.1 Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras – SAAT teve estudos iniciais no Brasil por Bennema et al. (1964) na década de 1960. O sistema tinha como objetivo a classificação do potencial das terras para agricultura em ambientes tropicais com base nos resultados de levantamento pedológicos abrangendo todas as características do solo, bem como o clima, vegetação, entre outros (IBGE, 2015). Este método tornou-se uma alternativa de aplicação eficiente a partir de um processo interpretativo em que as terras são definidas de acordo com suas potencialidades e relacionadas com o tipo de uso e adequação do seu manejo e capacidade de sustentação, evitando processos de degradação do solo a partir do cultivo agrícola conforme as potencialidades deste solo (SILVEIRA et al., 2020).

Ocorreram aprimoramentos metodológicos, como os propostos por Ramalho Filho (1970), Beek (1975), Bertoni & Lombardi Neto (1985), Ramalho Filho & Beek (1995), entre

outros. A metodologia proposta por Ramalho Filho & Beek (1995) visa a avaliação da aptidão agrícola com uso sustentável das terras por planejamento no manejo, levando em consideração também os aspectos econômicos (custo-benefício). O sistema tem como proposta a criação de seis grupos de aptidão na tentativa de avaliar as condições agrícolas para as unidades de lavouras, pastagens plantadas, silvicultura e/ou pastagem natural e as demais áreas consideradas inaptas para as unidades supracitadas destinadas apenas à preservação da fauna e flora.

O SAAT é comumente utilizado em diversos trabalhos no Brasil com ênfase em trabalhos de zoneamentos, ou atividades específicas de avaliação do potencial agrícola de determinada região. A aplicação desse sistema pode ser observada em trabalhos como de Ribeiro et al. (2019) sobre aptidão e a capacidade de uso das terras da região do Vale do Paraíba Paulista. No Maranhão é possível exemplificar sua aplicação em trabalhos de Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão – Etapa Bioma Amazônico ZEE -2019 e etapa Bioma Cerrado ZEE- 2021 (IMESC, 2019), sendo instrumentos de orientação para a formulação de políticas públicas, bem como ordenamento territorial e meio ambiente em que foi definida a aptidão agrícola dos solos contemplando, assim, todo o território maranhense.

Segundo Ramalho Filho & Beek (1995), a estrutura de classificação do sistema é dividida em: níveis de Manejo, Grupos, Subgrupos, Classes de Aptidão Agrícola das Terras.

Os níveis de manejos podem ser divididos em níveis:

A – Baixo: sem aplicação de capital, uso principalmente braçal, onde o produtor não utiliza nenhum tipo de recurso, como adubo, ou correção do solo;

B – Médio: Aplicação de capital, mecanização somente no preparo do solo há necessidade de investimento para a produção, ou seja, com adubação e técnicas simples de correção, melhoramento do solo;

C – Alto: com a necessidade de aplicação de capital de modo intensivo, mecanização intensiva e/ou uso de sistemas tenrificados e técnicas sofisticadas para uso do solo, levando em consideração às condições dos agricultores quanto às práticas, com a finalidade de diagnosticar os diversos comportamentos das terras em diferentes níveis tecnológicos (capital, acesso à tecnologia, mecanização, entre outros).

Os Grupos de Aptidão Agrícola variam de 1 a 6 e representam a maneira de uso das terras conforme sua aptidão, classificado como: lavoura, pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural, finalizando com áreas destinadas à preservação da fauna e flora. Os grupos são uma forma de identificação da melhor maneira de uso, levando em consideração as características do solo e sua atual utilização, sendo: os Grupos 1, 2 e 3 – considerados para a

identificação para lavouras como tipo manejo favorável e também exercem a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo; os Grupos 4, 5 e 6 – que identificam os demais tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, respectivamente), independente da classe de aptidão (Figura 01).

Figura 01: Sistema de avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.

GRUPO DE APTIDÃO AGRÍCOLA		AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →					
		PRESERVAÇÃO DA FLORA E FAUNA	SILVICULTURA E/OU PASTAGEM NATURAL	PASTAGEM PLANTADA	LAVOURA		
					Aptidão Restrita	Aptidão Regular	Aptidão Boa
Diminuição das Alternativas de Uso ↓ Aumento da Intensidade da Limitação	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Fonte: Adaptado de RAMALHO FILHO & BEEK (1995).

As classes de aptidão permitem determinar classes de aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, através de estudos comparativos entre os graus de limitações encontrados nas terras, nos três níveis de manejos, no subgrupo de aptidão.

As classes são definidas em termos de graus, relacionadas aos fatores limitantes mais significativos, e expressam a aptidão das terras para uma determinada maneira de uso nos níveis de manejos alcançados no subgrupo de aptidão. Essas classes são definidas, segundo o boletim da FAO (1976), como:

- Classe Boa – referente a terras sem limitações expressivas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, analisando o nível de manejo. As restrições, quanto seu uso, são mínimas, não reduzem a produtividade e/ou os benefícios, bem como não aumentam os insumos acima de um nível aceitável;
- Classe Regular – referente a terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, analisando as condições do manejo

considerado. As restrições presentes reduzem a produtividade ou os benefícios, aumentando a necessidade de insumos para garantir as vantagens globais a serem obtidas com o uso;

- Classe Restrita – terras que apresentam fortes limitações quanto a produção sustentável de uma determinada utilização, analisando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente;

- Classe Inapta – referente a terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentável do tipo de utilização considerado. Trata-se de terras ou paisagens pertencentes nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.

As letras A, B ou C, que acompanham os algarismos indicativos aos três primeiros grupos – 1, 2 e 3, apontam a aptidão das terras para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo considerados. Cada um dos níveis de manejo pode ser representado em letra maiúscula, indicando aptidão Boa; em letra minúscula – correspondendo à aptidão regular; ou em letra minúscula e entre parênteses, correspondendo a aptidão restrita. Quanto aos grupos 4 e 5, referente aos demais tipos de utilização menos intensivos, a indicação da aptidão é feita de modo similar, sendo em maiúsculas, minúsculas e minúsculas entre parênteses, com o uso para representação das letras P (Pastagem), S (Silvicultura) e N (Pastagem Natural). O grupo 6 (seis) compreende exclusivamente terras destinadas à preservação da fauna e da flora, representada por um traço (-), conforme Quadro 01.

Quadro 01: Representação dos tipos de uso, níveis de manejo e classes de aptidão

Classe de aptidão agrícola	Tipo de utilização						
	Lavouras			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural	
	Nível de manejo			Nível de manejo	Nível de manejo B	Nível de manejo A	
	A	B	C				
Boa	A	B	C	P	S	N	
Regular	a	b	c	p	s	N	
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)	
Inapta	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Ramalho Filho e Beek (1995).

O sistema apresenta ainda quadros guias para as regiões climáticas subtropical, tropical-úmido e semiárido. Os quadros guias são estipulados considerando os cinco fatores limitantes: (1) deficiência de fertilidade; (2) deficiência de água; (3) excesso de água; (4) susceptibilidade à erosão; e (5) impedimentos para a mecanização. Estes fatores limitantes,

avaliados a partir dos atributos dos solos, vegetação característica, relevo e clima, apresentam graus de limitação, sendo estes: nulo (N), ligeiro (L), moderado (M), forte (F) e muito forte (MF).

### **2.3 Geotecnologias Aplicadas para Uso da Terra**

Os Sistemas de Informação Geográfica – SIG são a união de ferramentas de *softwares* para coleta, armazenamento, análise, processamento e visualização de informações geográficas que possibilitam informações e representações de objetos e fenômenos em determinados espaços geográficos (LONGLEY et al., 2015). O geoprocessamento, sendo um procedimento complementar do SIG, é um instrumento voltado para tratamentos de dados geográficos, representação cartográfica, produção de mapas aplicados em diversas esferas (Cartografia, Ambiental, Cadastral, Planejamento Rural, entre outros) e possibilita diferentes análises da paisagem e suas dinâmicas em um espaço temporal.

Longley et al. (2015) reforça que o geoprocessamento é uma ferramenta de auxílio para levantamentos e caracterização, espacialização de determinados fenômenos, sendo possível minimizar tempo, otimizar custos de campo e alcançar resultados eficazes. Assim, fornece subsídios para gestão territorial, planejamento agrícola e socioambiental e monitoramento de uso do solo, além de projeções e readequação desses usos.

Para o manejo dos solos, o geoprocessamento possibilita correlacionar um banco de dados, com as atividades desenvolvidas na propriedade com objetivo de potencializar a produtividade com menores impactos ambientais, pois, atrelado ao Sensoriamento Remoto, é possível obter maior controle quanto ao acompanhamento do manejo das culturas utilizadas. Neste sentido, a aplicação do geoprocessamento, relacionando-se com a capacidade de uso do solo, permite a definição de práticas conservacionistas dos solos, a partir da classificação das terras segundo suas potencialidades de uso, resultando em produtos cartográficos, como zoneamento das áreas de potência ou limitações (GUEDES et al., 2018).

O Sensoriamento Remoto (SR) se caracteriza pelo alcance de informações de um determinado objeto a partir uso de diversos sensores, equipamentos de transmissão para processamento de dados, como satélites, veículos aéreos não tripulados, etc. Tem a capacidade de obtenção de imagens da superfície terrestre a distâncias remotas a partir do registro e análise das interações entre a medição da radiação eletromagnética e os objetos que a compõem em suas mais variadas manifestações, com a finalidade de levantamentos e estudos de fenômenos

e processos que nela ocorrem. (GUEDES et al., 2018). A aplicação do SR em análises de usos e cobertura podem ser observados em estudos realizados por Barbosa et al., (2020) para terras no nordeste brasileiro, litoral semiárido.

Os *softwares* livres são importantes ferramentas de geoprocessamento para processamentos de dados e manipulação de imagens orbitais. Um dos produtos utilizados no Brasil, disponibilizado de maneira gratuita, é o *software* QGIS. Este programa que tem como proposta a facilidade de acesso e adequação de uso, visto que podem ser editados conforme as necessidades de cada usuário (LONGLEY et al., 2015).

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma baseada em nuvem que possibilita análises de dados ambientais, e apresenta um catálogo de imagens de satélites e dados geoespaciais em uma escala ampla. Esta ferramenta permite ao usuário a manipulação desses dados para diversos objetivos, como mapeamentos e quantificação das diferenças e determinadas interações sobre a superfície terrestre (GORELICK et al., 2017). Uma das principais vantagens do uso do GEE é a possibilidade de processar, interpretar, compartilhar dados geográficos, bem como oferecer recursos para múltiplos estudos nas esferas socioambientais, como desmatamentos, saúde, segurança alimentar, queimadas, monitoramento climático, desastres, entre outros, pela fácil aquisição do seu catálogo de dados para operações de geoprocessamento. Para isso, o *Google Engine* utiliza a linguagem de programação JavaScript (GORELICK et al., 2017).

O uso das geotecnologias supracitadas pode ser observado em estudos como os realizados por Pereira et al. (2020), em que foi aplicado geoprocessamento para mapeamento agrícola, monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra na microrregião de Chapadinha – MA, no bioma cerrado, bem como o trabalho de Pereira et al. (2021) em que foi realizada a análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias – Maranhão, um dos municípios que compõem a microrregião de Caixas, com uso do *software* QGIS, etapas de sensoriamento remoto com objetivo de identificar as atividades desenvolvidas na área e relacionar com riscos e impactos socioambientais, e Valladares (2012) na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural.

#### **2.4 Principais Formas de Usos dos Solos no Brasil:** características e implicações

O uso do solo pode ser compreendido como as interações e atividades desenvolvidas pelo homem em parcelas de solo no espaço geográfico (ESPINDOLA, 2017). No Brasil, desde

o século XIX, existiam áreas destinadas às populações rurais para o uso e cultivo de produtos para necessidades básicas. Com o avanço tecnológico e criação de sistemas que atendessem às necessidades da sociedade, a utilização da terra passou a apresentar características mais definidas atreladas ao crescimento de pesquisas e caracterização dos solos, bem como projetos de estudos de uso do solo.

O Brasil se configura como um país com grande diversidade de solos, dada a diversidade ambiental e os processos históricos e socioeconômicos que configuram a paisagem em diferentes regiões ao longo do tempo (ESPINDOLA, 2018). Neste contexto, os levantamentos da cobertura e uso da terra, definidas a partir de propostas nacionais e internacionais, se tornaram necessárias para compreensão das distribuições da tipologia de uso visando à classificação e espacialização dessas atividades (IBGE, 2020).

O mapeamento da cobertura e uso das terras do Brasil foi definido pelo IBGE no trabalho de Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra Do Brasil (2016 – 2018), a partir da compatibilização entre o Sistema de Classificação da Cobertura e Uso da Terra do IBGE-SCUT, as classes presentes no *Land Cover Functional Unit* – LCFU (JAFFRAIN, 2012) e as descrições presentes no *System of Environmental-Economic Accounting* (SEEA), organizado pela Comissão Europeia e pela *Food and Agriculture Organization* - FAO, as seguintes classes, numerada de 1 a 14, sendo essas: Área Artificial (1), Área Agrícola (2), Pastagem com Manejo (3), Mosaico de Ocupações em Área Florestal (4), Silvicultura (5), Vegetação Florestal (6), Área Úmida (9), Vegetação Campestre (10), Mosaico de Ocupações em Área Campestre (11), Corpo d'água Continental (12), Corpo d'água Costeiro (13) e Área Descoberta (14) (IBGE, 2020).

As atividades mais expressivas nas terras brasileiras são de pastagem (17%), agricultura (6,4%), integração lavoura pastagem (5,6%), silvicultura (0,7%), urbanização (0,5%) e mineração (<0,1%) (MAPBIOMA, 2019). Desde a década de 1980, os biomas brasileiros têm sido alvo de grandes perdas da sua cobertura vegetal, visto que foram suprimidos mais de 13% da cobertura vegetal natural (MAPBIOMA, 2019).

Segundo o IBGE (2020), os biomas brasileiros sofreram uma perda de aproximadamente 500 mil km<sup>2</sup> de sua cobertura natural entre 2000 e 2018. O bioma Amazônia foi o mais afetado com a substituição da vegetação florestal por áreas principalmente de pastagem com manejo, seguido do Cerrado, em função da expansão das áreas agrícolas e de silvicultura.



A pastagem é uma das formas de uso da terra mais expressiva no Brasil, que é o segundo maior país produtor e exportador de carne bovina do mundo (USDA, 2019). Essa classe de uso é caracterizada por atividades de pastoreio de gado bovino ou outros animais, com vegetação herbácea cultivada ou campestre, apresentando interferências antrópicas de elevada intensidade (IBGE, 2020). Estudos sobre pastagem realizados por Vanolli (2021) revelaram sobre o aumento dessas áreas e suas implicações na perda de biodiversidade de fauna e flora, sobretudo pela falta de manejo e de sistemas adequados para introdução de culturas compatíveis para cada tipo de solo. Outro fator preocupante é que grande parte dessas áreas de pastagens está degradada, com problemas relacionados à compactação do solo e redução dos teores de nutrientes como potássio, magnésio, carbono orgânico e fósforo (VALLE JUNIOR et al., 2019).

As áreas agrícolas são reconhecidas pela produção de lavouras temporárias, semi-perenes ou permanentes, irrigadas ou não, sendo destinadas para a produção de alimentos, biocombustíveis e outras matérias-primas (IBGE, 2020). Os avanços agrícolas se estenderam com um aumento de aproximadamente 33% no ano de 2017, enquanto houve uma redução de 10% da cobertura vegetal no Brasil (PAVANELLI, 2020).

De acordo com o IBGE (2020), entre 2000 e 2018, o Brasil teve um aumento de 45% de áreas destinadas à produção agrícola. Com destaque para as regiões do nordeste do Mato Grosso; Santarém e Paragominas (PA); Imperatriz (MA); o eixo entre os municípios de Campo Grande e Cassilândia (MS); e na região da Campanha Gaúcha (RS), aumento de 3% quando comparado aos levantamentos do ano de 2016. Esse crescente movimento das atividades agrícolas é apontado como um dos maiores desafios ambientais da atualidade. Contudo, uma das formas discutidas para minimizar os impactos ambientais são as definições e limitação de áreas para esta atividade. Porém, no Brasil, as ações são contrárias quanto à expansão agrícola no decorrer dos últimos anos observa-se o enfraquecimento da legislação ambiental, incentivos para agricultura, redução de orçamentos públicos para ações de preservação e conservação e altos índices de desmatamento, especialmente na Amazônia (FERRANTE, 2019; FONSECA, 2021).

A silvicultura é uma das atividades de grande crescimento no Brasil e impulsiona a economia nacional com um Produto Interno Bruto (PIB) setorial de R\$ 86,6 bilhões, o que representa 1,3% do PIB brasileiro (IBÁ, 2019). Essas áreas são caracterizadas pelo plantio de monocultura de espécies nativas ou exóticas, ocupando uma área de 9,98 milhões de hectares, sendo o eucalipto ocupante de a 76,3% dos plantios florestais brasileiros; o pinus, 19,8% e; as

demais espécies florestais, principalmente, acácia, araucária, paricá e teca, somando em 3,9% (IBGE, 2020; IBÁ, 2019).

Entre 2000 e 2018, as áreas destinadas à silvicultura cresceram cerca de 70% no período de 2016-2018, principalmente na região de Três Lagoas (leste de MS) e de Imperatriz (MA) (IBGE, 2020). Embora este setor apresente pontos positivos na economia e impactos menores na qualidade da água, quando comparados a outras culturas anuais como cana-de-açúcar, a silvicultura em áreas destinadas para outras potencialidades ou sem boas práticas de manejo podem gerar impactos sobre a disponibilidade de água com aumento dos riscos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas através da poluição com agrotóxicos e fertilizantes, redução de habitat para a fauna silvestre, poluição do ar, emissão de carbono para a atmosfera, entre outros (RODRIGUES et al., 2021).

O processo de urbanização no Brasil, principalmente pela expansão industrial após as décadas de 1950 e 1960, atreladas às ocupações desordenadas do território, tem contribuído para a degradação ambiental no país (SILVA, 2018). As áreas urbanas representam 0,5% do uso das terras no país, entretanto as interações que ocorrem neste espaço implicam em impactos ambientais diretos e indiretos nos diversos ecossistemas presentes (IBGE, 2020).

## **2.5 Potencial Agrícola dos Solos: danos ambientais e prejuízos financeiros**

O conhecimento sobre solos é importante para determinação de características como tipologia, estabelecer e situar limites entre diferentes unidades, permitindo a correlação e as adaptabilidades dos solos frente a diversas culturas sendo possível prever o comportamento e produtividade sob diferentes manejos (SILVEIRA et al., 2020).

Os estudos pedológicos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária – EMBRAPA, com o esforço conjunto de estudiosos das áreas de gênese, morfologia e classificação de solos de diversas universidades federais e estaduais, bem como parceria com outras instituições de pesquisa e ensino, deram origem a elaboração do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS que possibilita a identificação dos tipos de solos presentes no país, seus principais atributos e distribuição na paisagem. Assim, conforme a versão atual do SiBCS (SANTOS et al., 2018), o Brasil apresenta 13 classes de solos, sendo elas: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. As classes de maior distribuição no território brasileiro são os Latossolos e Argissolos, juntamente como os

Cambissolos, Neossolos, Plintossolos e Gleissolos; e as classes de menor ocorrência são os Chernossolos, Espodossolos, Planossolos, Luvisolos, Nitossolos, Organossolos e Vertissolos (SANTOS et al., 2018).

França (2019) ressalta que os solos férteis utilizados, embora com possíveis limitações, são importantes e relevantes para cada região de ocorrência. Os Luvisolos, por exemplo, são relevantes para a região semiárida brasileira (GAMA, 2020), os Nitossolos são comuns em áreas de solos com formação basáltica na região centro sul do país. Os Planossolos são encontrados na região do Pantanal, além de áreas produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, em áreas do semiárido, e utilizado para pastagens em diversas áreas no nordeste brasileiro (RESENDE et al., 1996).

A análise sobre as classes de solos, seus atributos e ocorrências no país permitem compreender suas potencialidades e limitações de uso. Neste sentido, ao correlacionar essas classes de solos aos levantamentos de uso e cobertura da terra, identifica-se o melhor manejo dos solos brasileiros, sendo uma ferramenta para gestão e reconfiguração do manejo das terras no Brasil. Estudos como o de Flauzino (2016) para capacidade de uso da terra, abordam que o subuso de determinados solos traz grandes prejuízos financeiros, influenciando na economia nacional, além de elevados impactos ao meio físico e biótico. Salviano (2016) exemplifica no seu trabalho sobre potencialidades de solos arenosos na região semiárida da Bahia, os prejuízos pelo subuso e sobreuso dos solos, onde há predomínio de atividades agropecuárias em Neossolos quartzarênicos responsáveis pela degradação das terras, com o aumento dos riscos de contaminação dos mananciais próximos às áreas de atividade. Nestas áreas, embora com limitações de ordem física e química há possibilidade de exploração agrícola mecanizada.

