UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGGEO

DEYSIELE VIANA DE OLIVEIRA

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CHERNOSSOLOS NO MUNICÍPIO DE TIMON-MA

São Luís – MA
2022

DEYSIELE VIANA DE OLIVEIRA

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CHERNOSSOLOS NO MUNICÍPIO DE TIMON-MA

Dissertação apresentada ao Programa de pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA a título de defesa de Mestrado, como exigência para a obtenção de título de Mestre em Geografia.

Orientador: Dr. Marcelino Silva Farias Filho

São Luís – MA

2022

Viana de Oliveira, Deysiele.

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CHERNOSSOLOS NO MUNICÍPIO DE TIMON-MA / Deysiele Viana de Oliveira. -2022.
78 f.

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

1. Caracterização de Atributos. 2. Chernossolos. 3 Solos Férteis. I. Silva Farias Filho, Marcelino. II. Título.

Dedicatória

Não que eu seja tanta coisa
Sou um grão de areia na imensidão
Mas cabe quase o mundo inteiro no meu peito.
Carrego todas as memorias
Todos os sabores que daqui provei
Levo comigo os abraços que ganhei
Ele é a paz da minha estrada
A doce companhia do meu coração
O ombro amigo onde despejo minhas mágoas
O meu sorriso mais sincero
Esperança em cada novo amanhecer
O amor seguro que ninguém pode roubar
Tudo o que eu vivi, todos os amores
Terras que pisei, amigos que ganhei
Não, nada é melhor, não, nada me falta
Eu encontrei meu Cristo
Gratidão eterna, meu Pai!

Agradecimentos

Os agradecimentos aparentemente são fáceis de descrever, porém, de uma grande responsabilidade, para que seus amados sejam citados sem que alguém se ofenda ou seja deixado para trás. É um misto de gratidão e choro, ao escrever palavras carinhosas e de agradecimento às pessoas tão importantes que o coitado do coração quase não aguenta, fica muito, muito apertado. Mas vamos começar?!

Sou grata a Deus, pela vida e pela oportunidade de concluir mais uma etapa em minha vida acadêmica. Obrigada por me proporcionar alívio e paz nas horas de grande desespero. Socorro Deus!

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão- FAPEMA, pelo grande apoio na realização desta pesquisa.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFMA, em especial aos professores Márita Ribeiro Rodrigues, por todo aparo acadêmico e ao Márcio Cerelli por continuar a caminhada.

Aos professores Dr. José Aquino Júnior pelo olhar sereno e dicas assertivas que muito contribuíram na banca de qualificação juntamente com o Professor Dr. Milton César Costa Campos. Gratidão!

Ao meu orientador Marcelino Silva Farias Filho, que paga o preço por se tornar eternamente responsável por tudo aquilo que ele cativou. Não tenho palavras para agradecer o que este grande homem fez na minha vida. Creio que a palavra gratidão é o primeiro passo. Taipa, Chernossolo e Orquídeas podem ser os próximos e termino com Perdão. Perdoe-me, caso o tenha decepcioando em alguma fase desta caminhada.

Aos amores da minha vida, minhas Mães. Elisamar Viana Santana, pedagoga raíz, mãe da grande nação Santana e de uma fé incomparável e a Dalva Viana de Oliveira, mulher de gênio forte, mas que, devido aos sofrimentos vividos, chora toda vez ao me ver partir, ou só Mãe Dalva (minha progenitora).

Dois mundos onde transito e me desdobro para agradar e demonstrar gratidão, por tudo que fizeram por mim. É uma junção de: Só vive estudando? Quando vai me dar um neto? Com um: Tá assistindo aula? Rum, te acalma, minha filha! No tempo certo Deus vai dar a resposta. Vai dar tudo certo, você é inteligente e te arruma logo pra me levar pro Shopping. Minhas mães são uma peça que se encaixam em mim e somatizam o que sou hoje. Uma pessoa à beira de um colapso emocional. Obrigada!

A minha família, meu stresse diário, mas também o lugar onde encontro abrigo e alimento na hora do roncar do bucho. Minha tia Queila, meu irmão Roberto, meu filho/sobrinho Rhauan e as minhas primas Letícius, Raquel e Samara.

Na minha segunda família, destaco pessoas “mui” amadas, como meu amigo de todas as horas, João F. da Conceição Filho, que sempre me ampara com conselhos, dicas geográficas, caronas e um café na hora do stress diário. Ao meu querido Danúbio Campos Pinheiro e a suas dicas no Spring e outras “cositas más”, ao dinossauro de Pedologia, Professor Dr. José Raimundo Natividade Ferreira Gama, grata pelo papo pedológico descomplicado e cheio de “Deizoca” e a Prof. Dr. Marlen Barros e Silva ao socorrer-me em horas sufocantes. Uma grande profissional, grande mulher!

Aos amigos do Mestrado, Richard Oliveira Jardim pela troca de conhecimento, relatos, causos e os mimos mais saborosos que ganhei. À Yanca pela dedicação ao seu trabalho e amor incondicional a sua mãe, és um ponto de luz e admiração. E, claro, Ludmila Jansen pela paciência e um “Tente outra vez, vai dar certo!” que torna mais leve a caminhada ainda que se tenham momentos de grandes pausas, associadas a uma falta de sono, muito choro, assuntos incompreendidos e à vontade de que tudo acabe bem. Sem falar, é claro, de seu critério cirúrgico sobre assuntos que eu levaria páginas para descrever. Grata.

Gratidão a todos e amor por tudo que me proporcionaram até aqui!

DEYSIELE VIANA DE OLIVEIRA

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CHERNOSSOLOS NO MUNICÍPIO DE TIMON-MA

Dissertação apresentada ao Programa de pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA a título de defesa de Mestrado, como exigência para a obtenção de título de Mestre em Geografia.
Orientador: Dr. Marcelino Silva Farias Filho

Aprovada em: 27 de julho de 2022

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Milton César Costa Campos (Examinador externo)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Aquino Júnior (Examinador interno)
Universidade Federal do Maranhão

RESUMO

O conhecimento sobre o solo é imprescindível quando sua utilização está em pauta, pois este recurso natural é utilizado para uma infinidade de atividades voltadas a suprirem as necessidades humanas. No entanto, é notório o desconhecimento quanto ao potencial produtivo e sua aptidão, pois frequentemente notam-se prejuízos causados pela má gestão e utilização, especialmente quando os solos são férteis. Esta pesquisa objetivou a o mapeamento e a caracterização da classe dos Chernossolos no município de Timon (MA), solos de ocorrência restrita e recentemente identificados no Estado do Maranhão. A metodologia ancora-se na abordagem geossistêmica, com procedimentos metodológicos pautados na revisão de literatura, trabalho de campo, gabinete e de laboratório. Em campo, foram abertas trincheiras em topossequência e os solos foram descritos conforme prodecimentos do Manual de Coleta e Descrição de Campo (2015) e as análises foram realizadas se acordo com critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al, 2018). Também foram coletadas 13 amostras indeformadas com profundidade de 0-0,20cm visando-se a compreensão da variabilidade dos atributos dos solos e a sua distribuição na área analisada. A pesquisa permitiu constatar a existência da classe dos Chernossolos Háplicos, Rêndzicos e Ebânicos. A mancha de Chernossolos correponde a 23.28 km² ou 1,32% da área total do municipio de Timon. Mancha pequena em relação às demais, porém, seu potencial está em sua alta fetilidade; comprovada nas análises químicas ao apresentar valores > que 65% de saturação por bases com valor V% mínimo de 95.8%, máximo de 98,5% e maior valor para pH de 7.7. Os teores de Ca trocaveis são elevados, com média de 18 $cmol.dm^{-3}$, considerando todos os perfis, o que explica a inexistência de Al nas amostras analisadas, indicando o baixo grau de intemperismo dos solos. Amostras em topossequência demonstraram grande variabilidade de atributos, o foi contadados pelo CV altos e muito alto, sendo o K trocável a variável mais heterogênea e o pH, com menor variação. Os solos apresentam fertilidade natural elevada, mas pequena profundidade efetiva, com pedregosidade e rochosidade, o que limita seu potencial de uso. Os solos locais, se bem manejados, podem garantir produção significativa e ampliar o abastecimento local, garantido trabalho e renda à população.