Flauzino (2016) reforça ainda que o planejamento racional do uso dos solos resulta no incremento de atividades adequadas às potencialidades. Nessa perspectiva, se busca o desenvolvimento de uma visão sistêmica visando investimentos técnicos para maior retorno financeiro e redução de custo, com aumento de produtividade e estabilidades das culturas econômicas e ambientes equilibrados e preservados.

## **2.6 Ocorrência de Solos Férteis no Maranhão e Suas Formas de Uso**

O estado do Maranhão apresenta elevada variabilidade de solos. Dentre eles se destacam solos com alta fertilidade natural, como os Chernossolos, Cambissolos e Luvisolos, Vertissolos, Neossolos Flúvicos (ARAÚJO et al., 2021). Embora em menor ocorrência ao longo

da paisagem maranhense, são solos importantes e que necessitam de atenção quanto ao manejo para conservação desses sistemas.

De acordo com Bandeira (2013), na porção interna do delta do Parnaíba dominam solos profundos compreendendo os Neossolos Flúvicos eutróficos. Nessa região são comuns atividades geoturísticas, o que requer atenção quanto à sua fragilidade ambiental, principalmente nos municípios maranhenses que compõem o Delta do Parnaíba: Tutóia, Água Doce do Maranhão e Araisos e Paulino Neves.

Ainda de acordo com Bandeira (2013), podem ser encontrados os Luvisolos Crômicos associados aos Chernossolos Argilúvicos na região dos municípios de Presidente Dutra, São José dos Basílios e Tuntum, que podem estar associados ao afloramento de calcários e folhelhos da formação Codó. Algumas áreas na cidade de Bacabal, além de manchas compreendidas entre as localidades de Lago Verde, Alto Alegre do Maranhão, Pio XI, Lima Campos, Lago da Pedra e Brejo de Areia, apresentam solos de boa fertilidade natural e alto potencial agrícola, com predomínio de Luvisolos Crômicos Pálicos e Luvisolos Háplicos órticos, bem como Chernossolos Argilúvicos órticos.

Nos domínios das superfícies aplainadas da Bacia do Rio Parnaíba, nas áreas com terrenos densamente dissecados com morros-testemunhos e depósitos de talus de sopé de encosta, encontram-se ainda os Neossolos Litólicos e Cambissolos, considerados solos de boa fertilidade. Nos municípios de Barra do Corda, Grajaú e Fernando Falcão, situadas nos domínios Baixos Platôs de Barra do Corda, há presença, secundariamente, de Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e Luvisolos Crômicos Háplicos (BANDEIRA, 2013).

Destacam-se ainda os Latossolos Vermelhos na região dos municípios de Porto Franco e Estreito que, embora apresentem baixo nível de fertilidade química natural com pH fortemente ácido, nessa região de ocorrência, devido o relevo plano e suavemente ondulado, existem interferências na definição da sua classe de aptidão agrícola, apresentando aptidão BOA para agricultura, com potencialidade de produção econômica a partir da inserção de culturas de ciclo curto ou longo, adaptadas às condições climáticas da região onde ocorrem (ARAÚJO et al. 2021).

Os Nitossolos, ricos quanto à de fertilidade química natural (eutróficos), com saturação por bases trocáveis (V%) muito alta (superior a 50%) e baixa acidez com pH geralmente próximo de 6,5, podem ser encontrados na região de Campestre do Maranhão, Estreito, (ARAÚJO et al. 2021).

A ocorrência de solos férteis, além dos exemplificados, se distribui em toda a extensão Estado. Contudo, grandes áreas do Maranhão são destinadas principalmente para agricultura itinerante, pecuária extensiva, silvicultura e extração de minerais, além das áreas urbanizadas, o que reflete diretamente na preservação desses solos (IMESC, 2021). Essas atividades estão distribuídas amplamente no Maranhão e a maioria delas possuem baixo nível tecnológico e resultam em poucos ganhos financeiros.

## **2.7 Pecuária Extensiva, Silvicultura e Agricultura de Baixo Nível Tecnológico Sobre Solos Férteis no Maranhão: impactos ambientais e na economia**

Nas últimas décadas as atividades agrícolas no Maranhão foram impulsionadas em decorrência dos investimentos nos setores de infraestrutura viária, logística e energética, o que possibilitou polos de expansão da fronteira agrícola (IMESC, 2021; LUMBRERAS et al., 2015). Neste contexto, o uso de elevado nível tecnológico na agricultura tem se destinado para grandes áreas, para práticas agrícolas modernas e contribuindo para o crescimento econômico do Estado. Todavia, as agriculturas de baixo nível tecnológico ainda são comuns no Estado, como a agricultura de corte e queima (roça ou agricultura tropical), que é definida pelo baixo uso de insumos, sendo visto com ressalvas no âmbito da qualidade ambiental (COSTA et al., 2019).

Os dados do IMESC (2021) revelam que as atividades de Silvicultura no Maranhão são significativas nos municípios de Anapurus, Buriti, Caxias, Coelho Neto, Santa Quitéria do Maranhão, sendo comum também nas regiões do oeste e Sul Maranhense. Os estudos abordam ainda que a produção de eucalipto e pinus predominam em municípios de Urbano Santos, Santa Quitéria do Maranhão, Anapurus, Caxias, entre outros, principalmente para a produção de papel e celulose. Entretanto, nos municípios de Caxias e Coelho Neto as atividades de silvicultura tem a finalidade de atender, em sua maioria, a produção de biocombustível.

O Maranhão apresentou no ano de 2016 o 12º maior rebanho de bovinos nacional e o segundo maior rebanho bovino da região Nordeste, segundo Agência de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED). Nesse cenário, a pecuária registrou um crescimento no primeiro semestre do ano de 2021, quando comparado ao ano de 2020, com faturamentos de rebanhos bovinos e um crescimento expressivo de 20,95% do rebanho de suínos em 2021 (IMESC, 2021).

A pecuária extensiva desenvolvida em solos férteis do Maranhão pode ser observada, por exemplo, no município de Grajaú, com manchas de Nitossolo Vermelho Eutrófico e nos municípios de Tuntum e Sítio Novo, com presença dos Luvisolos Crômicos (ARAÚJO et al., 2019; ARAÚJO, 2021). Araújo et al. (2021) aborda ainda que os Luvisolos, embora apresentem no Bioma Cerrado aptidão Regular para pecuária em áreas com relevo adequado, oferecem potencial quanto atividades da agricultura familiar, pois as culturas mais significativas são a produção de feijão e mandioca, que podem ser adaptadas nessas regiões, além do arroz em áreas com drenagem imperfeita e milho em regiões com teores médios de nutrientes.

O IBGE (2022) aponta que a pecuária no Maranhão apresenta crescimento quanto a mobilização de mão de obra formal no segmento de “Criação de Bovinos”, onde a mesorregião Oeste Maranhense apresentou a maior produção na criação de bovino, principalmente a partir de 2000, seguida da mesorregião Centro Maranhense e Sul Maranhense. O crescimento do setor está atrelado aos investimentos em políticas públicas estaduais por incentivos de programas de adoção de animais, feiras agropecuárias, mercado de leilões e controle sanitário.

No ano de 2019, segundo o boletim da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca – SAGRIMA (2020) os dez maiores municípios criadores de bovino (cabeças) no Maranhão foram Açailândia, Amarante do Maranhão, Santa Luzia, Grajaú, Bom Jardim, Arame, Sítio Novo, Buriticupu, Zé Doca e Barra do Corda (SAGRIMA, 2020). Observa-se, assim, que os processos de impulsionamento e modernização da agricultura e demais atividades agrossilvopastoris influenciam diretamente nos dados econômicos do estado do Maranhão, pois ocorre o alargamento das interações entre setores primários, secundários e terciários, além dos investimentos em tecnologia e energia para acompanhar o crescimento das fronteiras agrícolas no Estado (IMESC, 2021).

Estas ações provocam reflexões quanto as características e dinâmicas territoriais e sociais. Essas dinâmicas perpassam pela análise da heterogeneidade de grupos, como a população tradicional, além das áreas indígenas, quilombolas ao logo do território maranhense, com produções locais que influemunínciam na economia local. Ressalta-se ainda a carência de investimentos tecnológicos e de informações nessas pequenas populações, o que pode gerar o manejo inadequado dos solos do Estado e, conseqüentemente, impactos socioeconômicos.

## 2.8 Abordagem Geossistêmica

A Teoria Geral dos Sistemas influenciou diversas ciências, bem como estudos que abordam as relações Sociedade x Natureza. Na Geografia, a teoria tem sido amplamente abordada em virtude dos diversos processos que o chamado “estado natural” sofre em função das ações antrópicas. Com seu início desenvolvido na Escola Alemã de Alexander Von Humboldt, a inserção dessa abordagem sistêmica como metodologia de pesquisa na Geografia Física teve como intuito reconhecer a complexidade do meio, tal qual a interdependência entre os seus elementos pelo meio, essencialmente, do conceito de paisagem (NEVES et al., 2021). Humboldt introduz a visão sistêmica do universo com a paisagem com base em elementos geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos em relação às organizações humanas ao longo da história.

O conceito de Geossistema, conforme Gomes e Vitte (2018), foi desenvolvido no ano de 1962 por Viktor Sotchava que, através dos estudos sistêmicos, buscou compreender, na perspectiva geográfica, uma análise integrada entre os fluxos de matéria e energia dos sistemas ambientais e teve seus primeiros fundamentos nas abordagens do estudioso russo Dokoutchaeu que desenvolveu a sua teoria sobre solos para além do conceito de “esfera físico-geográfica”, em que aborda o conjunto de atributos que formam a paisagem. Segundo Sotchava (1977), esse conceito de Geossistema enquanto “fenômenos naturais” que correspondem às dinâmicas dos fluxos de energia e matéria, intrínsecas aos sistemas abertos que, paralelos os fatores sociais, produzem um modelo global da paisagem, inserindo o homem na sua influência mútua com o meio natural, além da evolução desta paisagem.

Ainda que os geossistemas sejam “fenômenos naturais”, os sistemas antrópicos influenciam nas suas estruturas espaciais (NEVES et al., 2021). Sotchava (1978) afirma que as paisagens antropogênicas são nada mais que estados variáveis de primitivos ecossistemas, o que pode se correlacionar com as dinâmicas da paisagem. Dessa maneira, esse modo de análise sistêmico proporcionou novos métodos para avaliar os fundamentos lógicos da ciência da paisagem, principalmente em torno do chamado Complexo Territorial Natural e meio ambiente, o que estabeleceu uma evidente distinção entre problemas da fisiografia e da setorização das disciplinas geográficas.

Sotchava (1978) ressalta que os geossistemas são apresentados pelo meio de axiomas, através de uma hierarquia estrutural que é dividida em ordem dimensional, nas quais se destacam os níveis planetário, regional e topológico, além de se dividirem entre geômeros e

geócoros de modo interdependente. Ainda conforme Sotchava (1978), a hierarquia de construção é a feição mais importante dos geossistemas, pois as subdivisões do meio natural representam uma unidade dinâmica com uma organização geográfica presente no espaço, o que possibilita a distribuição de todos os elementos do geossistema garantindo, assim, sua integralidade funcional. Desta maneira, o geossistema não possui uma divisão, visto que as unidades espaciais dependem da organização geográfica.

Para Sotchava (1978), a unidade natural atrelada com a esfera socioeconômica se configura por uma multiescalaridade em diferentes níveis hierárquicos na qual cada um apresenta escala e dinâmicas próprias e que, ao mesmo tempo interagem. Assim, parte do princípio de que a menor área possível de se mapear é caracterizada pela área homogênea elementar, correspondente ao chamado princípio da bilateralidade das (fácies). Portanto, é possível observar que os geossistemas se configuram em todos os níveis hierárquicos em que seu nível de detalhamento depende da escala dimensional de análise para, assim, ser possível analisar os graus, seja de homogeneidade ou heterogeneidade de uma paisagem estudada.

Nesse contexto, o solo é um elemento natural, composto por material sólido líquido e gasoso, que apresenta sua própria organização interna e história de formação, sendo compreendido como um sistema aberto, entre os diversos geocossistemas, e dinâmico, posto que se desenvolve e se forma de maneira contínua no ambiente o qual está inserido (NEVES et al., 2021).

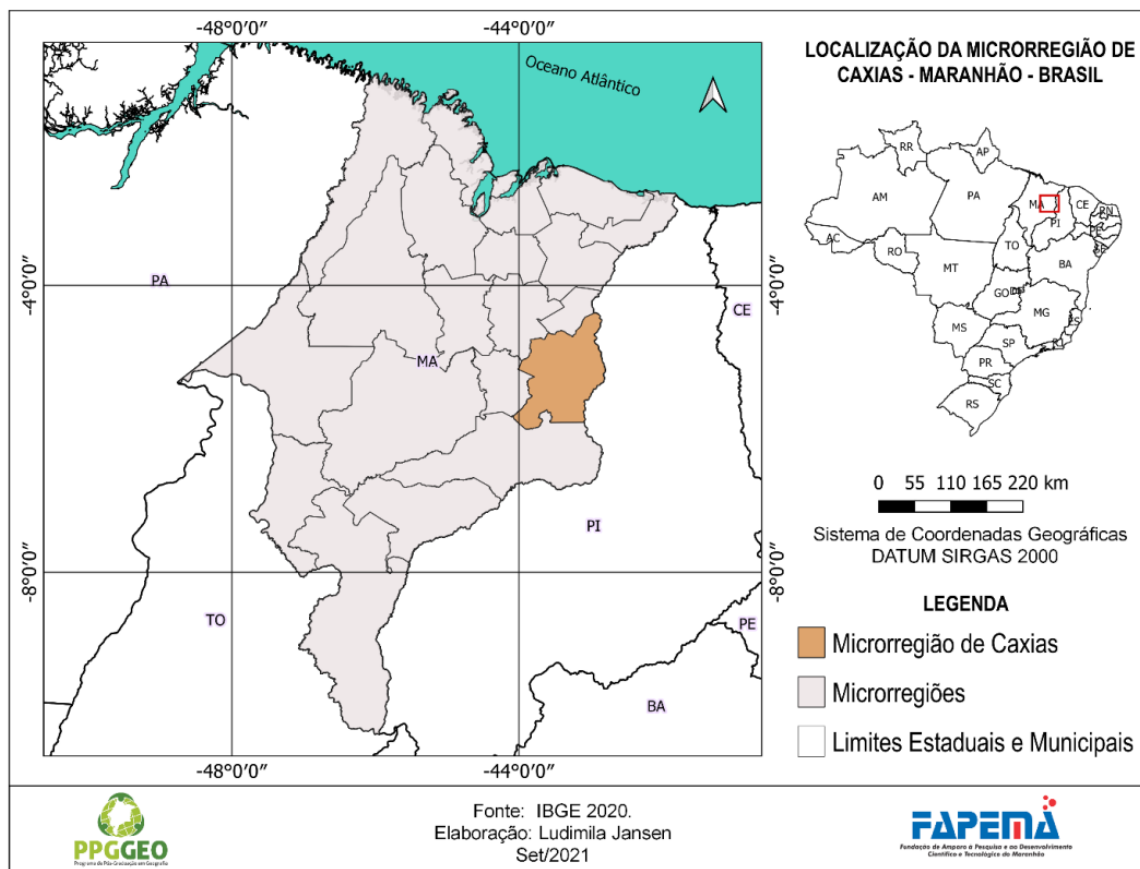
### **3. MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1. Caracterização da Área de Estudo**

A microrregião de Caxias, inserida na região geográfica de imediata Caxias e Timon e na região geográfica intermediária de Caxias, está situada na porção Leste do estado do Maranhão e compreendem os municípios de Caxias, Buriti Bravo, Matões, Parnarama, São João do Soter e Timon (IBGE, 2017) (Figura 02). Apresenta topografia plana, com características vegetais de cerrado, matas e áreas de babaquais, sendo orientada pelo Médio e Baixo Vale do rio Itapecuru, e inserido nas bacias hidrográficas do rio Itapecuru, rio Munin e rio Parnaíba. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (AW') com dois períodos bem definidos: um chuvoso de janeiro a junho (BANDEIRA, 2013).



Figura 02: Localização da área de estudo – Microrregião de Caixas



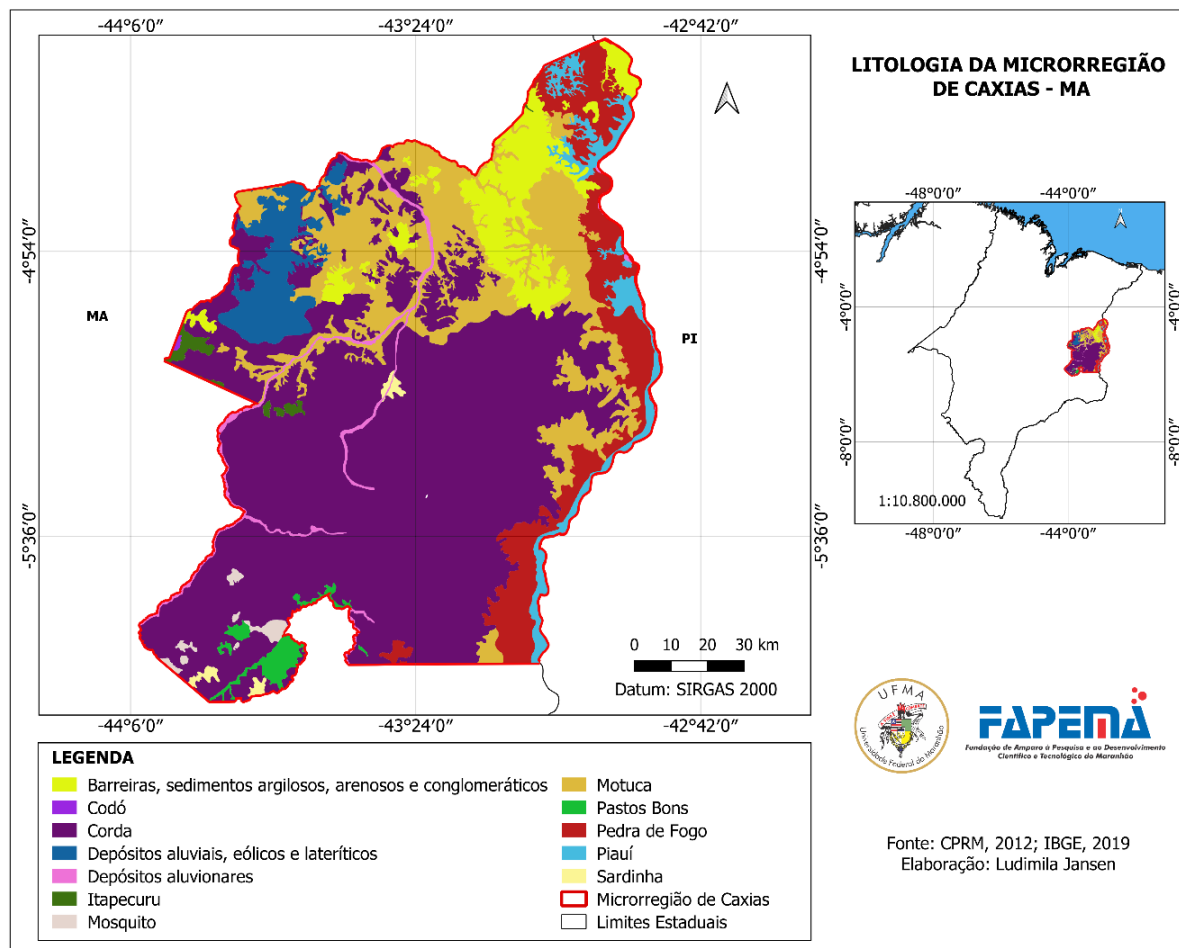
**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

A área de estudo está inserida entre as Bacias do Parnaíba, Alpercatas e Grajaú. A litologia da região, de acordo com os dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, se configura por uma grande porção inserida na Formação Piauí, que se divide em duas sucessões: a inferior, formada por arenitos médios com estratificação cruzada, intercaladas por folhelho vermelho, e a superior que é composta por arenitos finos a médios, de coloração variada entre as cores vermelha a amarelada, intercalada por folhelho vermelho, calcário e uma camada fina de sílex; Formação Corda, que é composta de arenitos vermelhos, castanho-avermelhados, muito finos/finos e médios, seleção regular a boa, semifriáveis a semicoesos, além de ricos em óxidos de ferro e zeólita e raros níveis de sílex (CPRM, 2012).

A área apresenta ainda a Formação Motuca, depositada no Permiano, também conhecida como Sambaíba. Tem como características seus folhelhos avermelhados e é constituída por siltitos e argilitos vermelhos intercalados com estratificação plano-paralela, além de arenitos que variam de finos a muito finos; a Formação Pedra de Fogo, depositados em ambientes marinhos raso a litorâneo, com influência de tempestades Barreiras, é caracterizada

por calcário, rochas sílex, intercalados com arenito fino a médio, siltito e folheto, anidrita ou dolomito; além da presença em menor distribuição dos Depósitos Aluviais Eólicos e Lateríticos, da Formação Codó, Itapecuru, Depósitos Aluvionares, Pastos Bons, Sardinha e Piauí (Figura 03) (CPRM, 2012; BANDEIRA, 2013).