Palavras-chave: Solos Férteis. Chernossolos. Caracterização de Atributos.

ABSTRACT

Knowledge about the soil is essential when its use is on the agenda, as this natural resource is used for a multitude of activities aimed at meeting human needs. However, the lack of knowledge about the productive potential and its aptitude is notorious, as losses caused by poor management and use are often noticed, especially when the soils are fertile. This research aimed to map and characterize the class of Chernosoils in the municipality of Timon (MA), soils of restricted occurrence and recently identified in the State of Maranhão. The methodology is based on the geosystemic approach, with methodological procedures based on literature review, field work, office and laboratory work. In the field, trenches were opened in toposequence and the soils were described according to the procedures of the Field Collection and Description Manual (2015) and the analyzes were performed according to criteria established by the Brazilian Soil Classification System (SANTOS et al, 2018). Thirteen undisturbed samples with a depth of 0-0.20 cm were also collected in order to understand the variability of soil attributes and their distribution in the analyzed area. The research allowed to verify the existence of the class of Haplic, Rendzic, Ebanic Chernosoils. The Chernosolos patch corresponds to 23.28 km² or 1.32% of the total area of the municipality of Timon. Small stain in relation to the others, however, its potential lies in its high fertility; proven in chemical analysis when presenting values > 65% of base saturation with a minimum V% value of 95.8%, maximum of 98.5% and a higher value for pH of 7.7. Exchangeable Ca contents are high, with an average of 18 cmol.dm-³, considering all profiles, which explains the absence of Al in the analyzed samples, indicating the low degree of weathering of the soils. Samples in toposequence showed great variability of attributes, o was counted by CV high and very high, with exchangeable K being the most heterogeneous variable and pH, with the least variation. Soils have high natural fertility, but low effective depth, with stony and rocky soils, which limits their potential for use. Local soils, if well managed, can guarantee significant production and expand local supply, guaranteeing work and income for the population.

Keywords: Fertile Soils. chernosols. Characterization of attributes

LISTA DE SIGLAS

Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

Chernossolo Argilúvico-(MT)

Chernossolo Ebânico Carbonático Típico-(MeK)

Chernossolo Rêndzico Lítico fragmentário-(MDI)

Chernossolo Háplico Carbonático (MXk)

Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais (CPRM)

Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH

Coeficiênte de Variação (CV)

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Floresta Semidecidual Aluvial - (Fa)

Formação Corda (J2c),

Formação Motuca (P3m)

Formação Mosquito (T3J1βm)

Formação Pedra de Fogo (P12pf)

Formação Piauí (C2pi)

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

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Latossolo Amarelo Distrófico (LAd)

Matéria Orgânica (MO)

Ministério do Turismo - (MTUR)

Ministério da Educação e Cultura (MEC)

Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico (RYve)

Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc)

Plintossolo Argilúvico Distrófico (FXd),

Pecuária (pastagem) - (Ap)

Núcleo Geoambiental (NUGEO)

Savana Parque - (Sp).

Secretaria de Turismo do Maranhão – SETUR

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)

Sistema de Informação Geográfica – SIG

Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING)

Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Universidade Estadual do Maranhão – (UEMA)

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Vegetação secundária - (Vs)

Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 01: Localização do município de Timon, em relação ao Brasil e Maranhão.....p. 30
Figura 01: Croqui das classes de solo na Topossequência em Timon – MA.....p. 33
Mapa 02. Mapa da área de estudo com, os pontos de GPS, manchas de solos, vegetação e cotas altimétricas.....p. 34
Figura 02: Estrutura das técnicas do geoprocessamento.....p. 36
Mapa 03: Redelimitação das classes de solos em Timon-MA.....p. 38
Mapa 04: Classes de solos na área de estudo.....p. 39
Figura 03: Perfil 01: Chernossolo Ebânico Carbonático Típico (Mek).....p. 41
Figuras 04 Vegetação sobre o perfil.....p. 41
Figua 05: Pefil 02: Chernossolo Háplico Carbonático (Mxk).....p. 42
Figura 06: Vegetação sobre o perfil.....p. 42
Figura 07: Perfil 03: Chernossolo Rêndzico Lítico fragmentário (MDI).....p. 43
Figura 08: Vegetação sobre o perfil.....p. 43
Figura 09: Perfil 04: Chernossolo Ebânico Carbonáticos Típicos (Mek).....p. 43
Figura 10: Vegetação sobre o perfil.....p. 43
Tabela 01: Caracterização morfológica em topossequência de solos .....p. 45
Tabela 02 Granulometria e classe textural dos perfis descrtios.....p. 48
Tabela 03: Atributos químicos dos perfis de Chernossolo em Timon - MA.....p. 49
Tabela 04: Atributos físicos e granulometria de amostras coletadas em tossequência no município de Timon – MA.....p. 52
Tabela 05: Estatística descritiva de amostras indeformadas.....p. 53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**
2 REVISÃO DE LITERATURA **16**
2.1 Mapeamentos históricos e atuais: Ocorrência dos Chernossolos no Brasil e Maranhão. 16
2.2 Geotecnologias: Conceitos e aplicabilidades na Pedologia 19
2.3 Pedogênese, atributos e principais potencialidades dos Chernossolos. 22
2.4 Caracterização da classe do Chernossolos e suas subordens 25
2.5 A relação solo-paisagem e a variabilidade dos atributos dos Chernossolos 27
3 MATERIAIS E MÉTODOS **30**
3.1 Caracterização socioeconômica e geoambiental da área de estudo 30
3.2 Médotos aplicados na pesquisa 32
3.2.1 Procedimentos metodológicos 32
3.2.2 Revisão de literatura 32
3.2.3 Pesquisa em campo 32
3.2.4 Levantamento de dados secundários 35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES **38**
4. 1 Mapeamento das classes de solos do município em Timon e da área de estudo 38
4.2 Caracterização dos atributos morfológicos dos Chernossolos de Timon-MA 40
4.3 Caracterização dos atributos físicos: Granulometria 47
4.4 Caracterizações dos atributos químicos dos perfis coletados 49
4.4.1Atributos químicos dos perfis analisados 49
4.4.2. Análise dos atributos dos solos das amostras coletadas em topossequência 52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS **55**
REFERÊNCIAS **57**
APÊNDICES **63**

1 INTRODUÇÃO

A classe dos Chernossolos é descrita pela literatura como solos extremamente férteis Santos et al., (2018). O prefixo "Chern" deriva da língua russa e significa preto, o que, conforme Santos, et al. (2018, p. 78a), é conotativo de elevada fertilidade, uma vez que "é rico em matéria orgânica" e em bases. Os Chernossolos têm como atributo diagnóstico a presença do horizonte "A Chernozêmico, que é um horizonte mineral superficial, relativamente espesso, de cor escura, com alta saturação" (SANTOS, et al. 2018, p.50b). A esta classe pertencem as seguintes subclasses: Argilúvicos, Rêndzicos, Ebânicos e Háplicos.

Segundo Batistella, et al. (2013) estes solos representam apenas 3% do território brasileiro, sem a inclusão do Maranhão. Porém, afirma-se a presença desta classe nos Estados do Goiás, Tocantins, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais, Estados com maior representatividade, segundo o IBGE (2019, p.120) tendo como referência o mapa de solos do país na escala de 1.5.000.000 publicado em 2011.

De acordo com Jacomine, et al., (1986) os principais solos maranhenses são: Latossolos, Argissolos, Plintossolos e os Neossolos. Em 2018, o NUGEO com base na EMBRAPA (2016) realizou uma nova delimitação dessas classes, concluindo que as mais representativas são os: Latossolos com (33,87%), seguidos dos Argissolos (15,74%) e os Plintossolos (13,66%) do total das classes existentes no Estado. Os mapeamentos citados não registraram a presença da classe dos Chernossolos.

Esta ausência é justificada por alguns autores como Silva (2008), Lacerda et al., (2005) e Resende, et al., (2007), devido a sua posição geográfica, ao afirmarem que "em território tropical é impossível a existência esse tipo de solo". Silva (2013) acrescenta que um dos fatores limitantes são a sua composição química, uma vez que os solos tropiciais "são pobres por apresentar análises químicas de limitadas quantidades de nutrientes disponíveis para planta a baixa CTC, a elevada acidez".

Silva, et al. (2013, p.22) corrobora com a mesma tese, porém, aponta que o tipo de levantamento realizado não favorece a distinção destes solos, onde geralmente realiza-se "apenas o tipo para reconhecimento o que não exige escalas de detalhe mais acurados". Para Lacerda, et al., (2015, p.03), o levantamento mais adequado para identificação das classes dos solos é em escala de detalhe. Porém, os

entraves para realização deste tipo de levantamento é um processo demorado e oneroso.

A inexistência do Chernossolo no Maranhão foi desmistificada com a realização do trabalho de campo da temática Pedologia no Zoneamento Ecológico e Econômico nos biomas Cerrado e Costeiro do Estado do Maranhão (2020-2021), no qual foram registrados 06 perfis de Chernossolos em distintos municípios maranhenses: Loreto, Fortaleza dos Nogueiras, São João dos Pastos, Fortuna, Formosa da Serra Negra e Timon.

Porém, devido à escala de trabalho (1: 250.000) e ao tipo de levantamento realizado (exploratório) esses solos foram associados à classe mais expressiva e, desta forma, exclusos do mapeamento. Após analisar a importância economica e ambiental que o Chernossolo possui, juntamente com ampliação do conhecimento sobre este solo, surgiu a pesquisa de mestrado que buscou mapear e caracterizar a mancha de Chernossolo no município Timon-(MA).

O objetivo central desta pesquisa foi realizar o mapeamento e caracterização da mancha de Chernossolos no município de Timon (MA), bem como: i) mapear e delimitar a mancha de Chernossolos em Timon; ii) caracterizar os atributos morfológicos, físicos e químicos dos Chernossolos em Timon (MA).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mapeamentos históricos e atuais: Ocorrência dos Chernossolos no Brasil e Maranhão.

O resgate histórico dos levantamentos e mapeamentos pedológicos realizados tanto no Brasil quanto no Maranhão faz-se necessário, pois a pesquisa realizada partiu da elaboração prévia de articulações que facilitaram o desempenho, tendo o levantamento como ação inicial e o mapeamento como finalização das atividades realizadas em campo e em ambiente digital na redelimitação de solos no municipio de Timon (MA).

Muitas vezes são confundidos (levantamento e mapeamento) por serem executados simultaneamente, mas o destaque em geral dá-se ao mapeamento, etapa na qual são realizadas observações de critérios variados na pedologia para fins da realização da classificação do solo, segundo Brasil, et al (2020, p.27). Resende, et al., (2007, p.214) pondera quanto à existência de dois tipos de mapeamento, os autênticos (originais) e os copilados. O primeiro se subdivide em: ultradetalhado, detalhado, semidetalhado, reconhecimento e exploratório. O segundo subdivide-se entre generalistas e os esquemáticos.

O mapeamento do tipo “reconhecimento”, quando utilizado na Pedologia, serve para avaliar o solo, qualitativa e semi quantitativamente, visando estimar o potencial de uso agrícola e não agrícola (IBGE, 2015). Pode ser subdividido em níveis de intensidade, (alta, média e baixa), que expressam, nessa ordem, a diminuição do grau de detalhamento e precisão do mapeamento, conforme (RESENDE, et al., 2007, p.215).

Segundo Brasil, et al. (2020, p.27) a escala de trabalho deve ser articulada com o objetivo do trabalho, pois a mesma determinará quais unidades pedológicas deverão ser apresentadas no mapa, bem como a frequência, quantidade de amostras e perfis que serão coletados. Quando a coleta é para classificação, as unidades mapeadas são identificadas por observações e amostragens em percursos cruzando diferentes padrões de drenagem, relevo, vegetação, geologia e geomorfologia (IBGE, 2015, p.360).

Portanto, afirma-se que nesta pesquisa que o mapeamento realizado foi de intensidade alta, por melhor se adequar aos objetivos estabelecidos, o levantamento escolhido foi o semidetalhado que, segundo o IBGE (2015), pode ser realizado em

escala igual ou menor que 1.50.000 e dependendo da situação pode variar até 1:100 000.

De acordo com os mapeamentos realizados no Brasil, é observável uma diversidade pedológica grande e que se dá pela variação do clima, relevo, formação geológica e os tipos de vegetação que indicam as diferentes classes dos solos, perceptíveis ao longo do território brasileiro.

Santos, et al. (2018) afirmam a existência de 13 ordens de solos no território brasileiro com inúmeros enquadramentos entre os seis níveis categóricos. De todo o conjunto de solos do país, as cinco classes de maior abrangência são: “Latossolos com 32,9%, Argissolos (28,1%), Neossolos (13,4%), Cambissolos e Plintossolos com 5,1% e 5,0%, respetivamente e as 05 de menor extensão são: Organossolos (0,1%), Nitossolos (1,3%), Espodossolos (1,7%), Vertissolos (0,2%) e os Planossolos (2,3%) (BATISTELLA, et al., 2014, p.120a).

Para Gama, et al., (2007), dentre os mapeamentos de solos já realizados no Brasil, o que melhor expressou a tipologia pedológica e temas sobre a geologia, clima, vegetação, foi realizado na década de 70, denominado “Projeto Radam”, um trabalho de caráter exploratório sobre a Amazônia Brasileira.

Em 1986, a EMBRAPA publicou informações mais amplas sobre os solos do país, porém, devido à escala cartográfica de trabalho (1:5.000.000) foram definidas unidades de mapeamento, nas quais houve associações e agrupamentos classes de solos menos expressivas, (GAMA, et al., 2007, p.27).

Após a realização destes mapeamentos surgiram novas ampliações com estudos mais acurados, diferentes tipos de levantamento, mapeamento e escalas cartográficas, para divulgar o conhecimento pedológico do país. Dentre estas evoluções, cita-se a utilização das ferramentas da geotecnologia. Como exemplo desta evolução cartográfica têm-se os mapas do IBGE (2015/2018), atualizações da EMBRAPA (1986/2016), Macro ZEE (MA) (1998) e o mais recente trabalho do Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão para os Biomas Amazônico, Cerrado e Costeiro (2019/2021), na escala de 1:250.000.

Observa-se que, ao longo da contextualização dos mapeamentos realizados, o solo pertencente à classe dos Chernossolo não é tão expressiva no país. Dados do IBGE (2015) indicam que em apenas 3% do território nacional há a ocorrência desta classe. No país sua maior ocorrência esta na região Sul, com 42,9%; seguida das regiões Nordeste, com 38,4% e Centro-Oeste, com 15,9% do total existente no território

nacional. As menores manchas estão nas regiões Norte e Sudeste, com 0,6% e 2,2%, respectivamente, (BATISTELLA, et al., 2014, p.120b).