Figura 03: Litologia da Microrregião de Caxias.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A microrregião apresenta uma extensão de 15.330,211 km<sup>2</sup>, referente a 4,6% do território do estado do Maranhão. Quanto às suas atividades econômicas, somando todas as atividades relacionadas ao uso da terra, agropecuária e exploração vegetal, a microrregião proporcionava média 3% da produção estadual (IBGE, 2017).

Os solos da microrregião de Caxias de acordo com a classificação da Embrapa (2018) são: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Plintossolo Háplico Distrófico, Plintossolo Pétrico Concrecionário. Segundo Araújo et al. (2021) foram encontrados ainda os Cambissolos Háplicos, Chernossolos Rêndzicos e Luvisolos Crômicos.

### **3.2 Levantamento dos Pontos na Microrregião de Caxias**

Os pontos utilizados nesta pesquisa são oriundos do projeto de Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (2021), em que foram realizadas descrições de 223 perfis de solos no bioma Cerrado onde a microrregião de Caixas está inserida, dos quais 24 pontos foram coletados na área de estudo e avaliados na presente pesquisa.

As amostras dos solos no projeto ZEE foram coletadas em diferentes áreas previamente selecionadas a partir atributos geoambientais identificados por imagens de radar e a partir de atividades de campo. Os procedimentos de descrição de perfis e coleta de amostras foram realizados conforme o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015) e de acordo com as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) (ANEXO A), enquanto as análises química e física (ANEXO B) foram realizadas no laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental, conforme os métodos apresentados no Manual de Métodos de Análise de Solos (TEXEIRA et al., 2017).

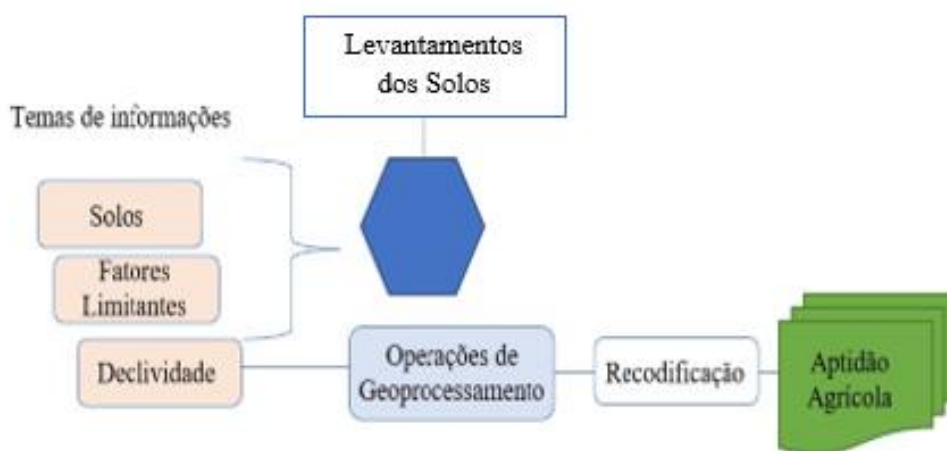
### **3.3 Aptidão Agrícola das Terras**

A partir dos atributos morfológicos, físicos e químicos, foi aplicada classificação interpretativa segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT), proposta por Ramalho Filho & Beek (1995) que leva em consideração atributos das terras, solo, vegetação, clima e geomorfologia, admitindo os seis grupos e quatro classes de aptidão agrícola em três níveis tecnológicos, conforme outrora mencionado, além dos fatores limitantes das unidades de mapeamento de solos, preestabelecidos no quadro-guia para região subtropical (ANEXO A), com adaptações adicionais dos fatores (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e fixação de fósforo, pedregosidade e rochosidade) propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004). Assim, os dados do mapa de solos, as classes de declividade, juntamente com os fatores limitantes anteriormente descritos, constituíram os dados de entrada ou temas de informações no SIG.

Para os levantamentos dos atributos quanto à suscetibilidade a erosão e impedimentos à mecanização, foram utilizados os dados o mapeamento da declividade em percentual do relevo brasileiro do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, sendo realizado a partir do mosaico de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), empregando como referência a classificação da declividade das formas de relevo adotada pelo IBGE (2020): plano 0 a 3%;

suave ondulado 3 a 8%; ondulado 8 a 20%; forte ondulado 20 a 45%, montanhoso 45 a 75% e Escarpado 75%. Assim, foi utilizada a folha SB-23 e foi posteriormente realizada o recorte da imagem com o arquivo vetorial da microrregião, com auxílio de *software* livre / *open source* QGIS (VERSÃO 3.16), ferramenta de geoprocessamento para a realização também dos mapas de uso e aptidão dos solos, a partir do cruzamento do mapa correspondente com os mapas temáticos de unidades de paisagem e relevo, juntamente com os levantamentos alcançados a partir do SAAT, conforme esquema da Figura 04.

Figura 04: Esquema da metodologia para aptidão agrícola da área de estudo.



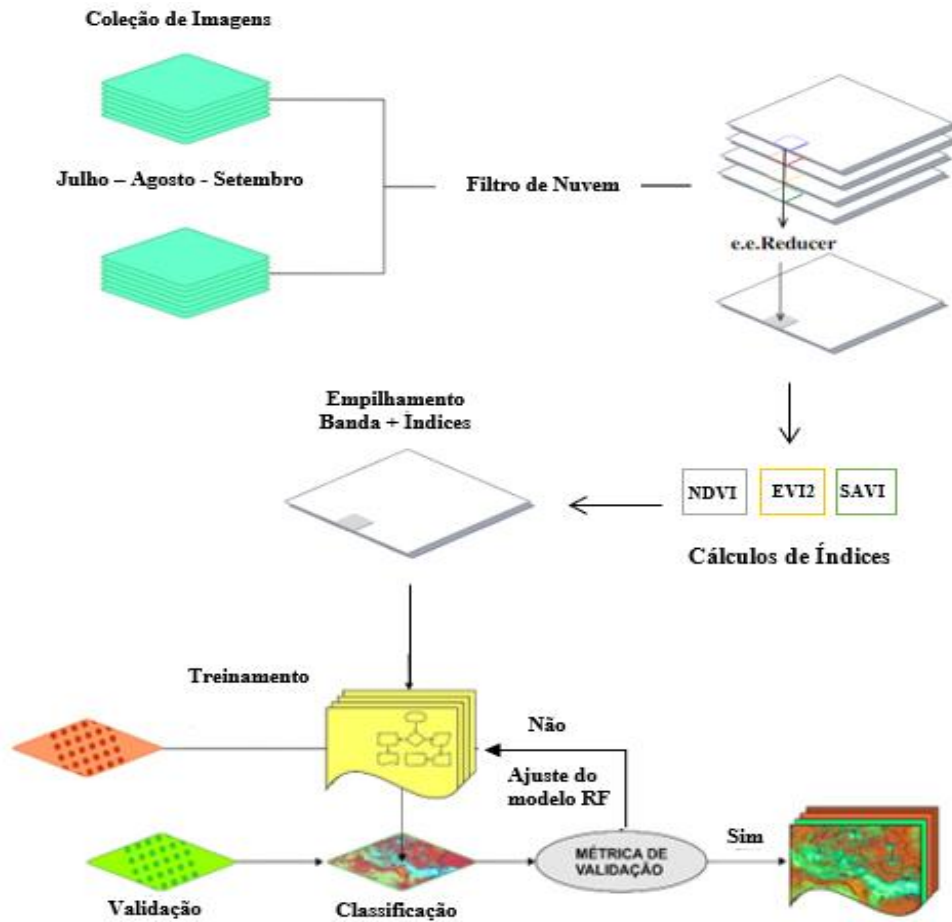
Fonte: Elaboração da autora (2022).

Para elaboração do mapa de aptidão dos solos, levou-se em consideração apenas os perfis inseridos na microrregião que apresentam dados classificação nos dados vetoriais de solos realizado no ZEE – 2021, pelo IMESC (2021), se estendendo a classe de aptidão para toda a mancha de solo, dado que a quantidade de perfis levantadas foram previamente definidas para atender a porcentagem de amostragem em relação a mancha de solo antecipadamente levantada.

### 3.4 Classificação de Uso e Cobertura no Google Earth Engine

Através do Code Editor da plataforma online *Google Earth Engine* foram realizadas todas as etapas para classificação de uso e cobertura da área de estudo, a partir de *scripts* pré-definidos (Apêndice A) com uso de linguagem de programação JavaScript, em que foi possível utilizar recursos como as coleções de imagens existentes na plataforma e gerar código para o objetivo final de classificação de uso e cobertura conforme Figura 05.

Figura 05: Etapas para levantamento de uso e cobertura da terra a partir do GEE.



Fonte: Elaboração da autora (2022).

### 3.4.1 Mosaico de Imagens Sentinel 2

Inicialmente, na criação do *script*, foi realizado levantamento das imagens de satélite Sentinel 2, filtrado entre o período do mês 01/07 a 30/09 de 2021, por se tratar do período do fim da estação chuvosa e começo da estação seca e aplicação do filtro selecionando somente as imagens com até 10% de cobertura de nuvens, usando como delimitação o *shapefile* da microrregião de Caxias. Para composição da imagem final foi aplicado um filtro de mediana nesse conjunto de imagens usando o comando “`ee.ImageCollection().median()`”, o que resultou em uma única imagem da microrregião.

Para o melhoramento da imagem final foi utilizado o comando `imgmosaico = img.reduce(ee.Reducer.median())` a partir do qual foi gerado o mosaico com as bandas B2, B3, B4 E B8. Após esta etapa foi realizado o cálculo de índice de vegetação com base em três índices: “Normalized Difference Vegetation Index” - NDVI, “Enhanced Vegetation Index” -

EVI2, “Soil Adjusted Vegetation Index” - SAVI, o que auxilia no melhoramento das imagens e nas coletas das amostras de uso e cobertura.

### 3.4.2 Amostragem das Classes de Uso e Cobertura

As classes de Uso e Cobertura foram geradas a partir da criação de polígonos, considerando os principais tipos de ocupações na microrregião definidos mediante levantamentos prévios. Portanto, foram classificadas as seguintes classes: Vegetação Densa (0), incluindo áreas nativas, densa; Área Urbana (1); Pastagem (2) com áreas de solos expostos ou poucas biomassas vegetais; Vegetação Rasteira (3), incluindo áreas com vegetação pouco desenvolvida; Silvicultura (4); Água (5), incorporando as áreas dos rios, lagoas; Agricultura (6), com áreas também criadas a partir de mapeamento na região e; Solo Exposto (7). A definição dos polígonos de representação de cada classe foi definida a partir das descrições em campo do uso do solo nos pontos coletados no ZEE – Cerrado (2021) e com identificação dos tipos de uso através de imagens do *Google Earth – Pro* (Tabela 01), com um total de 1525 polígonos divididos para treinamentos (70% das amostras) e validação (30% das amostras).

Tabela 01 - Quantidade de amostras levantadas.

AMOSTRAS			
Classe	Treinamento	Teste – Validação	Total
0	120	40	160
1	200	50	250
2	138	40	178
3	168	40	208
4	157	40	197
5	150	40	190
6	139	40	179
7	123	40	163
Total	1195	330	1525

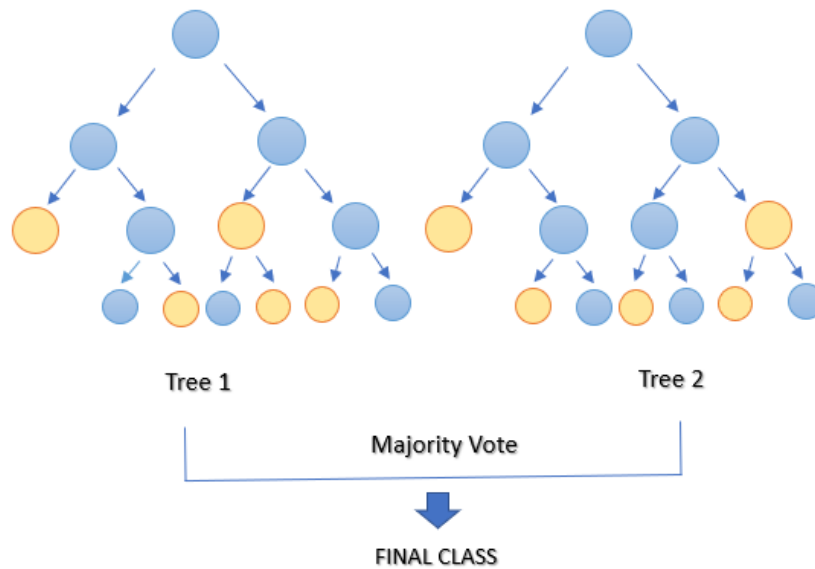
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

### 3.4.3 Algoritmos de classificação

Para a realização da classificação supervisionada foi utilizado o classificador *Random Forest* que é um classificador do tipo árvore de decisão. Nesse processo ocorre uma classificação através de processos estatísticos a partir de uma redivisão da imagem de entrada definidas na área de treinamento que foram fornecidas em amostragem. (GORELICK et al.,

2017). Neste sentido, a classificação foi gerada a partir da seleção da classe majoritária em termos de número de votos acumulados. Esse processo é denominado de ramificação, em que foram definidas a criação de 5000 árvores de decisão (Figura 06).

Figura 06: Exemplo de árvore de decisão do Random Forest.



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

### 3.4.4 Avaliação da Classificação

Para validação e verificação da qualidade das classificações do mapa de uso e cobertura obtido foram utilizados os índices estatísticos Matriz de Erro que permite a comparação entre os dados gerados a partir do classificador e os dados de referência alcançados em campo. A partir da matriz de erro é possível gerar diversos índices, como exatidão global, coeficiente Kappa, e a precisão do produtor. No GEE estes índices são gerados a partir da Matriz de Confusão através do comando ‘confusionMatrix()’.

Índice Kappa, segundo Cohen (1960), é gerado a partir do teste estatístico que avalia a precisão de uma classificação, sendo calculado com base em uma matriz de erros. O Índice Kappa é expresso por:

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad (1)$$

onde  $K$  é o valor do coeficiente kappa,  $P_o$  é a exatidão global (proporção de concordância) e  $P_e$  é a proporção de concordância esperada por acaso.

Segundo Landis e Koch (1977) os resultados alcançados associados aos valores do Índice Kappa à qualidade da classificação, conforme Quadro 02.

Quadro 02: Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa.

<b>Índice Kappa</b>	<b>Qualidade da Classificação</b>
< 0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: LANDIS; KOCH (1977).

### **3.5 Mapa de Conflito de Uso das Terras e Aptidão do Solo**

Para o mapa de conflitos de Uso das Terras, foi realizada a sobreposição dos mapas de Aptidão agrícola e Uso e Cobertura das Terras. Desta maneira, para análise de subuso dos solos, utilizou-se uma adaptação da classificação proposta por Santos & Klamt (2004), sendo definida: (a) Uso Adequado – as áreas em que o uso atual satisfaz os requisitos quanto à aptidão agrícola definida; (b) Subuso - abrangem as áreas em que o uso é menos intensivo quanto sua aptidão indicada pela classe de aptidão agrícola; (c) Sobreutilizado/Inadequado – são as áreas em que o uso atual ocorre de modo mais intensivo que o preconizado pela classe de aptidão agrícola.

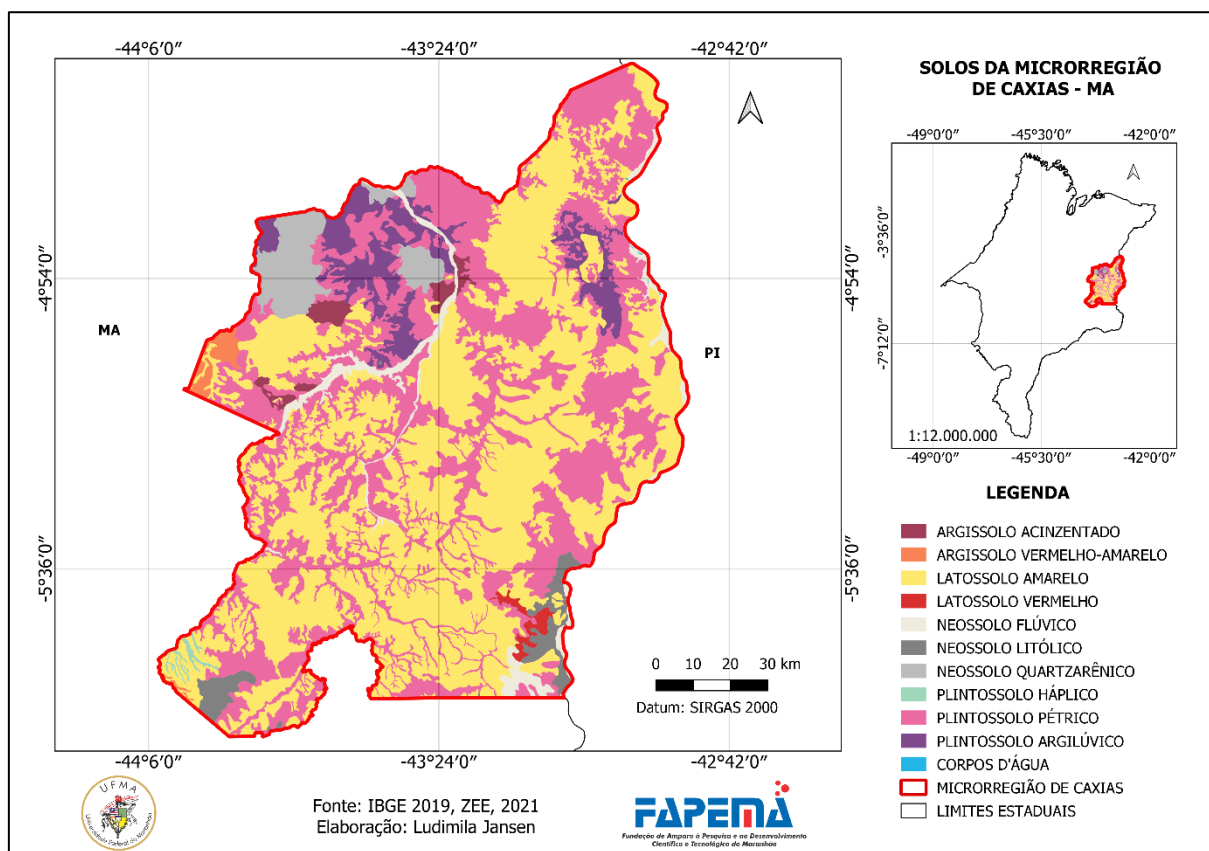
## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Mapeamento dos Solos da Microrregião de Caxias**

As classes de solos predominantes na área de estudo abrangem uma área de 15.592,114 km<sup>2</sup>, sendo estas classes até o segundo nível categórico de classificação taxonômica: Argissolo Acizentado, Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico, Plintossolo Argilúvico, Plintossolo Háplico, Plintossolo Pétrico (Figura 07).



Figura 07: Classes de solos predominantes na microrregião de Caxias, MA.



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Os Latossolos Amarelo são os solos mais representativos na microrregião de Caxias correspondente a 48% da área, seguido dos Plintossolos Pétricos (36%), totalizando uma área de 12791,029 km<sup>2</sup>. Os Plintossolos Argilúvicos representam 5%, os solos Neossolos Flúvicos (3%) e Neossolos Quartzarênicos (3%). Os demais solos somam 5% da área total (Tabela 02).

Tabela 02: Classes de solos presentes na microrregião de Caxias, MA.

Unidade de Mapeamento dos Solos	Classificação taxonômica dos solos (Subordens)	Área Mapeada (Km <sup>2</sup> )	%
PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	110,328	0,007
PAC	ARGISSOLO ACINZENTADO	160,773	0,010
Lad	LATOSSOLO AMARELO	7289,434	0,475
LVd	LATOSSOLO VERMELHO	114,269	0,007
RYve	NEOSSOLO FLÚVICO	420,012	0,027
RLd	NEOSSOLO LITÓLICO	342,297	0,022
Rqo	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	535,593	0,035
FTd	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO	817,551	0,053
FXd	PLINTOSSOLO HÁPLICO	36,85	0,002
<b>Total</b>		<b>15330,053</b>	

Fonte: IMESC, 2021.

## 4.2 Aptidão Agrícola da Terra na Microrregião de Caxias

Na microrregião de Caxias há significativa variabilidade de solos, dos 24 perfis do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão -MA (ZEE Cerrado – MA, 2020 e 2021) identificados e coletados na microrregião de Caxias, 18 apresentaram os dados completos, tanto morfológicos quanto físicos e químicos, o que possibilitou a aplicação do SAAT. Na tabela abaixo 03 destacam-se os perfis dos solos presentes na área de estudo.

Tabela 03 - Perfis do projeto ZEE Cerrado – MA situados na Microrregião de Caixas.