Dentre as regiões citam-se áreas especificas como a Campanha Gaúcha, registrando a presença dos Chernossolos Ebânicos, que estão sendo subutilizados com pasto e lavouras, os Argilúvicos ocorrem no restante do país dispersos e em pequenas concentrações, principalmente no Mato Grosso do Sul (Serra da Bodoquena) e no Rio Grande do Norte corrre os Rêndzicos, de acordo com IBGE (2015, p. 290).

Com a realização da atualização do mapeamento em 2018, pelo IBGE, novas áreas foram indicadas nos Estado do Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo, Tocantins, Piauí, Ceará, Mato Grosso e Rio Grande do Norte. Dentre as subordens deste solo (Argilúvico, Háplicos, Rêdzicos e Ebânicos), as mais expressivas no Brasil são os Chernossolos Rêndzicos e Ebânicos com 0,07 %, seguindo do Chernossolo Argilúvico com 0,03% do total de manchas (SANTOS, 2011, p.65).

Em solos maranhenses esta classe nunca tinha sido mapeada, uma vez que Jacomine et al.,(1986) aponta apenas a presença de solos das classes dos Latossolos, com maior representatividade, isto é, 34,96%, seguido dos Argissolos (26,26%), Plintossolos (15,19%), Neossolos (13,51%), Gleissolos (2,21%), Solos indiscriminados de Mangue ou Gleissolos Tiomórficos (2,15%) e Nitossolos ou Latossolos Vermelhos, com 1,38% do total das classes analisadas.

A inexistência deste solo no Maranhão foi abordada por Silva, et al. (2013), que afirmam haver registros apenas em Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro, além dos estados já citados. As autoras creditam a inexistência ao tipo de levantamento que geralmente é do tipo "reconhecimento", por não exigir escalas de detalhes específicas e redução das articulações para sua execução.

Silva (2013, p.05) concorda com Silva, et al., (2013) e acrescenta outro aspecto ligado à localização geográfica do Estado, por encontrar-se entre ecossistemas tropicais caracterizados pela existência de solos pobres. Esta afirmação fundamenta-se nos resultados das análises químicas que apresentam dados com limitadas ou baixíssimas quantidades de nutrientes disponíveis para planta, baixo pH, e baixa CTC, ocasionando a presença elevada da acidez por alumínio, fatores estes que de acordo com a literatura usual tornam a presença do Chernossolo impossível no Maranhão.

Silva, et al., (2013, p.12) acredita que um bom mapeamento deve observar aspectos específicos quando sua finalidade for a determinação da classe, aspectos estes

relacionados desde sua formação, evolução e sua distribuição espacial. A autora traz em voga a paisagem como outro fortíssimo ponto de análise, pois deve ser totalmente analisada considerando não apenas a geologia, mas as superfícies geomorfológicas e suas morfocronologias sob os diversos fatores paleoambientais.

Lacerda, et al., (2015, p. 03) trabalha com a mesma pespectiva ao correlacionar a ciência pedológica com aspectos geológicos e a geomorfologia para compreender a relação solo-paisagem, permitindo assim essa distribuição, que favorecerá as atividades de mapeamento e planejamento sustentável de uso dos solos. Um exemplo sobre essas correlações está sobre o estudo de Lynch (2009) quando trabalha a relação solos-relevo pois, de acordo com estudo, há predomínio de Latossolos nas posições mais altas da encostas-topo e terço superior, Latossolos e Nitossolos na meia encosta e Chernossolos no terço inferior da vertente.

Para tanto, ressalta-se que, mesmo com todas as considerações contrárias existentes na literatura sobre os padrões para a existência dos Chernossolos em certa localidade, afrrma-se com base no trabalho realizado pelo ZEE-MA no bioma Cerrado em 2021 que esta classe foi identificada e analisada, considerando seus atributos morfológicos, físicos e químicos, porém, não inserida no mapeamento oficial, dada sua inexpressiva área de ocorrência.

Quanto a sua dispersão, foram mapeados 06 pontos em distintas localidades no Estado, sendo elas os municípios de: Loreto, Fortaleza dos Nogueiras, São João dos Pastos, Fortuna, Formosa da Serra Negra e Timon. Pondera-se, no entanto, que os mapeamentos mais antigos sobre a temática não estavam incorretos, apenas utilizavam-se de metodologias e escalas adequadas e ajustadas ao tipo de levantamento e aos objetivos dos mais diferentes trabalhos realizados.

Outro destaque é em relação à classe dos Chernossolos pois, ainda que pequena em extensão territorial, possui altos níveis de fertilidade garantindo, assim, elevada produtividade agrícola, sem necessitar de incrementos artificiais ou naturais como adubos ou fertilizantes, fatores que não dependem de sua abrangência territorial e sim de seu material de origem associado aos níveis de intemperísmo aos quais foram expostos.

2.2 Geotecnologias: Conceitos e aplicabilidades na Pedologia

A inserção das ferramentas da geotecnologia tem otimizado cada vez mais

os trabalhos cartográficos e, independente da temática trabalhada, apresentam fatores positivos quanto a sua utilização, que vão desde a dinamização e economia do tempo em campo até a redução de profissionais, pagamentos de locação de equipamentos.

Este conhecimento é relativamente novo, porém, é diariamente aprimorado, haja vista a gama de desenvolvedores de softwares que aumentam progressivamente os estudos de várias temáticas, proporcionando maior agilidade ao pesquisador, sem, contudo, comprometer a eficácia e funcionalidade do trabalho desenvolvido.

Estas afirmações relacionam-se ao conceito estabelecido por Rosa (2005) sobre geotecnologia, ao defini-la como um composto de soluções no qual a junção dos hardwares, softwares e peoplewares constituem ferramentas poderosas na tomada de decisões. Este autor destaca ainda a utilização do SIG (Sistema Sistemas de informação geográfica) bem como a cartografia digital, sensoriamento remoto, (GIS) sistema de posicionamento global e a topografia.

O conceito acima remete à necessidade da junção de três elementos básicos, sendo eles um computador, software e um operador que definirá ações do “Como?”, “Onde?” e o “Por quê?” da utilização dos compostos da Geotecnologia. O uso massivo e progressivo das Geotecnologias deve-se à facilidade da aquisição, coleta e na distribuição de um volume cada vez maior de dados em menor espaço de tempo, sem, contudo, segundo Zucherato, et al., (2021, p.231), diminuir a qualidade e a disponibilidades deste dados para as práticas de mapeamento.

No campo da Ciência do Solo, torna-se cada vez mais usual, principalmente na preparação inicial dos estudos realizados. Dados do IBGE (2015) e autores como Lacerda (2005), Santos (2019) e BRASIL, et al., (2020), julgam que trabalhos que utilizam estas ferramentas possibilitam a elaboração de mapas e cartas com maior rapidez, agilidade, menor onerosidade; valendo-se do cruzamento de informações cartográficas prévias para a geração de novos produtos.

Dentre estes produtos advindos dos estudos pedológicos obtem-se a análise da paisagem para estudos da vulnerabilidade da perda de solos (Santos; Almeida, 2019); o estudo dos solos em topossequência, Silva, et al., (2013), Campos, et al., (2012); Santos, et al,. (2018), com a análise do para fins da produção agrícola, além do trabalho para fins de reconhecimento e exploração dos solos como o realizado pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão para os biomas Amazônico, Cerrado e Costeiro (CATUNDA, et al., 2019; DIAS, et al., 2021).

Acrescenta-se, ainda, trabalhos provindos da Embrapa Solos em escalas maiores a 1:250.000, que contemplam mais detalhes (mapas municipais). A evolução é tão grande que atentam até mesmo a agricultura de precisão, pois possibilita ao produtor conheçer sua área cultivada auxiliando no aumento do rendimento da produção, bem como na aplicação e quantificação de fertilizantes e corretivos utilizados, com base na variabilidade espacial dos nutrientes no solo (facilmente identificados pelas imagens de satélite), auxiliando na tomada de decisões, segundo Reghini (2020, p.333).