<b>Perfis</b>	<b>Município</b>	<b>Classificação Taxonômica até o 4º nível categórico (Subgrupo)</b>
Perfil – 30	São João do Soter	ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico
Perfil – 41	Buriti Bravo	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso húmico
Perfil – 42	Buriti Bravo	ARGISSOLO VERMELHO Alumínico Nitossólico
Perfil – 44	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico
Perfil – 45	São João do Soter	ARGILOSSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico
Perfil – 46	São João do Soter	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Húmico
Perfil – 47	São João do Soter	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Latossólico
Perfil – 48	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico
Perfil – 49	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico
Perfil – 50	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico
Perfil – 51	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico
Perfil – 52	Parnarama	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico
Perfil – 53	Matões	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico
Perfil – 54	Matões	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário
Perfil – 55	Timon	CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário
Perfil – 56	Timon	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico
Perfil – 57	Timon	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico
Perfil – 58	Caxias	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico

Fonte: IMESC, 2021.

No quadro 03, encontram-se os graus de limitações considerados para cada um dos fatores limitantes, com base na metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) e Pereira e

Lombardi Neto (2004), para os 18 perfis na área de estudo. Desta maneira, para classificação do subgrupo de aptidão agrícola, foram utilizados os atributos diagnósticos, que são os cinco parâmetros usados para avaliar as condições agrícolas das terras:

f - deficiência de fertilidade seja por disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e/ou fixação de fósforo;

w - deficiência de água;

o - deficiência de oxigênio;

e - susceptibilidade à erosão;

m - impedimentos à mecanização, para identificar as principais limitações.

Quadro 03 - Avaliação da aptidão agrícola das terras correspondente aos perfis de solos da microrregião de Caixas, MA.

Unidade de Mapeamento dos Solos	Perfil	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscetibilidade à Erosão			Impedimento à Mecanização			Subgrupo de Aptidão			Subgrupo de Aptidão
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
PACd	30	F	M	M	M/F	M/F	M/F	M	M	M	M/F	M/F	M/F	L	L	L	5n	-	5S	5Sn: terras inaptas para lavoura e pastagens plantadas, porém boas para silvicultura e regulares para pastagens naturais.
RQo	41	M/F	M/F1	M <sub>1</sub>	N	N	N	N	N	N	L	L <sub>1</sub>	N	L	L	L	5N	5S	4P	4P: terras inaptas para lavoura, mas pertencentes à classe boa para pastagens.
PVa	42	F	L <sub>1</sub>	N	N	N	N	M	L	L	M	L	L	N	N	N	5n	5S	5S	5Sn: terras inaptas para lavoura e pastagens plantadas, porém boas para silvicultura e regulares para pastagens naturais.
LAda	44	M/F	M/F <sub>1</sub>	M/F <sub>1</sub>	N	N	N	N	N	N	M	M	M	M	M	L	5(n)	5N	4P	4P: terras inaptas para lavoura, mas pertencentes à classe boa para pastagens.
PVd	45	F	L1	N <sub>2</sub>	L	L	L	M	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	L	L	L	M	M	M	5n	4p	2(c)	3(a)(b)(c) - terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo A, B e C.
FFc	46	F	L1	N <sub>2</sub>	L	L	L	N	N	N	L	N1	N1	L	L	L	5n	5S	5S	5Sn: terras inaptas para lavoura e pastagens plantadas, porém boas para silvicultura e regulares para pastagens naturais.
FFc	47	F	M1/F1	M1/F <sub>1</sub>	N	N	N	L	L	L	N	N1	N	N	N	N	5n	5S	5S	5Sn: terras inaptas para lavoura e pastagens plantadas, porém boas para silvicultura e regulares para pastagens naturais.
LAd	48	MF	L1	N <sub>2</sub>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC: Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C
LAd	49	M/F	L1	N <sub>2</sub>	L	L	L	N	N	N	L	L	L	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC: Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C
LAd	50	M/F	M/F	M/F	L	L	L	N	N	N	F	F	F	L	L	L	-	2(b)	1C	2(b)c: boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e inapta no nível de manejo A.

<b>LAd</b>	<b>51</b>	M/F	F	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	2(b)	1C	2(b)c: boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e inapta no nível A.
<b>PVd</b>	<b>52</b>	M	L1	N2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC: Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C
<b>LVd</b>	<b>53</b>	MF	F1	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5n	2(b)	1C	1bC: Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C.
<b>RLd</b>	<b>54</b>	M/F	M/F	M/F	N	N	N	M	M	M	N	N	N	M	M	M	5N	-	-	6: Terras sem aptidão de uso agrícola. Preservação da Fauna e Flora.
<b>MDi</b>	<b>55</b>	N	N	N	L	L	L	L	L	L	N	N	N	N	N	N	1(a)	1b	1C	1(a)BC - terras boas para lavouras nos níveis de manejo A e B e restrita para lavoura no nível A.
<b>PVd</b>	<b>56</b>	M	L1	N2	L	L	L	M	M	M	L	L	L	N	N	N	-	5N	1C	2(b)c: boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e inapta no nível de manejo A.
<b>LVd</b>	<b>57</b>	M/F	M1	L2/ M2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5n	4P	-	4P: terras inaptas para lavoura, mas pertencentes à classe boa para pastagens.
<b>LAd</b>	<b>58</b>	M/F	M1	L2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	4P	1C	1C: terras boas para lavoura no nível de manejo A.

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

<sup>1\*</sup> Grau de limitação: N – nulo; L – ligeiro; M – moderado; F – forte; MF – muito forte.

O perfil 30 - ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico apresenta aptidão agrícola 5Sn: Boa para silvicultura no C, regular para pastagem natural no nível de manejo A, e inapta o nível de manejo B. Apresenta como principais limitações a deficiência de fertilidade (f), com baixos teores de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ), baixo valores de saturação por base (V%), com uma taxa de alumínio moderada (m%) e baixos teores de C orgânico. Apresenta ainda deficiência de oxigênio (o): solo com restrição à drenagem (imperfeitamente drenado). A área está sem uso atual (capoeira). Assim, o uso atual satisfaz os requisitos quanto à aptidão agrícola definida, embora apresente aptidão regular para no nível de manejo A.

O perfil 41 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO apresenta a aptidão agrícola 4P: Boa para pastagem plantada no nível de manejo C, Boa para pastagem natural no nível de manejo A e Boa para Silvicultura no nível de manejo. Este solo apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f), pela textura arenosa em todos os seus horizontes, com baixa CTC e V%; baixíssimos teores de bases, e soma de base (SB). O solo não apresenta uso, podendo ser utilizadas para pastagem plantada. Desta maneira, o uso é menos intensivo quanto sua aptidão indicada pela classe de aptidão agrícola.

O perfil 42 - ARGISSOLO VERMELHO Alumínio Nitossólico possui aptidão agrícola 5Sn: boa para Silvicultura nos níveis de manejo B e C e regular para pastagem natural no nível de manejo A. Apresenta limitações quanto a deficiência de fertilidade (f), com pH próximo a 5,0, a CTC < 1,0 cmolc kg<sup>-1</sup> com baixos teores de bases, baixa V% em todos os horizontes, com baixos valores de carbono orgânico baixo, o que definem a baixa fertilidade do solo; deficiência de oxigênio (o): solo com restrição à drenagem (imperfeitamente drenado) e susceptibilidade à erosão (e): pois o solo tem evidências de processos erosivos (Erosão Ligeira e Laminar). O uso atual está destinado para pastagem, o que condiz com a aptidão deste solo, sendo possível a partir de melhorias e grandes correções deste solo, ser destinada para áreas de Silvicultura.

O perfil 44 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico apresenta aptidão 4P: Boa para pastagem natural no nível de manejo C, inapta no nível de manejo B e restrita para pastagem natural no nível de manejo A. Apresenta limitações quanto à deficiência de fertilidade (f) devida a alta taxa de alumínio, superior a 90%, e baixos teores de base, e baixo valor de soma de bases (V%) de 0,056. Apresenta impedimento à mecanização (m) devido sua declividade de 4%. A área está sem uso atual (capoeira), o que revela que este solo está sendo subutilizado, podendo ser destinado a atividades pecuárias.

O Perfil 45 - ARGILOSSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico possui aptidão agrícola 3(a)(b)(c): restrita para lavoura no nível de manejo C, regular para pastagem plantada no nível de manejo B, regular para pastagem natural no nível de manejo A. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f): com baixos teores de bases, baixo V%; deficiência de oxigênio (o), pois este solo tem restrição quanto a drenagem (imperfeitamente drenado). A área está sem uso atual (capoeira), o que revela sua subutilização, sendo possível sua destinação para atividades de lavoura e pastagem.

O perfil 46 - PLINTOSSOLO PETRICO Concrecionário Húmico possui aptidão 5Sn: Boa para Silvicultura nos níveis de manejo B e C e regular para pastagem natural no nível de manejo A. Suas principais limitações são: deficiência de fertilidade (f): pH próximo a 5,0, baixos valores de V% em todos os horizontes, com carbono orgânico baixo que são os principais atributos determinantes da baixa fertilidade do solo; impedimentos à mecanização (m): com declividade de 3%, apresenta de pedregosidade na camada arável do solo; deficiência de oxigênio (o): solo com restrição à drenagem (imperfeitamente drenado); susceptibilidade à erosão (e), pois o solo tem evidências de processos erosivos (Erosão Ligeira e Laminar). O uso atual deste solo está destinado a atividade pastagem natural, que embora apresente aptidão regular para pastagem natural, apresentaria melhores desenvolvimento em atividades de Silvicultura. Sendo assim, classificado com solo como sobreutilizado/Inadequado, pois o uso atual ocorre de modo mais intensivo que o preconizado pela sua classe de aptidão agrícola.

O perfil 47 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Latossólico possui aptidão 5Sn: Boa para silvicultura nos níveis de manejo B e C, aptidão regular para pastagem natural no nível de manejo A. Suas principais deficiências são: Deficiência de fertilidade (f), com baixos teores de bases, baixo valores de saturação por base (V%), e com uma taxa de alumínio moderada (m%). Embora apresente limitações quanto sua fertilidade, a área tem está sem uso, podendo ser utilizadas para atividades de silviculturas ou pastagem.

O Perfil 48 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico possui aptidão 1bC: Boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e Boa para pastagem natural no nível de manejo A. Suas principais limitações estão na deficiência de fertilidade (f) com pH próximo a 5,0, com baixos teores de bases, baixos valores de saturação por base (V%) em todos os horizontes e alta saturação por alumínio (caráter alumínico) superior a 90% e pela textura arenosa em todos os seus horizontes. O uso atual está destinado para Reserva Legal, o que revela que a área está em subutilização, podendo ser desenvolvido para

lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C a partir de altas correções, a exemplo do uso da Gessagem, para redução do  $Al^{3+}$  tóxico ( $AlSO^+$ ).

O Perfil 49 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico possui aptidão 1bC: Boa para lavoura no nível de manejo C, regular para lavoura no nível de manejo B e Boa para pastagem natural no nível de manejo A. Suas principais limitações estão na deficiência de fertilidade (f): solo com baixos teores de base inferior a 1,0 em todos horizontes; baixo V% , CTC e alta saturação por alumínio e pela textura arenosa em todos os seus horizontes; deficiência de oxigênio (o): solo com restrição à drenagem (imperfeitamente drenado). A área está sem uso (capoeira), o que denota sua subutilização, podendo ser aproveitado para atividades de pastagem natural ou lavoura a partir de correções quanto á fertilidade.

O Perfil 50 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico possui aptidão 2(b)c: Boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e inapta no nível de manejo A. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f): solo com baixos teores de bases, baixo valores de Soma de Base (V%), sendo inferior a 1, baixa CTC e alta saturação por alumínio, superior a 90%; impedimentos à mecanização (m): com declividade superior a 3%. A área está sem uso (capoeira), o que revela sua subutilização, dado que pode ser destinada a atividades de lavoura e pastagem.

O Perfil 51 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico apresenta aptidão 2(b)c: Boa para lavoura no nível de manejo C, restrito para lavouras no nível de manejo B e inapta no nível de manejo A. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f), com  $B < 1,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$ , solo com baixos teores de base ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ), baixa CTC e alta saturação por alumínio em todos os horizontes, superior a 90%. A área está sem uso (capoeira). Para o nível de manejo A, a área está adequada, podendo também ser destinada para preservação de fauna e flora. Entretanto, apresenta potencial para lavouras no nível de manejo C, com altas correções quanto à fertilidade do solo.

O Perfil 52 - ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico possui aptidão agrícola 1bC: Terras com aptidão Boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C, restrita para lavoura no nível de manejo B e Boa para pastagem natural no nível de manejo A. Possui como principal limitação a deficiência de fertilidade (f), com pH próximo a 5,0, baixa CTC e moderado teor de alumínio,  $SB < 2$ , com Carbono Orgânico baixo que são os principais atributos determinantes da baixa fertilidade. A área está sem uso (capoeira). Apresentando subutilização no nível de manejo C e B para lavouras, a partir de correções do solo, como método de calagem.



O Perfil 53 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico apresenta aptidão 1bC - Terras com aptidão Boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C, restrita para lavoura no nível de manejo B e regular para pastagem natural no nível de manejo A. Apresenta como principal limitação a deficiência de fertilidade (f), com pH próximo a 5,0, a CTC < 1,0 cmolc kg<sup>-1</sup> com baixos teores de bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>), baixa V% em todos os horizontes; possui alta saturação por alumínio (m%) A área está sem uso atual, sendo assim, classificado com solo como subutilizado, pois o uso atual ocorre de modo menos intensivo que o preconizado pela sua classe de aptidão agrícola.

O Perfil 54 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário foi classificado com aptidão agrícola 6 - terras sem aptidão de uso agrícola. Preservação da Fauna e Flora. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f), com baixos teores de bases, baixa V%, possui alta saturação por alumínio (m%) e baixos valores Carbono Orgânico; deficiência de oxigênio (o): apresenta restrição à drenagem (imperfeitamente drenado); susceptibilidade à erosão (e): risco de processo erosivo devido apresentar declividade superior a 12%. A área está sem uso atual, sendo assim, classificado com solo adequado quanto ao seu uso, podendo ser destinada como área de reserva legal para preservação de fauna e flora.

O Perfil 55 - CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário apresenta aptidão 1(a)BC - terras boas para lavouras nos níveis de manejo A e B e restrita para lavoura no nível A. Suas principais limitações são: Deficiência de fertilidade (f), com teores médios de bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) e deficiência de oxigênio (o), pois o solo apresenta restrição à drenagem (moderadamente drenado); impedimentos à mecanização (m), pela presença de pedregosidade na camada arável do solo. A área está sem uso atual, sendo assim, classificado com solo como subutilizado, pois o uso atual ocorre de modo menos intensivo que o preconizado pela sua classe de aptidão agrícola.

O Perfil 56 - ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico apresenta aptidão 2(b)C: Boa para lavoura no nível de manejo C, boa para pastagem natural nível de manejo B e inapta no nível de manejo. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f), baixa SB e CTC, além de baixos teores de bases e média saturação por alumínio; deficiência de oxigênio (o): solo com restrição à drenagem (imperfeitamente drenado); impedimento à mecanização (m), sendo um solo Extremamente pedregoso e Ligeiramente rochoso e susceptibilidade à erosão (e): pois o solo tem evidências de processos erosivos (Erosão Ligeira e Laminar). A área apresenta atividades de pastagem, sendo classificada como adequada no nível de manejo B, porém denota subutilização no nível de manejo C.

O Perfil 57 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico aptidão 4P: Boa para pastagem plantada no nível de manejo B, regular para pastagem natural no nível de manejo A e inapta no nível de manejo C. Apresenta como principais limitações: deficiência de fertilidade (f), com pH próximo a 5,0, a CTC < 2,0 cmolc kg<sup>-1</sup> com baixos teores de bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>), baixa V%, com alto valores de alumínio (m%); susceptibilidade à erosão (e), pois o solo tem evidências de processos erosivos (Erosão Ligeira e Laminar); impedimento à mecanização (m): devido sua declividade superior a 4%, além da estrutura muito arenosa. A área está sem uso atual, sendo assim, classificado com solo como subutilizado, pois o uso atual ocorre de modo menos intensivo que o preconizado pela sua classe de aptidão agrícola.

O Perfil 58 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico apresenta aptidão 1C: Boa para lavoura no nível de manejo C, sendo Boa para pastagem plantada no nível de manejo de manejo B e Boa para pastagem natural no nível de manejo A. Suas principais limitações: Apresenta como principais limitações: Deficiência de fertilidade (f), baixa SB e CTC, além de baixos teores de bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) e média saturação por alumínio. A área está sem uso atual, sendo assim, classificado com solo como subutilizado, pois o uso atual ocorre de modo menos intensivo que o preconizado pela sua classe de aptidão agrícola.

Com base nos dados supracitados, a aplicação do método possibilitou análise detalhada por nível de manejo em que é possível o emprego de recursos tecnológicos para melhoramento das terras com a evolução do nível A para o nível C, o que viabiliza produções adequadas e economicamente sustentáveis. Consequente, ao analisar as aptidões pelos três níveis de manejo foi observado que dos 18 perfis analisados, quanto ao nível de manejo A, 33,3 % apresentam aptidão Boa para pastagem natural, 38,9% Regular para pastagem natural, 5,5% Restrito para pastagem natural, 16,6 Inapto para pastagem natural e 5,5% foram classificados com aptidão Restrita para lavoura nesse nível de manejo.

No nível de manejo B observou que 22% dos solos foram classificados com aptidão Boa para silvicultura, 5,5% Regular para pastagem plantada, 11% com aptidão Boa para pastagem plantada. 5,5 % dos perfis apresentaram ainda aptidão Regular para lavoura, uma expressiva porcentagem de 33,3% apresentou aptidão Restrita para lavoura e 11% foram classificados como inaptos para atividades de lavoura, podendo utilizar para atividades menos intensivas.

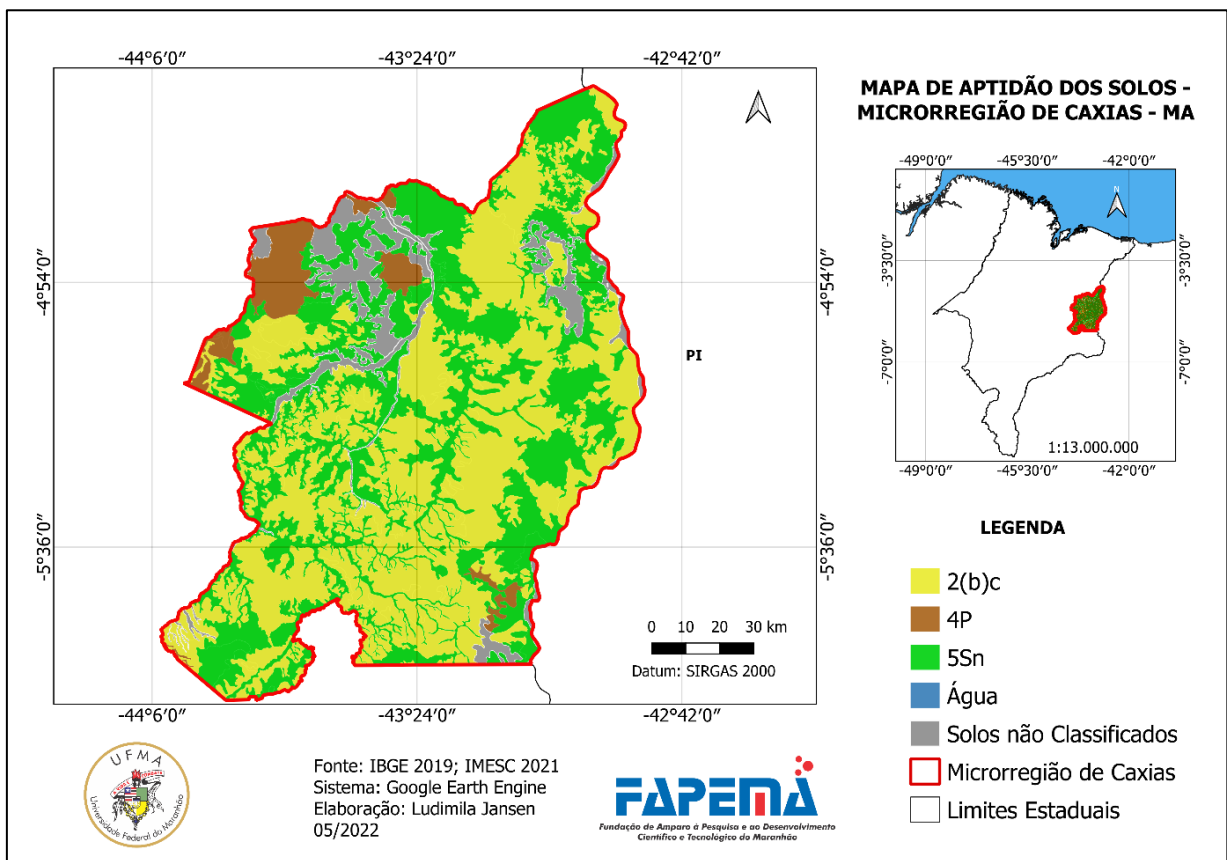
No nível de manejo C, há a predominância de terras na classe de aptidão boa para lavoura e silvicultura, em que 22,2% dos solos obtiveram aptidão Boa para silvicultura, 11,1% apresentaram aptidão Boa para pastagem plantada, 50% apresentaram aptidão Boa para lavoura,

11,1% dos perfis foram classificados como inaptos para lavoura, porém podendo ser também destinados para preservação da fauna e flora, e 5,5 Restrito para lavoura. A quantidade de solos que apresentaram uma classificação boa para lavoura justifica-se pela aplicação de capital, uso de tecnologias e insumos, o que permite a diminuição das limitações existentes na terra e o aumento das áreas produtivas na microrregião estudada (SILVEIRA et, al., 2020).

#### 4.2.1 Mapa Aptidão Agrícola da Terra na Microrregião de Caxias

A partir da aplicação do SAAT para obtenção da aptidão agrícola dos perfis em questão, foi possível elaborar o mapa de aptidão agrícola das manchas de solos dominantes presentes na Microrregião de Caxias (Figura 08). Ressalta-se que, devido ausência de dados morfológico, físicos e químicos, não foi possível realizar aplicação do SAAT para os solos presentes na região, sendo estes os Plintossolo Argilúvico, Plintossolo Háptico, Neossolo Flúvico presentes na área de estudos, sendo representada como “Solos não Classificados”.

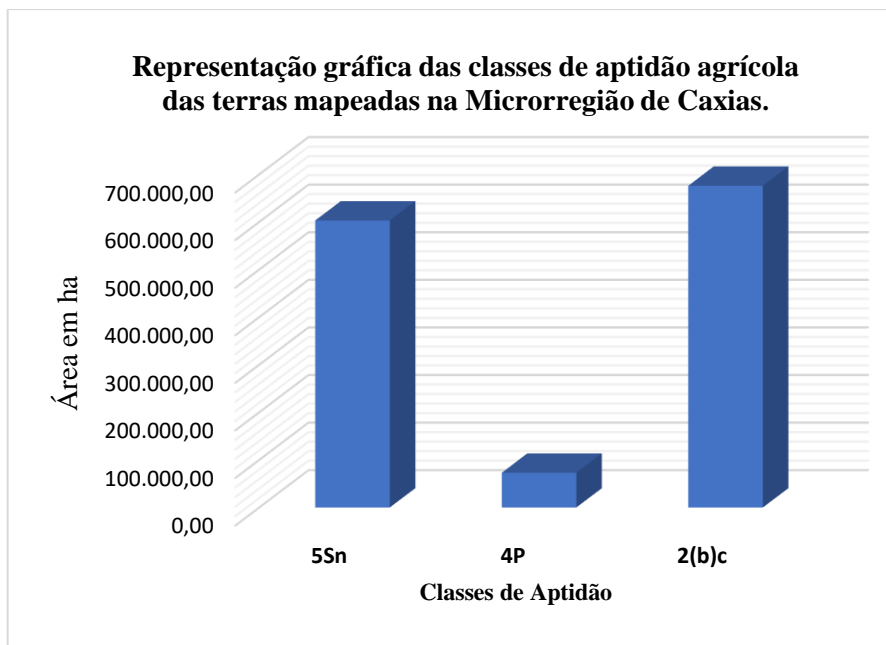
Figura 08: Mapa de Aptidão dos Solos na Microrregião de Caxias



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A classe de aptidão mais representativa na microrregião é destinada para atividades de Silvicultura e Pastagem Natural (5Sn), com uma extensão total de 6031.5626 km<sup>2</sup>, seguido das áreas destinadas para Pastagem natural (4P) com uma área total de 729.53402 km<sup>2</sup> e regulares para Lavoura com uma área de 7457,4661 km<sup>2</sup> (Figura 09).

Figura 09: Representação Gráfica das áreas de aptidão dos solos na microrregião de Caxias.



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Os solos classificados para 2(b)c, comumente regulares para Lavoura são os de maiores extensões na classe de aptidão apresentada, sendo estes os Latossolos Amarelos com uma área total de 745746,61 ha (52%), seguido dos solos com aptidão (5Sn), com os Plintossolos Pétricos, o de maior extensão nessa classe de aptidão, Neossolos Litólicos e Argissolos Acinzentados, que somados apresentam uma extensão de 603.156,26 ha e expressam 41% da área de estudo. As áreas destinadas para Pastagem natural (4P) envolvem os solos Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico com uma área total de 72.953.402 ha (5,1%).

A unidade de mapeamento mais expressiva na área de estudo é caracterizada pelos Latossolos, entre os Latossolos Vermelhos, Latossolos Amarelos, com 7530,49357 ha. Os Latossolos presentes na microrregião apresentam baixo nível de fertilidade natural, elevados teores de alumínio trocável (superior a 70%), com baixos valores de matéria orgânica (MO), com média de 16 g.kg<sup>-1</sup>, na camada arável do solo. Neste sentido estes solos requerem elevadas doses de corretivo, pois apresentam elevada acidez potencial. Do ponto de vista físico, os Latossolos são solos bem drenados, com poucos problemas quanto impedimento à

mecanização. Esses solos predominam nas áreas mais extensas, de relevo plano e suavemente ondulado, o que influencia na definição da sua classe de aptidão agrícola (EMBRAPA, 2018).

Os Plintossolos, em geral, em terrenos planos ou levemente ondulados, somam-se também como dominantes na área de estudo. De acordo com Araújo et al. (2021,) esses solos são caracterizados por seu horizonte diagnóstico subsuperficial “B” plintossólico (Bf), ou seja, com a presença de horizontes plíntico, petroplíntico ou concrecionário que limita a capacidade de retenção de água, bem como a mecanização desse solo. Na região podem ser encontrados os solos Plintossolos Pétrico, caracterizados por apresentarem uma camada ou horizonte concrecionário, ou litoplínticos; os Plintossolos Argilúvicos, por apresentar característica argilúvica, com acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial e; os Plintossolos Háplicos que se difere por não apresentar as características das classes anteriores (SANTOS et al., 2018, ARAÚJO et al. 2021). Com a expansão agrícola no Cerrado maranhense, se configurando como forte atividade na região em estudo, principalmente da sojicultura. Embora os Plintossolos apresentem grandes restrições químicas e morfológicas, revelando baixo potencial relativo de uso. Estudos como Almeida et al., 2020 abordam a expansão agrícolas em áreas de difícil manejo e o uso de cultivares adaptados para estes tipos de solos, o que possivelmente evidencia também os interesses para o cultivo de soja e outras atividades agrícolas nessa região.

Os Argissolos que compõe uma das classes dominantes na área de estudo apresentam solos bem drenados e apresenta como das características principais um aumento acentuado de argila no horizonte superficial “A” para o subsuperficial “B”, horizonte de acúmulo de argila, B textural (Bt), demonstrando a nítida diferenciação entre os seus horizontes (SANTOS et al., 2018). Comumente apresentam suscetibilidade à erosão quando o seu gradiente textural é acentuado, principalmente quando encontrados em relevos com declives acentuados. Além disso, são solos com fertilidade natural predominantemente baixa. Contudo, em pequena parcela na área de estudo, apresenta solos com fertilidade química natural devido apresentar saturação por bases trocáveis superior a 50%, o que os configuram como solos eutróficos (ARAÚJO et al., 2021). Essas áreas apresentam atividades agrossilvopastoris com a utilização de insumos agrícolas para melhoramento das condições dos solos, uma vez os Argissolos quando na forma de textura média/argilosa e argilosa com amplo predomínio do óxido de ferro goethita apresentam boas indicações para atividades agrícolas pela capacidade de água disponível e reservas de minerais (AMORIM, 2016).

Os Neossolos, um dos solos de maior ocorrência no Brasil, podem ser encontrados, embora em menor escala comparado aos demais solos dominantes na região de estudo, são solos construídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, menos de 20 cm, sem a presença de algum tipo de horizonte B diagnóstico. Apresentam grandes alterações quanto ao seu material originário pela baixa intensidade de ação dos processos pedogenéticos, seja possivelmente pela resistência do material de origem ou pela resistência maior ao intemperismo quantos aos fatores de formação (Clima, tempo, relevo), que favorecem ou limitam a evolução dos solos (SANTOS et al., 2018). Na área de estudo podem ser encontrados Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico e o Neossolo Quartzarênico. Embora se observe os avanços das atividades agrossilvopastoris na região de estudo, há necessidade de manejo apropriado para os Neossolos, uma vez que comumente apresentam restrições às atividades agrícolas e silvicultura pelas características químicas e físicas, como pelas pequenas profundidades e por apresentar pedregosidade interferindo na penetração e a exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas. Neste contexto, em estudos apresentados pelo IMESC (2019) reforça o uso de elevado nível tecnológico na agricultura como instrumento para práticas agrícolas modernas no Estado. Todavia, as agriculturas de baixo nível tecnológico ainda são comuns no Estado, como a agricultura de corte e queima (roça ou agricultura tropical), definida pelo baixo uso de insumos, visto com ressalvas no âmbito da qualidade ambiental.

As grandes limitações quanto a fertilidade natural dos solos da microrregião de Caxias inviabiliza a inserção das demais classes de aptidão agrícola da terra. Tais limitações, por exemplo, como os baixos teores de bases e altos teores de alumínio presentes em determinados solos, impossibilita a aptidão boa para Lavoura no nível de manejo A, pois o nível se utiliza de atividades de uso principalmente braçal, onde o produtor não utiliza nenhum tipo de recurso, como adubo, ou correção do solo, que exige um nível de capital não alcançado por este nível de manejo, o que limita estas áreas com aptidão boa para pastagem natural neste nível de manejo.

As limitações quanto à morfologia e atributos físicos também interferiram diretamente na classificação dos solos para outros tipos de aptidão. O impedimento a mecanização de determinados solos são comumente uma das principais limitações ao uso agrícola das culturas no nível de manejo C. Entretanto, a maioria dos solos avaliados na área de estudo podem ser utilizados para Lavoura neste nível de manejo.

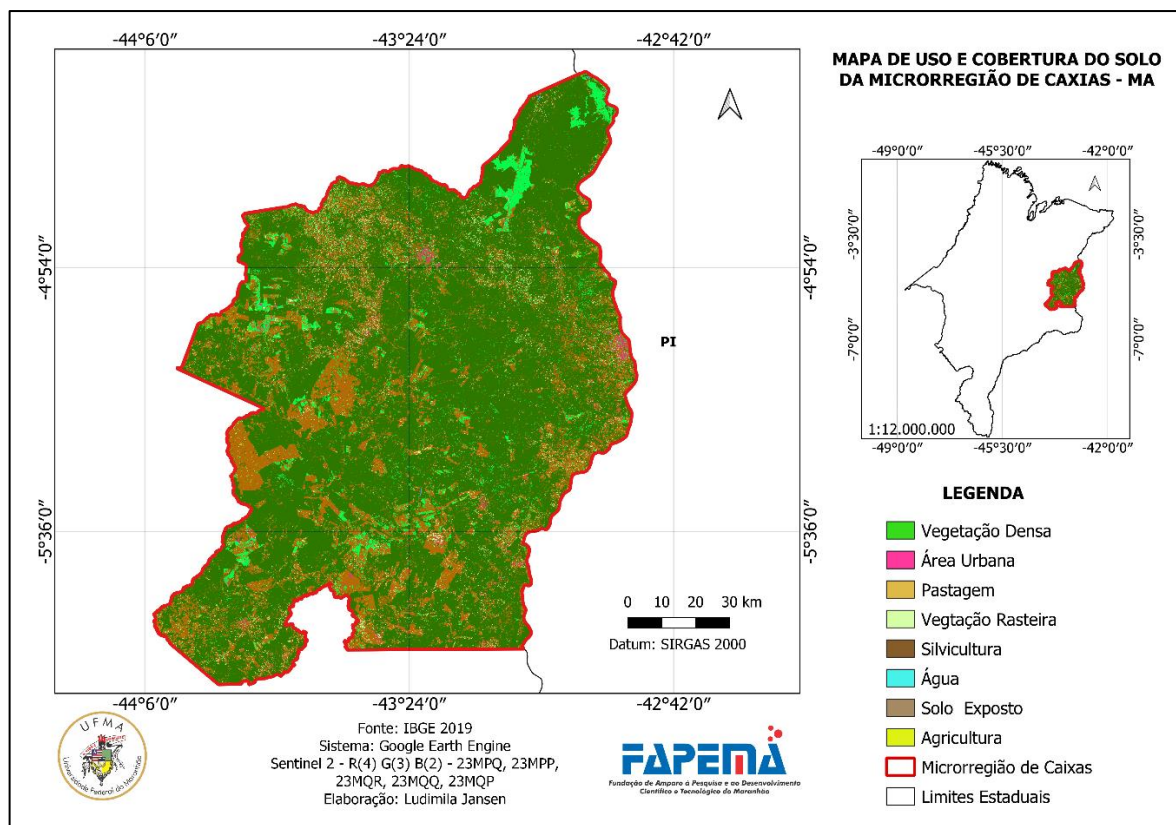
A suscetibilidade a erosão nas áreas de relevo mais acidentado pode implicar em severos processos erosivos, principalmente em solos e textura leve. Estes fatores podem ser

observados nos Neossolos Litólicos, podendo ser considerados inaptos para atividades de lavoura e silvicultura, nos 3 níveis de manejo por inviabilizar a mecanização, embora existam maquinários adaptados a diferentes condições de relevo. Além das limitações supracitadas, atributos como pedregosidade e/ou rochiosidade acentuada inviabilizam práticas mecanizadas.

### 4.3 Uso e Cobertura da Terra da Microrregião de Caxias

A partir do mosaico das imagens Sentinel 2 (23MPQ, 23MPP, 23MQR, 23MQQ, 23MQP), em conjunto com o classificador *Random Forest* foi possível obter como resultado a identificação e espacialização as principais feições de uso e cobertura do solo da área de estudo a partir do desenvolvimento de *scripts* na linguagem de programação JavaScript na plataforma do GEE para os meses de julho, agosto e setembro no ano de 2021 previamente selecionados, conforme mapeado na Figura 10.

Figura 10: Classificação de uso e cobertura da Terra.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Observa-se que a classe de vegetação densa apresenta 70,43% da extensão da área, seguida com uma expressiva área de pastagem (20,67%), seguida de Silvicultura (4,99%),

Rasteira (2,61%), Área Urbana (0,80%), Agricultura (0,25%), Água (0,21%) e Solo Exposto (0,03%), como pode ser notado na Tabela 05.

Tabela 04 - Área das classes de uso e cobertura da terra no GEE.

Fonte: dados da pesquisa (2022).

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
<b>Vegetação</b>	10.796.887	70,43
<b>Área Urbana</b>	122.436	0,80
<b>Pastagem</b>	3.168.687	20,67
<b>Rasteira</b>	400.423	2,61
<b>Silvicultura</b>	765.354	4,99
<b>Água</b>	32.755	0,21
<b>Solo Exposto</b>	5.234	0,03
<b>Agricultura</b>	38.095	0,25
<b>Total</b>	15.329.871	100,00

As atividades agropecuárias são as mais significativas na área de estudo. Esse cenário justifica-se pelas novas dinâmicas econômicas, além da ocupação do território que proporcionam crescimento dessas atividades no Maranhão, assim como a expansão da fronteira agrícola maranhense, com impactos significativos no bioma Cerrado (IMESC, 2021).

As áreas de silvicultura são significativas na Microrregião de Caxias, principalmente nos municípios de Parnarama, São João do Soter e Caxias. Esta atividade é uma tendência no âmbito nacional, evidenciando desde o ano de 2000, em que a Silvicultura tem se destacado com participação superior à Extração Vegetal no Brasil (IMESC, 2022). Embora a atividade possa ter ações favoráveis como sequestro de carbono, reflorestamento de áreas degradadas, dentre outras, estudos, como de Oliveira (2020) apontam que o avanço da atividade no Maranhão tem acarretado impactos ambientais, conflitos e mudanças sociais, disponibilidade hídrica, alterações dos solos relacionadas à modificação da cobertura do solo e na sua compactação, além das mudanças na fauna e na flora.

É importante salientar que, embora as áreas de Vegetação Densa sejam expressivas, a região dos Cocais tem sofrido pressões pela atividade do extrativismo vegetal, como o Carvão vegetal, que possui elevado valor de produção, e especialmente pela coleta do babaçu. Neste contexto, grande parte dessa área recoberta por babaçuais estão degradadas (IMESC, 2022).



### 4.3.1 Avaliação da Classificação

A validação e a acurácia da classificação realizada foram obtidas a partir da matriz de confusão (índice Kappa) dos dados gerados a partir do classificador *Random Forest*, na plataforma GEE. Após aplicação do *script* de classificação, o sistema gerou uma matriz matemática que apresentam os valores referentes à taxa de acerto do algoritmo em relação às amostras dos pixels coletados e caracterizados com a classe específica (Tabela 04).

Tabela 05 - Matriz de Confusão

	Valor	Vegetação	Urbana	Pastagem	Rasteira	Silvicultura	Água	Solo exposto	Agricultura
Vegetação	0	1142	0	1	0	0	0	0	0
Urbana	1	1	149	1	0	3	0	0	0
Pastagem	2	15	3	1050	0	6	0	0	0
Rasteira	3	23	3	24	173	2	0	0	0
Silvicultura	4	16	1	27	3	2048	0	0	0
Água	5	0	0	0	0	0	74	0	0
Solo exposto	6	0	4	2	0	0	0	50	0
Agricultura	7	20	3	30	3	22	0	0	96
Total	8	1217	163	1135	179	2081	74	50	96

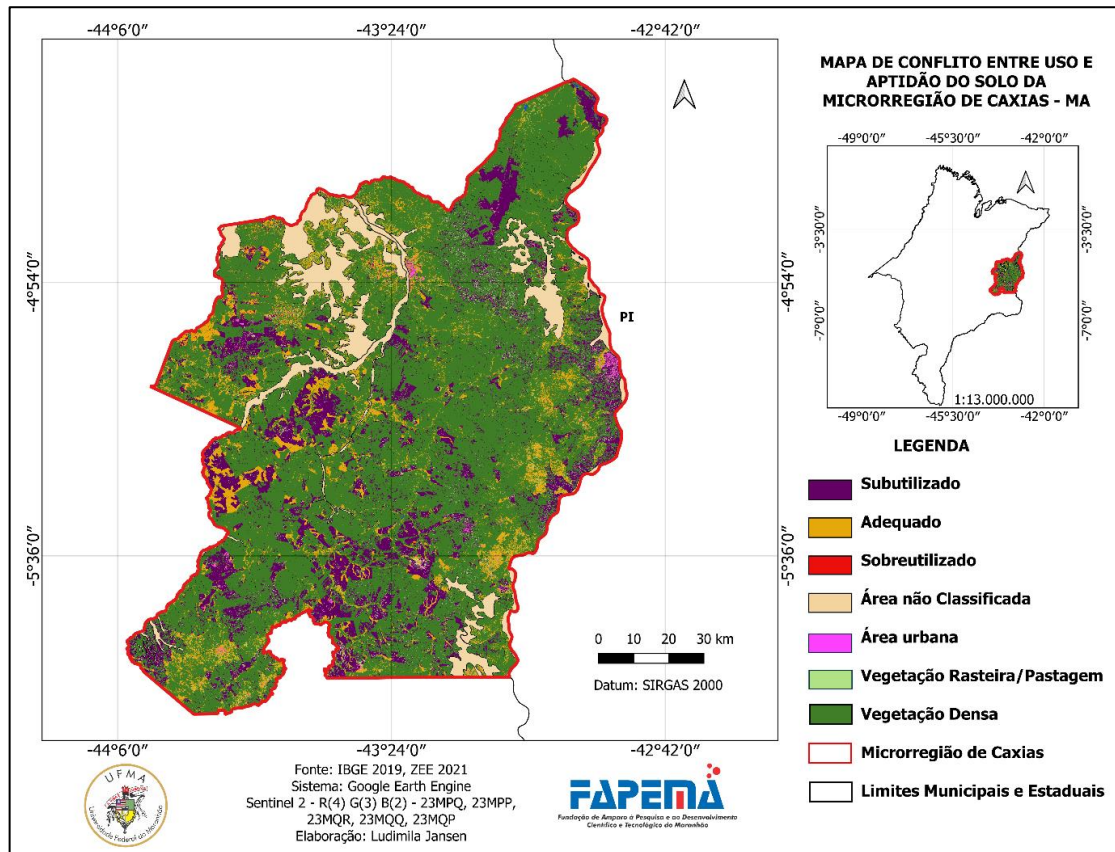
Fonte: dados da pesquisa (2022).

A acurácia dos dados avaliados a partir da matriz de confusão revela, conforme Tabela 04, que das 5.000 amostras de testes, 4995 foram classificadas corretamente. Isso representa que a Exatidão Global (Precisão Geral) foi de 96%. A classe que apresentou maior confusão na sua classificação foi a classe de Vegetação (0), com 75 amostras confundidas (omitidas) onde 23 foram classificadas como Vegetação Rasteira, 20 como agricultura, 16 como Silvicultura, 15 como Pastagem e 1 como área urbana. As demais classes que apresentaram confusão, conforme matriz, foram Silvicultura (4) com 33 amostras omitidas, seguidas de Pastagem (2), com 15, Área Urbana (1) com 14 e Vegetação Rasteira (3), com 6 amostras omitidas. O Índice Kappa de 0, que consoante a escala de qualidade de classificação de Landis e Koch (1977), a classificação pode ser considerada excelente.