Observa-se que em trabalhos para fins agrícolas o uso de imagens de satélite fornecidas gratuitamente em diversos sites, com amplo destaque ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no Brasil foi outro ponto positivo, pois a utilização das tecnicas do sensoriamento remoto auxiliou na ampliação do saber e de discusões, objetivando melhorias relacionadas à classificação, conservação e manejo dos solos.

Ressalta-se também que, além do site citado, têm-se outros para obtenção de dados espaciais (imagens), tais como: Earth Explorer - USGS, Alos Palsar, Alaska Satélete Facility (ASF), LandViewer, Copernicus Opem Acess Hub, Nasa Earthdata Seanch, dentre outras. O conhecimento sobre a utilização das imagens de satélie foi fortemente popularizado com o surgimento da internet, tanto para obtenção quanto para a utilização das imagens, as quais possuem variações nos satélites, período de mageamento, coleta e resoluções que podem ser espaciais ou expectrais.

A utilização das imagens de satélite é ancorada pelo uso do sensoriamento remoto que para Novo (1988, p. 204), é um conjunto de sensores, equipamentos que processam e transmitem dados visando estudos das interações no ambiente terrestre, sem o contato físico direto, com a aquisição destas imagens (satélites e/ou radar), tornou-se possível a visualização e obtenção de dados sobre o relevo, vegetação, hidrografia, sem contato físico.

Gonçalves (2015, p.55) contribui afirmando que as imagens mais utilizadas são as imagens da série Landsat (1, 2, 3, 5 e 8), por contribuírem na elaboração de pesquisas relacionadas a temas como recursos naturais e uso e ocupação da terra. Além das imagens já mencionadas têm-se as: CBRES, Radiayer, Sentinel-1 e 2 e Spot 5 e 6.

É fato que as ferramentas da geotecnologia facilitam a realização dos mapeamentos, porém, necessitam de uma reflexão prévia das metodologias adotadas na elaboração de trabalhos pois, segundo Zucherato, et al., (2021, p.233), cada passo adotado deve ser cuidadosamente avaliado, uma vez que os procedimentos adotados

para o desenvolvimento de diversas pesquisas influenciaram sobre modo e na condução de estudos nas mais variadas áreas do conhecimento.

Percebe-se também que tanto a Cartografia quanto as demais ciências que se valem das ferramentas da geotecnologia muito evoluiram, pois a cada novo software, imagem de satélite e aplicações, surgem novas possibilidades na geração de conhecimentos que visam facilitar as multiplas atividades humanas. Além disso, ao serem inseridos nos estudos pedológicos, possuem caracter interdisciplinar, com destaque cada vez maior para utilização do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento, pois os mesmos podem integrar avaliações e elaborações de dados, o que facilita a identificação prévia de problemas e soluções relacionadas ao estudo dos solos e da paisagem.

2.3 Pedogênese, atributos e principais potencialidades dos Chernossolos.

Pedogênese está intriscicamente ligada à geologia, pois a mesma fornece pela força do intemperismo exercido sobre as rochas diferentes características aos solos durante sua formação. Sendo assim, o processo de pedogênese pode variar, pois "todos estão ligados aos fatores de formação e aos processos pedogenéticos ligados ao tempo e controlados pelo relevo segundo (RESENDE, et al., 2007, p.123).

Características físicas e químicas dependerão também da ação de processos como a transformação, remoção, translocação ou adição. Resende, et al. (2007) atribuem a esses processos as relações física, química e biológicas que determinarão a formação dos diferentes tipos de horizontes e morfologia, a qual poderá indicar elementos como cor, espessura, profundidade, textura, estrutura e a consistência do solo analisado.

Lacerda (2005, p.2216), ao realizar estudos sobre a correção geo-pedológica, afirma que a ocorrência de solos considerados de maior potencial de fertilidade natural apresentam atributos herdados do material parental. Resende (2007) afirma que dentre as formações geológicas que contêm o basalto como material original podem formar solos com altíssima fertilidade: o Cambissolo, Nitossolo e o Chernossolo. No Maranhão os basaltos estão presentes principalmente nas formações Sardinha, Morquito e em menor proporção na Formação Pedra de Fogo.

A relação geologia - solo representa um potencial econômico muito grande, contendo inúmeros benéficos principalmente para o setor agrícola (exportação),

crescente a cada ano e que está sempre buscando novas áreas com solos férteis, quimicamente ou fisicamente bem estruturados.

O projeto MATOPIBA é o reflexo destas características e da valorização econômica da agriculltura. Oficializado em 2015 pelo Governo Federal, cuja abrangência é interestadual, tem apoio técnico da EMBRAPA quanto à elaboração de estudos e estratégias que viabilizem a produtividade das áreas plantadas.

Como resultado disso, Farias Filho (2019, p.807) afirma que o Brasil é um dos maiores produtores de cereais do mundo, com perspectivas de em pouco tempo tornar-se o maior produtor de grãos, visto suas potencialidades, localização e áreas que ainda podem ser usadas e, dentre os produtos cultivados, o destaque é dado ao cultivo da soja, do milho e do algodão.

Para tanto, o estudo da pedogênese é importantíssimo, levando em consideração os solos de elevada fertilidade com vistas à produtividade agrícola e crescimento econômico do país. Aprofundando o estudo sobre o agrupamento dos Chernossolos, percebe-se como característica marcante o desenvolvimento de calcificação, favorecido pelo processo de translocação ou redistribuição de $CaCo_3$ ao longo do perfil. Resende, et al. (2007) afirma que este processo está intimamente ligado a fatores bioclimáticos nos quais a precipitação não é suficiente para translocar o carbonato dos solos e a vegetação (pradarias ou florestas muito secas) ajuda na concentração da matéria orgânica.

Santos, et al., (2018, p. 47), acrescenta que este processo colabora na concentração de material orgânico, eleva a saturação por bases, a atividade da fração argila e que cerosidade é abundante, com presença de superfície de compressão e a existência de horizontes A Chernozêmico, B ou Bi. Oliveira, et al. (1992) afirma que o material constituinte do Chernossolo é decisivo quanto a origem dos atributos por horizontes ou em alguns casos pelo solo todo.

A saturação de bases ou valor (V%) permite classificá-lo em Eutrófico, no qual a saturação é igual ou > 50% ou se o solo é distrófico, ou seja, tem baixa saturação com valores < que 50%. Para a classe dos Chernossolos exige-se que o valor (V%) deve ser superior a 65%. (SANTOS, 2018, p.30).

Atividade da fração argila é caraterística do horizonte “B” ao definir se o solo possui ou não argila com valor suficiente para serem classificados, contendo entre atividades muito baixa a muito alta, calculada pelo valor (T), a quantidade de argila é

determinada pela granulometria. Para os Chernossolos, a atividade das argilas deve ser alta, com valores entre 27 e 40cmol$_c$. Kg^{-1} de argila (IBGE, 2015).

A cerosidade enquadra-se e pode ser facilmente observada na caracterização morfológica do perfil, que é conceituada como concentração de material inorgânico, na forma de preenchimento dos poros ou revestimentos de unidades estruturais (SANTOS, et al., 2018, p.43). Nos Chernossolos, a cerosidade deve ser de comum a abundante.

A superfície de compressão é comum de ser identificada em solos com texturas entre a argilosa e muito argilosa que, conceitualmente, são superfícies lisas, possuem brilho quando úmidas ou molhadas (SANTOS, et al., 2018). Este critério é identificável no campo e, ao realizar a análise morfológica, suas características apresentam-se de duas formas, podem ser brilhantes e foscas, o grau, variando de fraca a forte e de pouca a abundante quantidade.