### 4.4 Mapa de Conflito de Uso das Terras e Aptidão do Solo

A partir do cruzamento entre os resultados dos principais usos e aptidão dos solos da área de estudo foi possível obter a abrangência dos conflitos quanto ao manejo dos solos dominantes, conforme Figura 11.

Figura 11: Mapa de Conflito entre uso e aptidão dos solos na Microrregião de Caxias.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A classe de aptidão Boa para silvicultura e regular para pastagem apresentam solos com relevo predominantemente suave ondulado, com drenagem que variam de imperfeitamente drenados a bem drenados e com texturas variadas de arenosa, siltosa e argilosa (os Plintossolos Pétricos). Os solos inseridos nessa classe de aptidão são os Plintossolo Pétrico, Neossolo Litólico, Argissolo Acinzentado.

Na estimativa quanto aos graus de fatores limitantes do uso da terra, esta classe de aptidão apresenta de baixa a média fertilidade natural. As limitações quanto aos seus atributos químicos e morfológicos, justifica seu uso para atividades de Silvicultura por possibilitar o aproveitamento e o desenvolvimento de povoação florestal com finalidade comercial, desde que ocorra manutenção racional das florestas; e atividades de pastagem natural, a partir do manejo e melhoramento com práticas de baixo nível tecnológico, baixa aplicação de capital e práticas conservacionistas para o controle da erosão (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995; XAVIER et al., 2021).

As análises dos conflitos quanto às atividades desenvolvidas e a classe de aptidão agrícola das terras mostram que 21% da área apresenta uso adequado conforme à aptidão dos

solos, com uma área de 168.822,019 km<sup>2</sup>, sendo 1% sobreuso, equivalente uma área de 4.478,584 km<sup>2</sup>. É importante ressaltar que as demais classes, identificadas na Figura 11 como “Área não Classificada” presentes na área de estudo (Área Urbana, Água, Vegetação Densa e Rasteira, e solo exposto) não foram consideradas quanto ao cruzamento dos conflitos, visando análise apenas dos usos agrícolas da terra. As áreas classificadas como vegetação rasteira não foram incluídas, visto que esta classe pode apresentar também áreas de pastagem.

A classe de aptidão agrícola definida como boa para pastagem plantada apresenta relevo sumamente ondulado, solos profundos, textura arenosa e média arenosa, com drenagem que variam de imperfeitamente drenados a bem drenados. Os solos presentes na área de estudo com essas características supracitadas são Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico. Comumente esses solos apresentam fertilidade natural de baixa a muito baixa, o que se constitui como a principal limitação para o uso agrícola, que melhoram para cultivo a partir da correção e adubação (BIAZUSSI, 2020).

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra revela que esta classe de aptidão apresenta predominantemente baixa fertilidade natural, teores de baixo a médio de soma de base, com média saturação por alumínio, deficiência de oxigênio por apresentar solos imperfeitamente drenados.

A definição para aptidão de pastagem plantada justifica-se a partir de técnicas de conservação do solo, como pastejo rotacionado, terraço em nível, que evitam a formação de grandes erosões como as voçorocas, pois estes solos apresentam alta erodibilidade. Outra técnica para melhoria desses solos a partir dos métodos de correção como calagem, que tem como principal ação de melhoria quanto a fertilidade do solo pelo controle da acidez com o aumento do pH do solo e práticas conservacionistas para o controle da erosão (BIAZUSSI, 2020).

Os conflitos quanto às atividades desenvolvidas na classe de aptidão agrícola para Pastagem Plantada mostram que 20% da área apresenta uso adequado, com uma área de 158.778,99 km<sup>2</sup>, 7% áreas são subutilizadas, equivalente uma área de 54.662,734 km<sup>2</sup> e apenas 1% se configuram como sobreutilizadas 7.774,46 km<sup>2</sup>.

As áreas classificadas com aptidão para Lavouras apresentam predominância de relevo plano e suave ondulado, com solos bem drenados com textura média e argilosa, não apresentam erosões aparente. Os Latossolos Amarelos presentes na área de estudo são exemplos de solos com as características citadas.

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra constata que, embora apresente baixo nível de fertilidade química natural e acidez natural, esses solos podem apresentar aptidão boa para Lavoura. A definição para aptidão para lavouras justifica-se, em termos físicos, pela boa permeabilidade e porosidade, pois proporcionam adequada distribuição de poros, o que auxiliam na drenagem e difusão de gases, além da retenção e armazenamento de água (GUARÇONI, 2019).

As áreas destinadas para lavoura apresentam potencialidade na produção econômica da região pela possibilidade de culturas de ciclo curto e culturais anuais, considerando as condições climáticas locais. O emprego de práticas de manejo, do mais simples como a calagem, responsável por disponibilizar os macros e micronutrientes essenciais às plantas, a práticas de aplicação de gesso, escarificação do solo, rotação de culturas e limitação quanto ao uso de maquinários pesados para evitar a compactação desses solos (BIAZUSSI, 2020).

Os conflitos quanto às atividades desenvolvidas e a classe de aptidão agrícola das terras mostram que menos de 1% da área destinada para lavoura apresenta uso adequado conforme à sua aptidão, com uma área de 2.081,485 km<sup>2</sup> e 30% subutilizadas, variando entre atividades de pastagem e silvicultura, com uma área de 214.994,881 km<sup>2</sup>.

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra constata que, embora apresente baixo nível de fertilidade química natural e acidez natural, esses solos podem apresentar aptidão boa para lavoura. A definição para aptidão para lavouras justifica-se dado que, em termos físicos, pela boa permeabilidade e porosidade, pois proporcionam adequada distribuição de poros, o que auxiliam na drenagem e difusão de gases, além da retenção e armazenamento de água.

## **5. CONCLUSÕES**

A partir da aplicação do SAAT, verificou-se que 47% dos solos da microrregião de Caxias são apresentam aptidão boa para pastagem natural no nível de manejo A, com a possibilidade aptidão Boa para lavouras no nível de manejo C, seguido de regular para pastagem plantada entre os níveis de manejo B e C. Entretanto, foi possível observar que o perfil 56, Chernossolo Rêndzico, solo menos significativo na região, apresenta possibilidade de uso para lavouras nos três níveis de manejo.

A classe de aptidão mais representativa na Microrregião é destinada para Silvicultura e Pastagem Natural (5Sn), com uma extensão de 6031,5626 km<sup>2</sup>, seguido das áreas destinadas

para Pastagem natural (4P) com uma área total de 729,53402 km<sup>2</sup> e regulares para Lavoura com uma área total de 7457,4661 km<sup>2</sup>.

A classificação de uso e cobertura realizada no *Google Earth Engine*, mostrou que 42% dos solos na área de estudo estão destinados para pastagem, com o crescimento da Silvicultura. As áreas de conflitos demonstraram que em média 40% das atividades desenvolvidas na microrregião estão adequadas à sua aptidão agrícola, 37% das áreas são subutilizadas e 22% apresentam sobreutilização dos solos quanto à aptidão agrícola.

O uso da plataforma *Google Earth Engine* e do geoprocessamento permitiu uma visão quantitativa da cobertura dos solos da área de estudo, sendo uma ferramenta ágil que possibilitou a análise de imagens em curto tempo com facilidade de manuseio, comparada a outros processamentos digitais.

O *Random Forest* mostrou-se eficaz para atividade de mapeamento do uso e cobertura, obtendo uma boa precisão (96%) com uma boa classificação conforme os resultados do Índice Kappa. A utilização dessas ferramentas atreladas a outras variáveis de análise do solo permite o fortalecimento de estudos, gestão e políticas públicas ambientais e estratégias econômicas.

A aplicação da metodologia de Sistema Avaliação de aptidão agrícola das terras na microrregião de Caxias, com base nos níveis de manejos para diferentes usos, permitiu compreender a capacidade de uso dos solos e, assim, auxiliar discussões socioambientais e econômicas que são principais fatores no uso dos solos como território, além da compreensão acerca dos fatores limitantes e degradação dos solos atrelados às dinâmicas territoriais a fim de fornecer subsídios para planejamentos de uso e manejo na área estudada.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, A. P. Uso de indicadores químicos na avaliação da qualidade do Argissolo vermelho amarelo distrocoeso em um sistema de cultivo em aleias. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

ARAÚJO COSTA, R.C., PEREIRA, G.T., TARLÉ PISSARRA, T.C., SILVA SIQUEIRA, D., SANCHES FERNANDES, L.F., VASCONCELOS, V., FERNANDES, L.A., PACHECO, F.A.L. Hide details Land capability of multiple-landform watersheds with environmental land use conflicts. *Land Use Policy*, **Science Direct**. Volume 81, February 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718309670#!>. Acesso em: 22 jan. 2022.

ARAÚJO, Pontes de., [et al.] **Solos e Aptidão Agrícola das Terras**. in: Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA): meio físico-biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. 2. ed. v.1 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias... [et al.] (Orgs). São Luís: IMESC, 2021.

BANDEIRA, I.C.N.; DANTAS, M.E.; THEODOROVICZ, A.; SHINZATO, E. **Mapa geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.

BARBOSA, W.C.S e VALLADARES, G. S. Analysis of the landscape and land use changes in the Brazilian northeast, semiarid coast. **Sociedade & Natureza** [online]. 2020, v. 32 pp. 620-632. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-48038>>. Acessado 16 Março 2022.

BEEK, K. J. **Recursos naturais e estudos perspectivas a longo prazo: notas metodológicas**. Brasília: SUPLAN, 1975. 69p. Mimeografado.

BENNEMA, J.; BEEK, K. J.; CAMARGO, M. N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/F AO, 1964. 49p. Mimeografado.

BERTONI, J.; LOMBARDI, NETO. F. **Conservação do Solo**. Piracicaba, SP: Editora Livrocere, 1985. 392p.

BIAZUSSI, Altair et al. Impacto Ambiental: Controle De Erosões. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.237-243, 2011.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 01, p. 37-46, 1960.

COSTA, Renata Cristina Araújo et al. Land capability of multiple-landform watersheds with environmental land use conflicts. **Land use policy**, v. 81, p. 689-704, 2019.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Produção Científica – A [Atualizada em 13 jan.2012] Disponível em:< [http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=cpr\\_m%5Flayout&sid=94](http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=cpr_m%5Flayout&sid=94)> Acesso em: 23 de mar. 2022.

OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

EMBRAPA - Solos, 2018. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 5a ed.,Brasília: EMBRAPA Solos, 356p.

ESPINDOLA, C. R., Histórico das pesquisas sobre solos até meados do século XX, com ênfase no Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 39 (2), 27-70, 2018.

ESPINDOLA, C. R., Material de Origem Do Solo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 38 (1), 59-70, 2017.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations A Framework For Land Evaluation. Soils Bull. FAO, Rome, 1976.

FERRANTE, L.; FEARNSTIDE, P. M. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environmental Conservation**, v. 46, n. 4, p. 261–263, 2019.

FLAUZINO, B. K.; MELLONI, E. G. P.; PONS, N. A. D.; LIMA, O. de. Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em sub-bacia hidrográfica Piloto no Sul de Minas Gerais. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 277-287, 2016. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9025>. Acesso em: 30 set. 2021.

FONSECA, A.; AMORIM, L.; RIBEIRO, J.; FERREIRA, R.; MONTEIRO, A.; SANTOS, B.; ANDRADE, S.; SOUZA JR.; C., & VERÍSSIMO, A. 2021. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal** (agosto 2021) SAD (p. 1). Belém: Imazon.

FRANÇA, B.; LIMA, J. J. M.; SOUSA, K. A.; LIMA, L. F. A.; SANTOS, M. A.; CARMO, S. S.; RAMOS, M. R., Capacidade de uso e aptidão agrícola de uma fazenda em São Domingos do Araguaia (PA). **Revista GEONORTE**, V.10, N.36, p.134-153, 2019.

GAMA, D. C.; JESUS, J. B. Principais solos da região semiárida do Brasil favoráveis ao cultivo do Eucalyptus L' Heritier. **BIOFIX Scientific Journal** v. 5 n. 2 p. 214-221 2020.  
GAZOLLA, P. R., GUARESCHI R. F., PERIN A., PEREIRA M. G., ROSSI C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 36, n.2, p. 693-704, 2015.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. O Geossistema pela Complexidade: Uma releitura das Esferas Geográficas. **Revista do Departamento de Geografia, [S. l.]**, v. 35, p. 15-27, 2018. DOI: 10.11606/rdg. v 35i0.140927. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/140927>. Acesso em: 28 set. 2021.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., MOORE, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, 202, 18–27.

GUARÇONI, André et al. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incapem em Revista**, v. 10, p. 22-42, 2019.

GUEDES, J.; DA SILVA, S. M. P. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação: Princípios Físicos, Sensores e Métodos. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.12, n.29, mai./ago. de 2018. Pp. 127- 144. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/4001>. Acesso em 05 fev 2022.

HASAN, M. A.; ALAM, J.; PEAS, M. H.. Groundwater vulnerability assessment in Savar upazila of Dhaka district, Bangladesh: A GIS-based DRASTIC modeling, **Groundwater for Sustainable Development**., v.6 n.2, p.31-45, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352801X18301619?via%3Dihub>. Acesso em 22 Jan. 2022.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores Indústria Brasileira de Árvores) (2019) Relatório 2019. São Paulo: IBÁ. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 05 abril 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário - 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em 26 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da pecuária municipal 1990 - 2020**. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>>. Acesso em: 05 out. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017** / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

\_\_\_\_\_. Coordenação de recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 7 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

\_\_\_\_\_. **Divisão territorial brasileira**. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_territorial/divisao\\_territorial/2013/](http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial/2013/). Acesso em: 02 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 – 2018**. Rio de Janeiro, 2020. 26 p.

IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura: O que mudou no Maranhão nos últimos 20 anos?**. São Luís. 2021. Disponível em:<<http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/382564664c4eb6e9b71374f5eda9fa1890.pdf>> Acesso em 31 Maio 2022.

IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Agricultura Maranhense**. São Luís. Jun/2021. Disponível em: <<http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/6aa7c2a8fd1f5c515b2f1294d6329a67.pdf>> Acesso em 02 out. 2021.

IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE: etapa**



**Bioma Amazônico.** Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (organizadores). São Luís: IMESC, 2019.

\_\_\_\_\_. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA): meio socioeconômico, arranjos jurídicos-institucionais, dinâmicas de sobreposições e usos e cobertura da terra – Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.** 2. ed.,v.2 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias... [et al.] (Orgs). São Luís: IMESC, 2021. 287 p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

LIMA, V.C. **Fundamentos de pedologia. Fundamentos de pedologia Curitiba:** Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2001. 343p.

LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D. & RHIND, D. **Geographic Information Science and Systems (4).** USA: **Courier Kendallville**, 2015.

LUMBRERAS, J.F.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P.E.F. da; BARROS, A.H.C.; AGLIO, M.L.D.; DART, R. de O.; SILVEIRA, H.L.F. da; QUARTAROLI, C.F.; ALMEIDA, R.E.M. de; FREITAS, P.L. de. **Aptidão agrícola das terras do MATOPIBA.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. 48p. il. color. (Embrapa Solos. Documentos, 179).

MAES, J. et al. **Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Urban Ecosystems.** Publications office of the European Union, Luxembourg. 2016.

**MAPBIOMAS - Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo - 2019.** Disponível em: < <http://mapbiomas.org>>. Acesso em: 23 set. 2021.

MARQUES, J.Q. de A., coord. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra.** [Rio de Janeiro]: Escritório Técnico de Agricultura Brasil - Estados Unidos, 1971. 443p.il.

MARQUES, J.Q. de; BERTONI, J.; GROHMANN, F. Levantamento conservacionista; levantamento e classificação de terras para fins de conservação do solo. **Boletim**, 67, Campinas, IAC, 1955, 33 p.

MELO, M; BRANDÃO, A.; LIMA, J.. Relação Entre Sociedade e Natureza e Desdobramentos do Agronegócio na Contemporaneidade. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.12, n.1) pg 36 – 49, vii.2018.

NEVES, C. E. das; SODRÉ, M. T. Por um Geossistema complexo: articulações teóricas e operacionais apoiadas por núcleos e redes de pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia, [S. l.]**, v. 41, n. 1, p. e169705, 2021. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169705. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/169705>. Acesso em: 28 set. 2021.

NORTON, E.A. 1939. **Land classification as an aid in soil conservation operations in “the classification of land”**. University Missouri, Agricultural Experimental Station, 334 p. (Bulletin, 421)

NUNES, A.A.L.; PORTELA, J.C.; DIAS, N.S.; SILVA, M.L.N.; SILVA, J.F.; REBOUÇAS, C.A.M.; PORTO, V.C.N.; NETO, M.F. Alluvial soil quality in agroforestry systems and native forest of the 19 Brazilian semiarid region. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.3731-3739, 2015.

OLIVEIRA, Allison Bezerra; PAZ, Diego Armando Souza; DA SILVEIRA, Keilha Correia. Expansão da silvicultura do eucalipto e transformações no uso da terra em municípios do oeste maranhense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, n. 19, p. 202006, 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; MENDONÇA, L. A. R.; FONTENELE, S. B.; ARAÚJO, A. O.; BRITO, M. G. S. L. Statistical multivariate analysis Applied to environmental characterization of soil in semiarid region. **Revista Caatinga**. V32, p.200 – 210, 2019.

OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

OLIVEIRA, K; J. B. de, LIMA, J. S. S. de; AMBRÓSIO, M. M. de Q.; BEZERRA NETO, F., e CHAVES, A. P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**. vol.40 no.1 Lisboa, mar. 2017

PAVANELLI, João Arthur Pompeu. **Análise espaço-temporal da produção de alimentos e uso da terra para agricultura no Brasil**. – São José dos Campos: INPE, 2020. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2020. 288P.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Documentos, 43). Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_43.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_43.pdf)>. Acesso em: 11 set. de 2021.

PEREIRA, Patricia Barbosa; DE BRITO NUNES, Hikaro Kayo; DA SILVA ARAÚJO, Francisco de Assis. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1415-1428, 2021.

PEREIRA, PRM, BOLFE, EL, RODRIGUES, TCS e SANO, EE: Dynamics of Agricultural Expansion in Areas of the Brazilian Savanna Between 2000 and 2019, Int. Arco. Fotograma. **Sensor Remoto Inf. Espacial**. Sci., XLIII-B3-2020, 1607-1614.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 65p.

REZENDE, S. B. de; RESENDE, M. **Solos dos mares de morros: ocupação e uso**. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. (Ed.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento. Viçosa: SBCS: UFV, 1996. p. 261-288.

RIBEIRO, J. C., ANJOS, L. H. C. dos, & PEREIRA, M. G. (2019). Aptidão e capacidade de uso das terras do Vale do Paraíba Paulista para o cultivo de *Tectona grandis* L. **Agrarian**, 12(44), 182–195.

RODRIGUES, G.S. S. C.; TEIXEIRA, G.; LOPES O. R. P. **Silvicultura e Impactos Socioambientais**. In: RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos, [et al.]. Eucalipto no Brasil: expansão geográfica e impactos ambientais. Comoser, Uberlândia, 2021. p. 66-109.

SAGRIMA. **Perfil da Agropecuária Maranhense**. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca - SAGRIMA. (fevereiro. 2020). – São Luís: SAGRIMA, 2020.

SALVIANO, A.M.; CUNHA, T.J.; OLSZEWSKI, N.; NETO, M.B., GIONGO, V.; QUEIROZ, A.F., & MENEZES, F.J. (2017). Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região Semiárida da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.2, p.137-148, Abr./Jun.2016.

SANTOS, F.J. & KLAMT, E. Gestão agroecológica de microbacias hidrográficas através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto - caso Fazenda Pantanoso. **Ci. Rural**, 34:1785-1792, 2004.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7.ed. Viçosa: SBCS, 2015. 92p.

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

SILVA, Romero Gomes Pereira da. **Cenários dos Espaços Verdes Urbanos no Brasil**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. 2018.

SILVEIRA, Lucas da.; KASHIWAQUI, M. M.; COSTA, B; P.; REGO, C. A. R. M; OLIVEIRA, P. S. R.; MATTEI, E., Capacidade de uso e aptidão agrícola em pequena propriedade no município de Mundo Novo/MS. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n. 8, p. 54890-54903, agosto, 2020.

SOCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**. n.16, 1-52, 1977.

SOCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistema de vida terrestre**. São Paulo: USP; 1978.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

SUZUKI, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches et al. Capacidade de uso e aptidão agrícola das terras de propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. **ForScience**, v. 9, n. 1, p. e00873-e00873, 2021.

USDA, U. S. Department of Agriculture. Department of Agriculture - 2019. Disponível em: < [www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov)>. Acessado em: 25 set 2021.

VALLADARES, Gustavo Souza et al. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, 2012.

VALLE JUNIOR, R. F.; SIQUEIRA H. E.; VALERA, C.A.; OLIVEIRA, C.F.; SANCHES, FERNANDES, L. F.; MOURA, J. P.; PACHECO, F.A.L. Diagnosis of degraded pastures using an improved NDVI-based remote sensing approach: an application to the environmental protection area of Uberaba river basin (Minas Gerais, Brazil). **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, 14 (2019), pp. 20-33.