Os horizontes diagnósticos dos perfis pedológicos, são aqueles onde a presença da atuação do processo de formação do solo é mais acentuada, para tanto admite-se para os Chernossolos a presença dos horizontes B textural, B incipiente e o horizonte com caráter cálcico. Sobre estes horizontes, Santos, et al. (2018) afirma que, tanto o horizonte B incipiente e o B textural possuem argila de alta atividade quando eutróficos, podendo haver ou não caráter carnonático coincidindo com o horizonte A chernozêmico ou o C com o contato lítico.

O horizonte B textural é de suma importância, pois se observa um significativo aumento da fração argila em relação aos horizontes A ou E. Oliveira (et al., 1992), indica também a presença de cerosidade, com textura argilosa e estrutura geralmente em blocos ou prismática composta por blocos. O horizonte B incipiente é um horizonte mineral que sofreu pouco intemperismo relativamente pouco intenso, porém, o suficiente para causar deposição parcial, originando a estrutura em blocos ou prismática, cores nas quais o cromo é mais forte e textura franco arenosa. (OLIVEIRA, et al., 1992, p.60a).

Quanto ao horizonte diagnóstico de caráter carbonático, deve-se observar se tem mais de 15%, para fins de distinção desses atributos é considerada em qualquer horizonte ou camada dos solos (OLIVEIRA, et al., 1992, p.60b)

De Melo, et al (2017, p. 220) afirmam que estudos envolvendo os Chernossolos são pouco divulgados e que, dentre os motivos para isso, estão a extensão e falta de conhecimento. O autor acrescenta, porém, que devido à influência agrícola

que estes solos possuem sobre a agricultura sua caracterização, torna-se relevante para que, de posse destas informações, sejam definidas as principais potencialidades e/ou restrições.

Dentre as potencialidades dos Chernossolos há, de acordo com Oliveira, et al (1992), a de possuir a maior soma e saturação por base, portanto, possuem alto valor nutricional e a incidência de secas prolongadas torna a pecuária extensiva a atividade mais representativa, porém, a agricultura irrigada está sendo aplicada em áreas do Rio Grande do Norte e do Mato Grosso do Sul.

Estes solos são ideais para práticas agrícolas com fontes nutricionais centradas na matéria orgânica, cálcio, magnésio e presença de minerais esmectíticos que conferem alta atividade da argila. Alpem disso, possuem elevada aptidão agrícola, pois possuem boas condições físicas, relacionadas a uma boa estruturação, permeabilidade, absorção umidade e aeração (MOREIRA, 2019). Estas características são essenciais para otimizar a absorção de nutrientes do solo pelas plantas através do horizonte “A”.

Um fator limitante quanto ao uso deste solo está associado à posição do solo no relevo que, dependendo do uso, pode sofrer com erosões e ravinamentos. Por esta razão, o seu manejo exige cuidados específicos para que aconteça de modo a não perder sua fertilidade parcial ou total.

2.4 Caracterização da classe do Chernossolos e suas subordens

A formação dos solos depende diretamente dos fatores pedogenéticos (o clima, o material de origem, o relevo, os organismos e o tempo) que atuam de forma simultânea, conforme informações do IBGE (2019, p.118) e, desta forma, são responsaveis por desencadear uma série de processos pedogenéticos que ficarão impressos nas feições morfológicas e na composição do solo, originando as diferentes classes.

Antes de caracterizar qualquer classe de solo, faz-se necessária a compreensão dos critérios que serão utilizados para tal caracterização. Santos, et al. (2018, p.293) definem que os critérios estão alicerçados nas condições ambientais, tais como: vegetação, relevo, pedregosidade, rochosidade, erosão e o substrato, pois interferem direta e indiretamente no comportamento e na utilizações dos solos.

Cada um desses critérios possui suas características particulares e fases, um exemplo claro é o comportamento da vegetação que é analisado para facilitar as

inferências sobre variações da umidade presente nos solos, uma vez que a vegetação primária reflete as diferenças climáticas, de acordo com Santos, et al (2015, p. 296).

A compreensão do relevo quanto ao estudo dos solos está ancorada na topossequência das classes de solos, ocorrendo os Latossolos na parte superior do relaevo, e nas áreas subsequêntes há a presença dos Argisssolos, Plintossolos e nas rebaixadas os Gleissolos. Através destas observações é possível analisar as tecnicas de utilização do maquinário, bem como elaborar medidas mitigadoras para contenção e prevenção dos graus de erosão exercidos pelas diversas formações do relevo.

A presença da pedregosidade colabora na caracterização do solo e a qualificação é observada nas camadas superficial ou subsuperficial, interfere no uso das terras por equipamentos agrícolas (SANTOS, et al., 2015, p.297). Classifica-se em: Pedregosa, Muito pedregosa e Extremamente pedregosa. A rochosidade em relação à exposição do substrato rochoso com diâmetro > 100 cm e, dependedo das quantidades, torna-se impraticável o uso de maquinário (SANTOS, et al., 2015, p.298).

Observa-se que tanto a pedregosidade quanto a rochosidade devem ser claramente especificadas, pois estas influenciam diretamente no tipo de uso a que poderá ser destinado. A erosão ou fase erodida é outro critério cuja importância se dá pela identificação dos níveis de erosão apresentadas no solo e subdivide-se em: Forte, Muito forte e Extremamente forte.

Observações sobre a caracterização dos solos são de grande importância, uma vez que a transcrição do ambiente circundante ao perfil coletado comporá um relatório sobre as análises feitas no trabalho de campo. Para tanto, o*Manual Técnico em Pedologia* fornece uma ficha utilizada para a descrição morfológica de solo no campo, a mesma contém os critérios acima citados acrescidos de subdivisões para uma caracterização edáfica mais criteriosa.

As características gerais para enquadrar um solo na classe de Chernossolos deverá obter, segundo Santos, et al. (p.50, 2018), presença do horizonte A com caráter chernozêmico, que é um horizonte mineral superficial, relativamente espesso, de cor escura, com alta saturação por base mesmo após a revolvimento superficial, no qual pode ou não haver acumulação de carbonato de cálcio.

O nome desta classe deriva do russo "*chern"* que, traduzido do russo, significa preto conotativo de solos ricos em matéria orgânica. Solos com tal singularidade possuem um potencial de fertilidade natural altíssimo e que, sendo

utilizado racionalmente, pode ampliar a produtividade de culturas agrícolas. Porém, o manejo e o uso devem ser bem articulados e frequentemente observados, evitando problemas com a erosão, compactação e lixiviação.

De acordo com seu caráter, os chernossolos se sudividem em quatro (04) subclasses, nas quais os Chernossolos Ebânicos constituem-se por possuir o caráter ebânico em que a coloração escura (preta) estende-se na maior parte dos primeiros 100 cm do perfil. Os Argiluvicos tem o horizonte B textural logo abaixo do horizonte A chernozêmico. A singularidade dos Redzicos está na presença nítida dos carbonatos em todos os horizontes e também o contato lítico logo após o primeiro horizonte (SANTOS, et al., 2018). Os Chernossolos Háplicos são subordens que agregam os solos que não se enquadram a nenhuma das classes anteriores (IBGE, 2015, p.160).

2.5 A relação solo-paisagem e a variabilidade dos atributos dos Chernossolos

Entende-se que o solo possui características que variam de um ambiente para outro e, por isso, o conhecimento de sua gênese torna-se importante na compreensão do seu comportamento na paisagem. A gênese do solo depende dos fatores de formação, pois cada fator possui papel importante nos quais o clima atua na rocha transformando-a (sedimentos) pela ação dos vários tipos de intemperismo que, ao longo do tempo, se configurará em um tipo de solo.