VANOLLI, Beatriz da Silva. **Alterações da macrofauna do solo induzidas pela expansão de cultivo de cana-de-açúcar sobre áreas de pastagem extensiva**. 2021. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2021. doi:10.11606/D.11.2021.tde-31032021-154608. Acesso em: 19 set. 2021.

XAVIER, M. V. B.; SANTOS, L. L.; FONSECA, A. P. M.; ALMEIDA, E. S. de.; ALMEIDA, L. V. O.; AGUIAR, R. M. A. S.; DUARTE MOREIRA, C. D.; SEMENSATO, B. D. .; FERREIRA, J. M. .; OLIVEIRA, P. V. A. de . Capacity of use and soil conservation management of a fragment of cerrado sensu stricto, Montes Claros-MG. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e41410716697, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16697. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16697>. Acesso em: 28 jul. 2022.

## ANEXO A – QUADRO-GUIA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS PARA REGIÃO DE CLIMA TROPICAL ÚMIDO

Aptidão agrícola			Grau de limitação <sup>(1)</sup>															Tipo de utilização indicado
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Susceptibilidade à erosão			Impedimentos à mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	<u>N/L1</u>	<u>N2</u>	LM	LM	LM	L	<u>L1</u>	<u>N/L1</u>	LM	<u>N/L1</u>	<u>N2</u>	M	L	N	Lavouras
	2abc	Regular	LM	<u>L1</u>	<u>L2</u>	M	M	M	M	<u>LM1</u>	<u>L2</u>	M	<u>LM1</u>	<u>N2/L2</u>	MF	M	L	
	3(abc)	Restrita	MF	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	MF	MF	MF	MF	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	F*	<u>M1</u>	<u>L2</u>	F	MF	M	
4	4P	Boa		<u>M1</u>			M			<u>F1</u>			<u>M/F1</u>		MF		Pastagem plantada	
	4p	Regular		<u>M1/F1</u>			MF			<u>F1</u>			<u>F1</u>		F			
	4(p)	Restrita		<u>F1</u>			F			<u>F1</u>			<u>MF</u>		F			
5	5S	Boa		<u>M/F1</u>	<u>N/L2</u>		M	L		<u>L1</u>	<u>N2</u>		<u>F1</u>	<u>L2</u>		MF	L	Silvicultura e/ou Pastagem natural
	5s	Regular		<u>F1</u>	<u>L2</u>		MF	M		<u>L1</u>	<u>N/L2</u>		<u>F1</u>	<u>LM2</u>		F	LM	
	5(s)	Restrita		MF	<u>M2</u>		F	MF		<u>LM1</u>	<u>M2</u>		MF	<u>M2</u>		F	MF	
	5N	Boa	MF			MF			MF			F			MF			
	5n	Regular	F			F			F			F			MF			
5(n)	Restrita	F/MF			MF			F			F			MF				
6	6	Sem aptidão agrícola		-			-			-			-			-		Preservação da fauna e flora

NOTAS: - Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras.  
 - A ausência de algarismos sublinhados acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.  
 - Terras sem aptidão para lavouras em geral, devido ao excesso de água, podem ser indicadas para arroz de inundação.  
 - \* No caso de grau forte por susceptibilidade à erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior de que ligeiro a moderado para a classe restrita.

<sup>(1)</sup> Grau de limitação:  
 N – nulo  
 L – ligeiro  
 M – moderado  
 F – forte  
 MF – muito forte  
 / – intermediário

Fonte: Ramalho; Beek, (1995) adaptados para silvicultura por Motta et al. (2015)

**ANEXO B – DESCRIÇÃO GERAL DOS PERFIS DA MICROREGIÃO DE CAXIAS -  
ZONEAMENTO ECONÔMICO DO MARANHÃO – ETAPA BIOMA CERRADO ZEE  
- 2021 (IMESC, 2021)**

<b>DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL</b>	
<p><b>PERFIL Nº: 30</b> <b>Projeto: ZEE-Cerrado</b></p> <p>DATA: 24/11/2020 CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico UNIDADE DE MAPEAMENTO: <b>PACd</b> LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: estrada de acesso ao povoado São Francico , sentido povoado, São João do Sóter-MA COORDENADAS: 04° 58' 54.1'' S 43° 41' 41.5'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA V: Cerrado típico, 3% de declividade. ALTITUDE: 99 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Treço 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: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>) (Thorntwaite) DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho e Elienê Pontes de Araújo.</p>	
<b>DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA</b>	
A	0–23 cm; (23cm) Cinzento-Brunado-Claro (10YR 6/2, seca), Cinzento-Muito-Escuro (10YR 3/1, úmida); franco-argiloarenossa; 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-argiloarenossa; 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 paralelepípedica; 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, (GLE Y2 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.

#### OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 41**

**Projeto: ZEE-Cerrado**

DATA: 17/12/2020

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 aprente.

DRENAGEM: Bem drenado.



VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado Tropical.

USO ATUAL: Sem uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvia Aurélio Cavalcante.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- 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.
- 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.
- 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.

OBSERVAÇÕES –





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 42**

**Projeto: ZEE-Cerrado**

DATA: 18/12/2020

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.

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: Pasto.

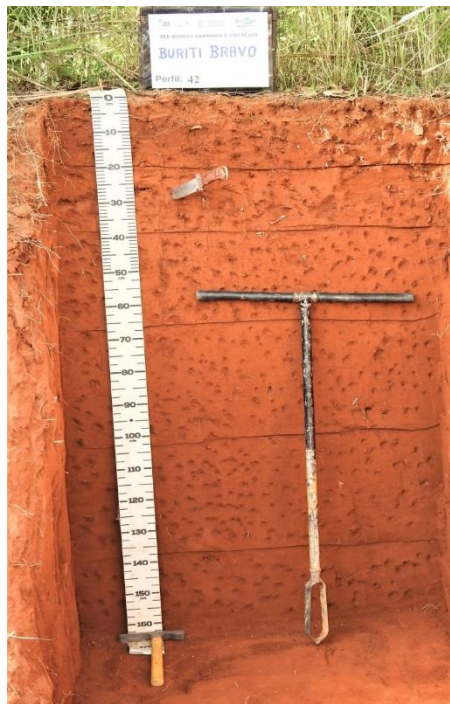
CLIMA: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap 0–20 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.
- 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.
- 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.
- Bt<sub>1</sub> 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.
- Bt<sub>2</sub> 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.
- Bt<sub>3</sub> 139cm+, Vermelho (10R 4/6, úmida); muito argilosa, granular moderada, muito pequena e e blocos subangulares moderada e pequena; friável, plástica e pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e comuns.

OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

PERFIL Nº: 44

Projeto: ZEE-Cerrado

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: Capoeira.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silvae Sílvia Aurélio Cavalcante.

### 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.

Bw1 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.

BW2 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.

### OBSERVAÇÕES –





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 45**

**Projeto: ZEE-Cerrado**

DATA: 20/12/2020

CLASSIFICAÇÃO: ARGILOSSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico, textura argilosa, A moderado, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: Pvd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA – 127, sentido Caxias, São João do Sóter-MA

COORDENADAS: 05° 06' 00.4'' S, 43° 47' 23.1'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, declividade de 5%, Capoeira.

ALTITUDE: 145m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, Terço superior.

LITOLOGIA: Arenito / Siltitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Codó.

CRONOLOGIA/PERÍODO: Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Alóctone, aluvionar, semibrando.

PEDREGOSIDADE: Não Pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado, tropical.

USO ATUAL: Capoeira.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.



## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–22cm, (22cm); bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmida), franca, forte, média em blocos subangulares; extremamente dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos, médios, grandes e comuns; transição plana e clara.
- AE 22–42 cm, 20cm; bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 7/3, úmida), Mosqueado Amarelo-Avermelhado (7.5YR 8/6)pouco, média, proeminente; franco-siltosa; forte, pequena, média e prismática; extremamente dura, muito firme, muito plástica e pegajosa; raízes médias, grossas e poucas; poros muito pequenos, grandes e comuns; transição plana e clara.
- E 42-65cm, 23cm; bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 8/3, úmida); argilossiltosa, forte, média e prismática; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes médias, grossas e poucas; poros muito pequenos, pequenos, médios, grandes e abundantes; transição plana e clara.
- Bt 65-100cm, 35 cm; rosado (5YR 7/4, úmida); argila; forte, média e prismática; cerosidade comum e moderada; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos, muito grandes e comuns; transição plana e gradual.
- Bw<sub>2</sub> 100cm+; rosado (5YR 7/4, , úmida); argilossiltosa; moderada, muito pequena, média e granular; dura, muito friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes finas e poucas; poros pequenos, médios, muito grandes e abundantes.

OBSERVAÇÕES – Presença da poros de bioturbação ao longo de todo o perfil





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 46**

**Projeto: ZEE-Cerrado**

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: 05° 10' 16.8'' S; 43° 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: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silvae Sílvia Aurélio Cavalcante.

### 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.

### OBSERVAÇÕES-





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 47**

**Projeto: ZEE-Cerrado**

DATA: 20/12/2020

CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Latossólico, textura argilosa, A moderado, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO:FFc

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Estrada da Fazenda Novo Oriente, sentido povoado Cacimbas, São João do Sóter-MA

COORDENADAS: 05° 01' 09.6'' S, 43° 49' 24.8'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, Capoeira/Babaçal.

ALTITUDE: 155m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, Topo.

LITOLOGIA: Arenito / Siltito

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: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerradão tropical.

USO ATUAL: Capoeira.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silvae Sílvia Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ac 0–30cm, (30cm); Bruno-Escuro (7.5YR 3/2, úmida), franca, moderada, pequena e granular; muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas, grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e clara.
- ABc 30–56m, (26cm); Bruno-Amarelado (10YR 5/4, úmida), argiloarenosa; moderada, pequena em blocos angulares; muito friável, plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
- BAc 56-80cm, (36cm); amarelo-avermelhado (7.5YR 6/6); argiloarenosa, moderada, pequena e granular; solta, plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos; transição plana e gradual.
- Bwc<sub>1</sub> 80-109cm, (29cm); variegada amarelo-avermelhado (7.5YR 6/8 úmida), bruno-amarelado (10YR 5/6 úmida); argiloarenosa; moderada, muito pequena e granular; solta, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e difusa.
- Bwc<sub>2</sub> 109cm+; amarelo (10YR 7/8 úmida); argila; moderada, pequena e granular; solta, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; sem poros visíveis.

### OBSERVAÇÕES –







**PERFIL Nº: 48**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 07/01/2021

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico, textura argilosa, A húmico, relevo plano

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LAd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Fazenda Formosa, Parnarama-MA

COORDENADAS: 05° 35' 31.7'' S 43° 23' 49.9'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, colina/morro, capoeira, em Reserva Legal.

ALTITUDE: 193 m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo.

LITOLOGIA: Arenito e Argilito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Corda.

CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico/Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, brando.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Reserva Legal.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silvae Sílvia Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–40 cm, 40cm; Bruno-Acinzentado-Muito-Escuro (10YR 3/2, úmida); argiloarenosa; moderada, média e granular; friável, plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e grossas, abundantes; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
- AB 40–61cm, 21cm; Bruno-Amarelado-Escuro (10YR 4/6, úmida); argiloarenosa, fraca, média e granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, finas e comuns; poros muito pequenos, pequenos, médios e abundantes; transição plana e difusa.
- BA 61–83cm, 22cm; Bruno-Amarelado-Escuro (10YR 4/6, úmida); argilossiltosa; fraca, pequena e granular; muito friável, muito plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos, grandes e poucos; transição plana e gradual.
- Bw<sub>1</sub> 83+cm, Bruno-Amarelado (10YR 5/6, úmida); argilossiltosa; moderada, pequena, granular; moderada, média em blocos subangulares; friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros pequenos e poucos.

OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 49**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 13/12/2020

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, textura arenosa, A moderado, relevo suave ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LAd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA-262, sentido Matões, Matões-MA.

COORDENADAS: 05° 32' 38.4'' S 43° 16' 40.4'' O

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: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

### 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 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<sub>1</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>3</sub> 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.

OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 50**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 08/01/2021

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, textura arenosa, A moderado, relevo suave ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LAd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Povoado Santa Luzia, sentido Matões, Matões-MA.

COORDENADAS: 05° 25' 37.4'' S 43° 14' 05.2'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo em Colina/Morro, terço superior, 3% de declividade, capoeira.

ALTITUDE: 219m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro.

LITOLOGIA: Arenitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Corda

CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico/Cretáceo

MATERIAL ORIGINÁRIO: Aloctone, coluvionar, 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: Capoeira.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).



DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–40 cm, (40cm); Bruno-Escuro (10YR 3/3, úmida); areia franca; fraca, média em blocos subangulares; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e poucos; transição plana e gradual.
- AB 40–62cm, (22cm); Bruno-Amarelo-Escuro (10YR 4/4, úmida), areia franca; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, grossas e comuns; sem poros visíveis; transição plana e abrupta.
- Bw<sub>1</sub> 62-104 cm, (42cm); Amarelo-Brunado (10YR 6/8, úmida); Areia franca; fraca, média e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e poucas; sem poros visíveis; transição plana e difusa.
- Bw<sub>2</sub> 104–140cm, (36cm); Amarelo-Avermelhado (7.5YR 8/6, úmida); areia franca; fraca, média em blocos subangulares; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, grossas e poucas; sem poros visíveis; transição plana e difusa.
- Bw<sub>3</sub> 140cm+, Amarelo-Avermelhado (7.5YR 6/8, úmida); areia franca; fraca, pequena e média granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, finas, grossas e poucas; poros pequenos e abundantes.

OBSERVAÇÕES –





#### ESCRITÃO GERAL DO PERFIL

##### **PERFIL Nº: 51**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 08/01/2021

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico, textura argilosa, A húmico, relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LA<sub>d</sub>

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: MA-262, Povoado Tanque, sentido Matões, Matões-MA.

COORDENADAS: 05° 29' 51.0" S 43° 21' 18.7" O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo em Colina/Morro, Capoeira.

ALTITUDE: 173m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo.

LITOLOGIA: Arenito/siltito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Corda

CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico/Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, brando.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Capoeira.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sívio Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap 0–40 cm, 40cm; Bruno-muito-escuro (7,5YR 2,5/2, úmida); argiloarenosa; moderada, pequena, grande e granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos, médios e abundantes; transição plana e gradual.
- AB 40–65cm, 25cm; Bruno (7,5YR 4/3, úmida), argiloarenosa; moderada; pequena e média, granular; friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, grossas, muito grossas e comuns; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
- BA 65-90cm, 25cm; Bruno (10YR 4/3, úmida); argiloarenosa; moderada, muito pequena, granular e moderada, média, blocos subangulares; muito firme, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, grossas e poucas; poros muito pequenos, pequenos, médios e comuns; transição plana e clara.
- Bw<sub>1</sub> 90-129cm, 39cm, Bruno (10YR 4/3, úmida); argilossiltosa; moderada, muito pequena, pequena e granular; muito friável; muito plástica e pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e difusa.
- Bw<sub>2</sub> 129cm+, Bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmida); argilossiltosa; moderada, muito pequena, pequena, média e granular; muito firme; muito plástica e muito pegajosa; raízes ausentes; sem poros visíveis.

## OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 52**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 09/01/2020

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico, textura argilosa, A proeminente, relevo plano

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PVd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Paranarama, sentido povoado Taboca, Parnarama-MA.

COORDENADAS: 05° 44' 05.4" S 43° 09' 36.1" O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Cerrado.

ALTITUDE: 137 m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, topo.

LITOLOGIA: Argilito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo

CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Aloctone/ 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: Sem Uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–11cm, 11cm; Vermelho (2.5YR 5/8, úmida); argila; forte, muito pequena, granular; friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, médias e abundantes; poros muito pequenos, grandes e abundantes; transição plana e clara.
- BA 11-22cm, 11cm; Vermelho (2.5YR 5/8, úmida); argilosa, moderada, muito pequena, granular; cerosidade pouca e moderada; muito friável, muito plástica e muito pegajosa, raízes muito finas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
- Bt<sub>1</sub> 22- 63cm, 41cm; Amarelo-Avermelhado (2.5YR 4/6, úmida); argilosa; moderada, muito pequena, granular; cerosidade pouca e moderada; friável, muito plástica, muito pegajosa; raízes finas e comuns; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e gradual.
- Bt<sub>2</sub> 63 - 100cm, 37cm; Vermelho-claro (2.5YR 6/8, úmida); argilosa; moderada, muito pequena, média, granular; cerosidade pouca e moderada; friável, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e difusa.
- Bt<sub>3</sub> 100-145cm, 45cm; Vermelho (2.5YR 5/8, úmida); argilosa; forte, pequena, muito grande, granular; cerosidade pouca e moderada; muito friável, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e difusa.
- Bw<sub>4</sub> 145cm+, Vermelho-claro (2.5YR 6/8, úmida); muito argilosa; forte, média, muito grande granular; cerosidade pouca e fraca; friável, muito plástica, muito pegajosa; raízes ausentes; poros muito pequenos e abundantes.

## OBSERVAÇÕES –





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 53**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

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: Sem Uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da

Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.



## 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, 19cm; 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<sub>1</sub> 54-94cm, 40cm; 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<sub>2</sub> 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<sub>3</sub> 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 –.





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 54**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

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.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Sem Uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.



## 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<sub>1</sub> 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<sub>2</sub> 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.

OBSERVAÇÕES – Amostra não coletada.





#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

PERFIL Nº: 55

Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro

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: 05° 26' 20.7" S 42° 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: Sub-Úmido Seco (C1).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 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.

Bi 27-39cm, 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.

BC 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.

Cr1 45-86cm, 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.

Cr2 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.

R 116cm+, Gabro

OBSERVAÇÕES – Ap: presença de fendas que denotam caráter vértico;

CR2 : contato Lítico com material consolidado(Gabro) no limite com R

Material do Horizonte Cr1 e Cr2 é material fragmentário





## DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

### PERFIL Nº: 56

#### Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro

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: 05° 23' 45.6'' S 42° 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.

EROSÃO: Ligeira e laminar.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Pasto.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

## 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 BC.







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 57**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 11/01/2021

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico, textura muito arenosa, A húmico, relevo suave ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Av. Meluin Jhones, povoado Castelo, Timon-MA.

COORDENADAS: 05° 10' 43.9'' S 42° 55' 05.6'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Terço superior, declividade de 4%, Cerrado.

ALTITUDE: 138m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro.

LITOLOGIA: Arenito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo

CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Alóctone/Coluvionar, brando.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Ligeira e laminar.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Sem Uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–13m, 13cm; Bruno-Avermelhado (5YR 4/4, úmida); areia; moderada, média e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e abundantes; poros muito pequenos e poucos; transição plana e gradual.
- BA 13-27cm, 11cm; vermelho-claro (2.5YR 6/6, úmida); areia; moderada, pequena e granular; friável, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e difusa.
- Bw<sub>1</sub> 27-66cm, 39cm; vermelho (2.5YR 6/8 úmida), areia; moderada, média, blocos angulares; muito friável, não plástica, não pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e poucas; poros muito pequenos, e poucos; transição plana e gradual.
- Bw<sub>2</sub> 66-130cm, 64cm; vermelho-claro (2.5YR 6/8 úmida), areia; moderada, média, granular; friável, não plástica, não pegajosa; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos, e comuns; transição plana e difusa.
- Bw<sub>3</sub> 130cm+; vermelho (2.5YR 5/8 úmida), areia; fraca, muito pequena, média, granular; muito friável, não plástica, não pegajosa; raízes muito finas, médias e poucas; poros muito pequenos, e poucos.

OBSERVAÇÕES –







#### DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

**PERFIL Nº: 58**

**Projeto: ZEE-Cerrado e Costeiro**

DATA: 11/01/2021

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura argilosa, A húmico, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LAd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Br-226, Povoado Jenipapo I, sentido povoado Baú, Caxias-MA.

COORDENADAS: 05° 11' 41.9'' S 43° 19' 59.9'' O

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo Colina/Morro, Topo, Capoeira.

ALTITUDE: 149m

SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro.

LITOLOGIA: Argilito/Siltito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pedra de Fogo

CRONOLOGIA/PERÍODO: Permiano

MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone/semibrando.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.

USO ATUAL: Sem Uso.

CLIMA: Sub-Úmido Seco (C<sub>1</sub>).

DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Jony Herbeth Almeida Silva e Sílvio Aurélio Cavalcante.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–25m, 25cm; Bruno (7.5YR 4/4, úmida); argila; moderada, pequena, média e granular; friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros muito pequenos, médios e abundantes; transição plana e gradual.
- BA 25-45cm, 20cm; Bruno-Amarelado-Escuro (10YR 4/6, úmida); muito argilosa; moderada, muito pequena, média e granular; muito friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, médias, grossas e comuns; poros muito pequenos, pequenos, grandes e abundantes; transição plana e gradual.
- Bw<sub>1</sub> 45-76cm, 31cm; bruno-amarelado (10YR 5/6 úmida), muito argilosa; moderada, muito pequena, grande, granular; firme, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas, finas muito grossas e comuns; poros muito pequenos, médios, grandes, muito grandes e abundantes; transição plana e gradual.
- Bw<sub>2</sub> 76-122cm, 46cm; amarelo (10YR 7/6 úmida), muito argilosa; moderada, muito pequena, média, grande, granular; muito firme, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas, muito grossas e poucas; poros muito pequenos, e abundantes; transição plana e gradual.
- Bw<sub>3</sub> 122cm+; amarelo (10YR 7/6 úmida), muito argilosa; forte, muito pequena, extremamente grande, granular; firme, muito plástica, muito pegajosa; raízes muito finas, finas e poucas; poros muito pequenos, e comuns.

OBSERVAÇÕES –





Fonte: IMESC (2021)

**ANEXO C – RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS – ZEE (2021) -  
ZONEAMENTO ECONÔMICO DO MARANHÃO – ETAPA BIOMA CERRADO ZEE - 2021 (IMESC, 2021)**

ANÁLISE FÍSICA DO SOLO							ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO																				
Identificação / Horizonte	Prof (cm)	Granulometria				Relação	pH		ApH	Al	H+Al	Ca	Ca+Mg	K	Na	SB	CTC			Saturação			C	MO			
		Areia		Silte	Argila		Silt / Argila	água									KCl	cmolc.Kg-1	Efet	Pot	Arg	Base			Alumínio	Sódio	
		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	g.Kg-1																				
<b>Perfil 30 - ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico, média argilosa, A moderado, suave ondulado (04°58'54.1"S;43°41'41.5"W)</b>																											
ZC30	A	0 - 23	174,00	385,00	241,00	200,00	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	112,00	450,00	218,00	220,00	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	175,00	415,00	210,00	200,00	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	32,01	55,22		
	E	65 - 100	109,00	532,00	199,00	160,00	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	256,00	382,00	202,00	160,00	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+	214,00	318,00	268,00	200,00	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		
<b>Perfil 41 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso-húmico, A húmico, arenosa, plano (05°53'48.9"S; 43°56'28.3"W)</b>																											
ZC41	A	0 - 44	224,00	186,00	70,00	520,00	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	371,00	394,00	95,00	140,00	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+	423,00	432,00	25,00	120,00	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		
<b>Perfil 42 - ARGISSOLO VERMELHO Alumínio Nitossólico, média arenosa, A moderado, suave ondulado (05°50'24.7"S;43°51'25.3"W)</b>																											
ZC42	Ap	0 - 20	228,00	523,00	69,00	180,00	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	673,00	220,00	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	170,00	360,00	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	115,00	454,00	91,00	340,00	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	107,00	593,00	20,00	280,00	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	300,00	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		
<b>Perfil 44 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico, argilosa, A húmico, plano (05°37'47.8"S; 43°31'00.9"W)</b>																											



ZC44	A	0 - 34	115,00	474,00	51,00	360,00	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	27,11	46,77	
	AB	34 - 62	176,00	428,00	16,00	380,00	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	19,14	33,01	
	BA	62 - 92	112,00	448,00	40,00	400,00	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	11,33	19,55	
	Bw1	92 - 128	152,00	366,00	22,00	460,00	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+	149,00	372,00	19,00	460,00	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	
<b>Perfil 45 - ARGILOSSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico, argilosa, A moderado, suave ondulado (05°06'00.4"S;43°47'23.1"W)</b>																										
ZC45	A	0 - 22	390,00	358,00	12,00	240,00	0,05	5,68	4,17	-1,51	0,05	2,81	1,41	1,94	0,21	0,01	2,16	2,21	2,66	11,10	43,47	2,26	0,37	10,20	17,59	
	AE	22 - 42	353,00	308,00	19,00	320,00	0,06	5,46	4,16	-1,30	0,20	1,99	0,50	0,62	0,05	0,01	0,68	0,88	2,80	8,74	25,41	22,80	2,16	19,90	34,33	
	E	42 - 65	242,00	318,00	20,00	420,00	0,05	5,36	4,43	-0,93	0,22	1,91	0,55	0,83	0,05	0,01	0,89	1,11	1,85	4,41	31,64	19,90	0,89	5,21	8,98	
	Bt1	65 - 100	278,00	253,00	49,00	420,00	0,12	5,15	4,44	-0,71	0,25	1,28	0,34	0,54	0,03	0,01	0,58	0,83	1,76	4,19	31,18	30,20	1,36	3,26	5,62	
	Bt2	100+	318,00	232,00	30,00	420,00	0,07	5,14	4,46	-0,68	0,22	1,28	0,29	0,45	0,03	0,01	0,48	0,70	6,16	14,67	27,50	31,27	1,43	2,72	4,69	
<b>Perfil 46 - PLINTOSSOLO PETRICO Concrecionário Húmico, argilosa, A húmico, suave ondulado (05°10'16.8"S;43°48'03.8"W)</b>																										
ZC46	A	0 - 60	347,00	406,00	47,00	200,00	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	12,34	21,29	
	AB	60 - 85	255,00	389,00	76,00	280,00	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	292,00	326,00	62,00	320,00	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	192,00	303,00	105,00	400,00	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+	187,00	277,00	136,00	400,00	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	
<b>Perfil 47 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Latossólico, argilosa, A moderado, suave ondulado (05°01'09.6"S;43°49'24.8"W)</b>																										
ZC47	A	0 - 30	83,00	514,00	143,00	260,00	0,55	5,76	4,52	-1,24	0,17	5,36	2,21	2,83	0,16	0,02	3,01	3,18	7,24	27,85	35,98	5,34	0,26	14,31	24,68	
	AB	30 - 56	83,00	392,00	165,00	360,00	0,46	5,77	4,35	-1,42	0,59	5,55	1,27	1,60	0,07	0,02	1,69	2,28	5,88	16,34	23,35	25,87	1,22	11,52	19,87	
	BA	56 - 80	73,00	421,00	146,00	360,00	0,41	5,66	4,27	-1,39	0,83	5,21	0,50	0,61	0,05	0,01	0,67	1,50	4,89	13,57	11,41	55,27	2,46	10,58	18,25	
	Bwf1	80 - 109	80,00	367,00	153,00	400,00	0,38	5,46	4,28	-1,18	1,09	4,65	0,13	0,20	0,02	0,01	0,24	1,33	3,97	9,94	4,82	82,23	5,97	8,43	14,55	
	Bwf2	109+	68,00	340,00	152,00	440,00	0,35	5,35	4,25	-1,10	0,99	3,75	0,09	0,20	0,01	0,01	0,22	1,21	8,02	18,23	5,65	81,50	5,05	3,84	6,62	
<b>Perfil 48 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico, argilosa, A húmico, plano (05°35'31.7"S;43°23'49.9"W)</b>																										
ZC48	A	0 - 40	190,00	375,00	75,00	360,00	0,21	5,14	4,14	-1,00	1,21	7,61	0,21	0,32	0,03	0,06	0,41	1,62	9,40	26,12	5,07	74,84	2,39	12,07	20,83	
	AB	40 - 61	187,00	329,00	44,00	440,00	0,10	5,47	4,16	-1,31	1,71	9,19	0,10	0,13	0,01	0,08	0,22	1,93	7,77	17,65	2,29	88,80	21,20	12,52	21,59	
	BA	61 - 83	183,00	326,00	71,00	420,00	0,17	5,85	4,18	-1,67	1,56	7,65	0,02	0,05	0,01	0,06	0,12	1,68	5,34	12,70	1,52	92,97	39,90	9,88	17,05	

	Bw1	83+	167,00	331,00	82,00	420,00	0,20	5,80	4,16	-1,64	1,24	5,25	0,02	0,02	0,00	0,06	0,09	1,33	2,75	6,56	1,61	93,52	41,86	2,43	4,19	
<b>Perfil 49 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, arenosa, A moderado, suave ondulado (05°32'38.4"S;43°16'40.4"W)</b>																										
ZC49	A	0 - 26	331,00	373,00	176,00	120,00	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	311,00	510,00	39,00	140,00	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	334,00	329,00	177,00	160,00	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	442,00	325,00	93,00	140,00	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+	296,00	525,00	19,00	160,00	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	
<b>Perfil 50 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico, arenosa, A moderado, suave ondulado (05°25'37.4"S;43°14'05.2"W)</b>																										
ZC50	A	0 - 40	319,00	461,00	100,00	120,00	0,83	5,47	4,31	-1,16	0,43	3,41	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,47	2,49	20,74	1,25	90,87	22,52	5,08	8,76	
	AB	40 - 62	271,00	606,00	3,00	120,00	0,02	5,58	4,42	-1,16	0,37	2,48	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,38	1,70	14,15	0,58	96,27	51,95	4,39	7,58	
	Bw1	62 - 104	318,00	515,00	7,00	160,00	0,04	5,85	4,52	-1,33	0,36	1,69	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,37	1,32	8,26	0,62	97,16	50,26	5,34	9,21	
	Bw2	104 - 140	316,00	353,00	171,00	160,00	1,07	6,29	4,61	-1,68	0,27	1,31	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,28	1,14	7,10	0,68	96,78	49,22	2,57	4,44	
	Bw3	140+	228,00	589,00	3,00	180,00	0,02	6,67	4,52	-2,15	0,31	1,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,32	10,01	55,60	0,93	96,71	42,33	1,95	3,36	
<b>Perfil 51 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico, argilosa, A húmico, plano (05°29'51.0"S;43°21'18.7"W)</b>																										
ZC51	Ap	0 - 40	214,00	319,00	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	17,48	30,15	
	AB	40 - 65	121,00	314,00	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	167,00	295,00	198,00	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	13,34	23,01	
	Bw1	90 - 129	176,00	289,00	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	14,59	25,17	
	Bw2	129+	162,00	299,00	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	
<b>Perfil 52 - ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico, textura argilosa, A proeminente, relevo plano (05°44'05.4"S;43°09'36.1"W)</b>																										
ZC52	A	0 - 11	118,00	387,00	215,00	280,00	0,77	5,33	4,03	-1,30	1,42	4,09	0,00	0,31	0,13	0,02	0,45	1,87	4,58	16,37	10,00	75,76	2,49	8,22	14,18	
	BA	11 - 22	99,00	287,00	214,00	400,00	0,53	5,54	4,10	-1,44	1,87	4,01	0,03	0,45	0,10	0,02	0,57	2,44	4,14	10,35	12,44	76,64	2,80	3,78	6,52	
	Bw1	22 - 63	67,00	298,00	235,00	400,00	0,59	5,72	4,23	-1,49	1,36	3,34	0,00	0,70	0,08	0,02	0,80	2,16	3,77	9,43	19,35	62,94	2,47	15,64	26,99	
	Bw2	63 - 100	86,00	288,00	206,00	420,00	0,49	6,10	4,30	-1,80	0,91	2,59	0,03	1,06	0,11	0,02	1,19	2,10	3,27	7,79	31,41	43,43	1,37	7,03	12,12	
	Bw3	100 - 145	74,00	307,00	239,00	380,00	0,63	6,09	4,33	-1,76	0,68	1,91	0,00	1,25	0,09	0,02	1,36	2,04	3,45	9,09	41,56	33,34	1,26	6,41	11,07	
	Bw4	145+	89,00	288,00	243,00	380,00	0,64	6,01	4,38	-1,63	0,57	1,76	0,03	1,55	0,12	0,02	1,69	2,26	5,79	15,24	48,96	25,22	1,02	5,50	9,48	
<b>Perfil 53 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico, arenosa, A moderado, plano (05°29'57.6"S;43°04'00.1"W)</b>																										

ZC53	A	0 - 18	240,00	514,00	86,00	160,00	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	314,00	315,00	171,00	200,00	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	242,00	383,00	195,00	180,00	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	222,00	355,00	183,00	240,00	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	14,12	24,36	
	Bw2	94 - 142	220,00	335,00	185,00	260,00	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	18,22	31,43	
	Bw3	142+	161,00	524,00	95,00	220,00	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	20,00	34,49	
<b>Perfil 54 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico Fragmentário, média-siltosa, A moderada, suave ondulado (05°36'00.4"S;43°05'29.6"W)</b>																										
ZC54	A	0 - 14	68,00	538,00	214,00	180,00	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	313,00	235,00	380,00	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	281,00	240,00	400,00	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	19,24	33,19	
	Cr2	60 - 80	80,00	319,00	201,00	400,00	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	19,53	33,68	
<b>Perfil 55 - CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico Fragmentário, média-arenosa, A Chernozêmico, plano (05°26'20.7"S;42°57'34.7"W)</b>																										
ZC55	Ap	0 - 27	215,00	320,00	205,00	260,00	0,79	7,36	5,36	-2,00	0,00	1,31	17,03	22,01	0,04	0,10	22,15	22,15	24,15	92,87	94,41	0,00	0,24	20,05	34,59	
	Bi	27 - 39	261,00	350,00	209,00	180,00	1,16	7,77	4,98	-2,79	0,00	1,01	15,76	22,96	0,02	0,15	23,13	23,13	21,76	120,88	95,81	0,00	0,45	5,43	9,36	
	BC	39 - 45	384,00	304,00	172,00	140,00	1,23	7,29	4,65	-2,64	0,00	0,83	14,20	20,75	0,02	0,17	20,93	20,93	18,13	129,53	96,21	0,00	0,72	5,86	10,11	
	Cr1	45 - 86	598,00	221,00	161,00	20,00	8,05	7,31	4,07	-3,24	0,07	1,13	12,33	16,85	0,01	0,15	17,01	17,08	18,88	943,87	93,80	0,41	0,98	17,55	30,27	
	Cr2	86 - 116	537,00	247,00	196,00	20,00	9,80	7,64	3,96	-3,68	0,00	0,75	12,42	17,98	0,01	0,14	18,13	18,13	8,36	418,24	96,03	0,00	0,83	15,56	26,84	
<b>Perfil 56 - ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico, argilosa, A proeminente, suave ondulado (05°23'45.6"S;42°55'44.4"W)</b>																										
ZC56	Ap	0 - 14	100,00	368,00	292,00	240,00	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	19,03	32,83	
	E	14 - 35	93,00	399,00	248,00	260,00	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	263,00	223,00	500,00	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	
<b>Perfil 57 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico, muito arenosa, A húmico, suave ondulado (05°10'43.9"S;42°55'05.6"W)</b>																										
ZC57	A	0 - 13	100,00	744,00	56,00	100,00	0,56	5,91	4,11	-1,80	0,32	2,66	0,00	0,22	0,06	0,02	0,30	0,62	1,65	16,49	10,08	51,74	7,74	20,00	34,49	
	BA	13 - 27	224,00	646,00	10,00	120,00	0,08	6,08	4,20	-1,88	0,35	1,46	0,00	0,13	0,05	0,01	0,19	0,54	1,56	13,00	11,29	65,28	8,64	3,72	6,42	
	Bw1	27 - 66	118,00	742,00	20,00	120,00	0,17	6,07	4,34	-1,73	0,35	1,46	0,00	0,08	0,01	0,01	0,10	0,45	1,17	9,77	6,29	78,11	8,63	2,77	4,78	
	Bw2	66 - 130	230,00	591,00	19,00	160,00	0,12	6,32	4,40	-1,92	0,23	1,13	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,28	0,72	4,50	4,07	82,82	14,89	2,54	4,39	
	Bw3	130+	295,00	563,00	2,00	140,00	0,01	6,41	4,47	-1,94	0,14	0,68	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,19	8,10	57,85	6,32	75,47	9,27	1,44	2,49	

Perfil 58 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, argilosa, A húmico, suave ondulado (05°11'41.9"S;43°19'59.9"W)																									
ZC58	A	0 - 25	188,00	297,00	95,00	420,00	0,23	5,03	4,51	-0,52	0,00	6,79	0,62	1,23	0,07	0,01	1,31	1,31	5,59	13,32	16,19	0,00	0,28	12,34	21,29
	BA	25 - 45	209,00	229,00	2,00	560,00	0,00	5,07	4,09	-0,98	1,22	5,33	0,12	0,24	0,02	0,01	0,27	1,49	4,88	8,72	4,82	81,89	4,91	4,94	8,52
	Bw1	45 - 76	71,00	680,00	49,00	200,00	0,25	5,00	4,13	-0,87	1,10	4,80	0,00	0,06	0,01	0,01	0,08	1,18	3,15	15,75	1,66	93,13	14,63	14,19	24,48
	Bw2	76 - 122	68,00	619,00	53,00	260,00	0,20	5,20	4,08	-1,12	0,74	3,08	0,00	0,06	0,00	0,01	0,07	0,81	2,32	8,91	2,37	90,82	13,87	5,62	9,69
	Bw3	122+	64,00	514,00	82,00	340,00	0,24	5,41	4,13	-1,28	0,50	2,21	0,00	0,09	0,00	0,01	0,10	0,60	1,93	5,67	4,48	82,80	9,68	4,23	7,29

Fonte: ZEE (2021)



## APÊNDICE A – SCRIPT UTILIZADO PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DA MICRORREGIÃO DE CAXIAS

```
//Importação da delimitação da microrregião
var geometry1 =
ee.FeatureCollection("users/ludimilajansen_script_/caxias"),

//Definição da do período a ser gerado os mosaicos
var img = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")
    .filterDate('2021-07-01','2021-09-30')
    .filterBounds(Caxias)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',10))

//reduzidor de imagens, criando uma imagem de mediana
var imgmosaico = img.reduce(ee.Reducer.median())
    .select(['B2_median','B3_median','B4_median','B8_median'],['B2','B3','B4','B8'])
    .divide(10000) //
    .clip(Caxias)
print(imgmosaico)
Map.addLayer(imgmosaico)

//cálculo de índices de vegetação (aqui é semelhante a equação normal, uma das formas de se
fazer)
var NDVI = imgmosaico.expression('((B8-B4)/(B8+B4))', { B8: imgmosaico.select('B8'), B4:
imgmosaico.select('B4') }).rename('NDVI')
var EVI2 = imgmosaico.expression('2.5*((B8-B4)/(B8+(2.4*B4)+1))', {B8:
imgmosaico.select('B8'), B4: imgmosaico.select('B4')}).rename('EVI2')
var SAVI = imgmosaico.expression('(((B8-B4)*(1+0.5))/((B8+B4)+0.5))',{B8:
imgmosaico.select('B8'), B4: imgmosaico.select('B4')}).rename('SAVI')
print(NDVI,'NDVI')
print(EVI2, 'EVI2')
print(SAVI, 'SAVI')
```

```

//Criar um empilhamento de imagens (bandas+índices)
var empilhadas = imgmosaico.addBands([NDVI,EVI2,SAVI])
print(empilhadas, 'Empilhadas')

//Criar um conjunto de bandas,
var bandas = ['B2','B3','B4','B8','NDVI','EVI2','SAVI'];
//juntar os poligonos criados aleatoriamente, em um único arquivo
var Amostras =
vegetacao.merge(urbana).merge(pastagem).merge(silvicultura).merge(rasteira).merge(agua).
merge(soloexposto).merge(agricultura);

print(Amostras, 'Amostras') // ver as amostras Gerais

//Criar um modelo de classificação
var amostras2021 = empilhadas.sampleRegions({
  collection : Amostras,
  properties : ['cob'],
  scale : 10
}).randomColumn('random').limit(5000, 'random', false);
//.sampleRegions -
print(amostras2021, 'AmostrasFinal')

//Criar um classificador RandomForest
//será criado um classificador e ele seria treinado com o modelo de dados amostral
var classificador = ee.Classifier.smileRandomForest({
  numberOfTrees: 2000, //
  variablesPerSplit:2, //
  minLeafPopulation:2,
  bagFraction:0.7, //percentual amostral utilizado -70%
  seed:123, //
}).train({
  features : amostras2021, //
  classProperty : 'cob',

```

```

    inputProperties : bandas,
  });

//Classificação de Imagens Supervisionada
var Class2021 = empilhadas.select(bandas).classify(classificador);
print(Class2021,'Classificação')

var validacao =
veg_valid.merge(urb_valid).merge(past_valid).merge(rasteira_valid).merge(sil_valid).merge(
agua_valid).merge(soloexp_valid).merge(agric_valid)

var val_amostral = empilhadas.sampleRegions({
  collection : validacao,
  properties : ['cob'],
  scale : 10
})

// Gerando a matriz de erro e derivando índices
var precisao_treinamento = classificador.confusionMatrix();
print('Matriz de erro: ', precisao_treinamento);
print('Precisão geral: ', precisao_treinamento.accuracy());
print('Coeficiente Kappa: ', precisao_treinamento.kappa());

//Map.addLayer(Pontos, {}, 'Coletas de campo')
//Parâmetros de visualização
var vis = {
  min : 0,
  max : 7,
}

//exportar pra o drive as amostras
Export.table.toDrive({
collection: Amostras,

```

```
description:'Amostras',  
fileFormat: 'KML',  
crs:'EPSG:43261',  
});
```

```
//exportar pra o drive a classificacao
```

```
Export.image.toDrive({  
image:imgmosaico,  
region:Caxias,  
description: 'Sentinel2_MA',  
scale: 10,  
maxPixels:1e13,  
crs: 'EPSG:4326',  
folder: 'Trabalho-Mestrado'  
});
```