A morfologia da paisagem é um resultado do trabalho dos agentes, nos quais o relevo é tido como elemento principal, pois a diversidade de classe de solos manterá relação estreita com a forma, o comprimento de rampa e a declividade da superfície. Resende, et al. (2007, p. 143) enfatiza que a paisagem é a expressão resultante da atuação dos fatores clima, solo e organismos. Além disso, os autores acrescentam os aspectos socioeconômicos, visto que imprimem fortes transformações à superfície, alterando de forma significativa a paisagem.

À luz do pensamento dos autores acima citados, na paisagem brasileira os processos pedogenéticos são bem ativos e o relevo tem o papel de controlador do tempo de exposição dos agentes bioclimáticos, de forma que os expostos por mais tempo ao intemperismo foram as chapadas, onde ocorrem os cerrados e solos de pobreza nutricional, já nas áreas baixas ocorrem solos novos, além da vegetação densa e diversificada.

O relevo influência na presença, quantidade e comportamento da vegetação,

oferecendo, assim, indícios das condições climáticas na área estudada. Campos, et al. (2007) publicou um artigo em que apresenta vantagens de se estudar a relação solo-relevo, por meio de análise em "topossequência" sobre a litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP, constatando a forte influência da posição da paisagem na variação de classes dos solos e na variabilidade dos atributos. Vasconcelos, et al. (2013) classificam como pedossequência seu estudo sobre o modelo de evolução pedogeomorfológica da Serra da Canastra em Minas Gerais, em que classificaram os solos que variaram de Latossolos no topo a Gleissolos na base.

Sobre a vegetação, Santos, et al. (2018, p.293), afirmam que a cobertura vegetal está fortemente relacionada ao clima e as propriedades do solo, uma vez que esta relação (clima e vegetação) resulta de algumas condições edafoclimáticas. Sobre esta relação, o IBGE (2015, p.393) apresenta a importância da vegetação como bioindicadores, está ligada a indicação de umidade e as condições químicas e, em razão disso, são elementos de grande apoio nos trabalhos de mapeamento. Este manual também apresenta espécies vegetais endêmicas e invasoras, indicando sua relação íntima com várias paisagens existentes nos solos do Brasil.

Resende, et al. (2007) afirma que há comportamentos diferenciados quanto à presença da cobertura vegetal nos solos, pois em áreas de Florestas, até chegar ao limite com a Caatinga, haverá solos com aumento na aridez nos meses secos, haverá baixos níveis de fertilidade e queda de folhas. Em ambientes de vegetação relativos ao Cerrado e suas subdivisões, haverá crescimento, porém, negativo em relação à fertilidade e ao aumento na concentração do Alumínio (RESENDE, et al., 2007, p.144).

A compreensão dos solos e sua inserção da paisagem também é utilizada como ponto de ligação na compreensão dos pilares existentes na Teoria Geossitêmica (Potencial ecológico e Ação antrópica) desenvolvida por Bertrand (1968) e amplamente difundida na ciência geográfica. A aplicação desta teoria na compreensão da relação solo - paisagem se dá de forma interdisciplinar pois, segundo Jorge & Guerra (2016, p.154), o solo é uma característica importante da paisagem e também vital para sustentar a biodiversidade, possui muitas outras funções ambientais incluindo a diminuição da poluição, mudanças climáticas e produção de alimentos.

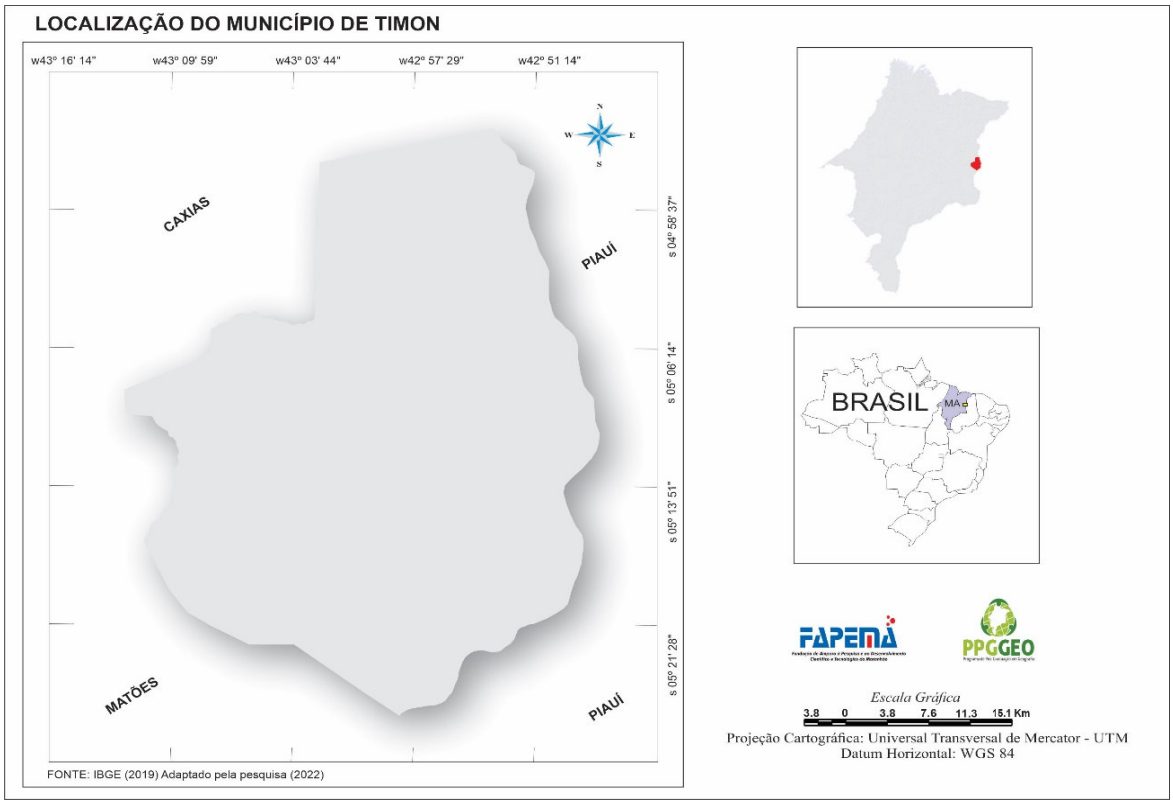
Dentre os exemplos da relação solo paisagem e sua correlação com os pilares, potencial ecológico e ação antrópica é possível citar alguns trabalhos como dos autores: Nascimento e Sampaio (2004), ao conectar a dinâmica da natureza com o

planejamento prudente do espaço geográfico; De Castro (2012) com a análise da bacia do rio Pericumã; Mendonça (2016) com a vulnerabilidade ambiental em cidades e os recursos hídricos, Jorge & Guerra (2016) com a geodiversidade, geoturismo e geoconservação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização socioeconômica e geoambiental da área de estudo

O município de Timon localiza-se no extremo leste maranhense, limitando-se com a capital do Piauí, Teresina, e no Maranhão com os municípios de Matões e Caxias, distanciando-se 426 km da capital maranhense, (Mapa 01). Sua área total é de 1.765,220 km² (IBGE, 2019), a população é estimada em 170.222 habitantes e densidade de 96,54 hab./km², IBGE (2020).



Mapa 01. Localização do município de Timon, em relação ao Brasil e Maranhão.
Fonte: OLIVEIRA (2022). Base de dados IBGE (2019)

A economia do município está relacionada principalmente aos setores de serviços e comércio, os quais possuem relações comerciais com Teresina (PI), Fortaleza (CE) e no Maranhão, com o município de Caxias. A soma do PIB é de 11.120,68 R$, porém, as receitas são oriundas de fontes externas, 87% do total. Possui IDH (0,649), índice alto, segundo o Atlas de Desenvolvimento do Brasil (2010), ocupa 14ª posição no ranking estadual, a explicação de um índice alto está na variável renda, porém, os dados relacionados aos aspectos básicos ao assistencialismo populacional revelam que a saúde, infraestrutura, educação e saneamento básico são precários.

O DATASUS (2019) informa que a mortalidade infantil é de 15,6% e a

maioria das internações hospitalares estão ligadas a doenças relacionadas à falta de saneamento básico (coleta e tratamento de esgoto), ao registrarem que 1,6% das internações são causadas por diarreias, o IBGE (2010) revela, ainda, que apenas 38% da população possui esgotamento sanitário adequado.

Os aspectos geoambientais de Timon são minuncias dos elementos morfoclimáticos existentes no Maranhão, onde o clima, segundo Thorntwaite (1948), é do tipo Sub- Úmido Seco, (C_1), cujas características são: de temperatura média mensal sempre superior a 18ºC, precipitações anuais variando entre 1.500 a 1.700mm, com meses mais chuvosos entre dezembro a maio (ATLAS DO MARANHÃO, 2002, p, 60).

Timon está localizado entre duas bacias hidrográficas, a do Parnaíba é a mais extensa territorialmente (Leste) e a bacia do Itapecuru (Oeste). Devido à existência desta malha hídrica, é desenvolvido o turismo de Lazer e Aventura nos mais de 55 balneários, segundo site da prefeitura do município (2022). O relevo, para Correia Filho, et al. (2011, p.25), "é formado, em quase sua totalidade, por planaltos entremeados de chapadas, colinas e morros".

O mapa da CPRM (2016) indica a existência de seis (06) formações geológicas, sendo elas: Piauí (C2pi); Pedra de Fogo (P12pf); Motuca (P3m); Corda (J2c), Formação Barreiras (N12) e Depósitos Aluvionares (Q2a).

A cobertura vegetal, segundo Correia Filho, et al, (2011), decorre da influência da transição climática entre o clima amazônico e o semiárido nordestino e, segundo a Classificação Brasileira de Vegetação do IBGE (2018), os principais tipos observados em Timon são: Vegetação secundária - (Vs), Floresta Semidecidual Aluvial- (Fa), Pecuária (pastagem) - (Ap) e a Savana Parque - (Sp).

Os solos mais representativos neste município, segundo a EMBRAPA (2016), são: Latossolos Amarelos, Plintossolos e Argissolo Vermelho-Amarelo, com destaque aos Latossolo, encontrados em áreas com relevo plano e suave ondulado, o que interfere na definição de sua aptidão agrícola. Dias, et al., (2021, p.269) afirma que estes possuem baixa fertilidade, porém, com condições físicas favoráveis ao cultivo agrícola (BATISTELLA, et al., 2013, p.99).

3.2 Médotos aplicados na pesquisa

Este trabalho fundamenta-se na Teroria Geossitêmica, com ênfase nos pilares Potencial Ecológico e Ação antrópica para exemplificar a importância da realização do mapeamento e análises dos Chernossolos encontrados em Timon (MA). A pesquisa tem uma abordagem quantitativa e é de natureza aplicada, quanto aos objetivos, é exploratória e explicativa.

3.2.1 Procedimentos metodológicos

A pesquisa utilizou-se dos procedimentos metodológicos revisão de literatura, pesquisa de campo, levantamento de dados secundários envolvendo o planejamento do tipo de levantamento e mapeamento do objeto estudado, elaboração do banco de dados geográficos e análises laboratoriais físicas e químicas (Anexo F). No item trabalho de campo, há uma descrição dos trabalhos realizados, como coleta e descrição morfológica dos perfis pedológicos.(Apêndice E)

3.2.2 Revisão de literatura

A revisão de literatura, segundo Baptista (2014, p.41), possibilita melhorar a "compreensão da situação do problema pesquisado, bem como a colocação mais precisa dos objetivos e hipóteses do trabalho" e que o tipo de procedimento é frequentemente utilizado em outras modalidades de pesquisa, uma vez que todas exigem uma investigação prévia do assunto (NUNES, 2013, p.41).

A revisão foi realizada pela leitura de: livros, periódicos, revistas, teses, dissertações, dentre outras fontes, as quais apresentam conceitos e aplicações sobre: a Pedologia, Geotecnologia, Geologia, Hidrografia, Relevo, Vegetação, Clima, Socioeconômia, dentre outras ciências.

Incorporados à revisão, estão dados (físicos e sociais) de órgãos como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais (CPRM), Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA) nos Biomas Amazônico, Cerrado e Costeiro e Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA).

3.2.3 Pesquisa em campo

A pesquisa de campo foi realizada entre 12 a 18 de fevereiro do ano de 2022, a mesma serviu para analisar o objeto de estudo. Nesta atividade foram realizadas a análise ambiental, escavação de trincheiras, descrição de perfis e coleta de amostras na

profundidade de 0-20 cm, distribuídas em topossequência. (Apêndices C e D).

Foi realizada a descrição morfológica de 05 perfis de solos, os quais basearam a caracterização e classificação da classe de solo, confirmadas pelas análises laboratoriais dos seus atributos físicos e químicos das amostras coletadas. As ferramentas da geotecnologia auxiliaram na pesquisa inicialmente com a espacialização dos pontos de coleta em campo utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Estes pontos correspondem à localização dos perfis e das amostras indeformadas do solo, coletadas em topossequências. Abaixo, na figura 01, Croqui das classes de solos em topossequência em Timon – MA

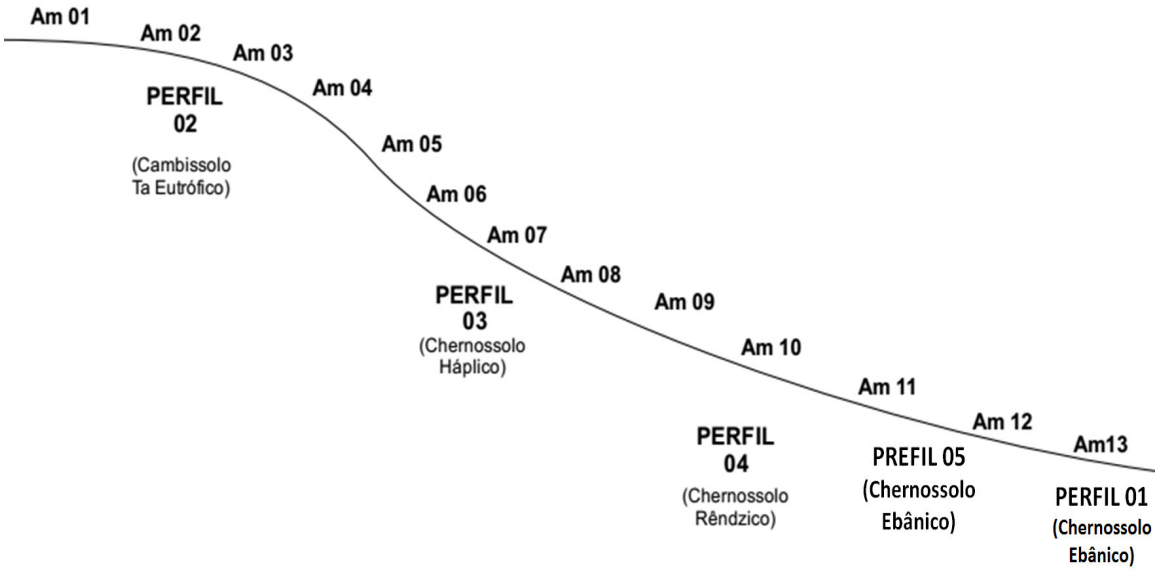
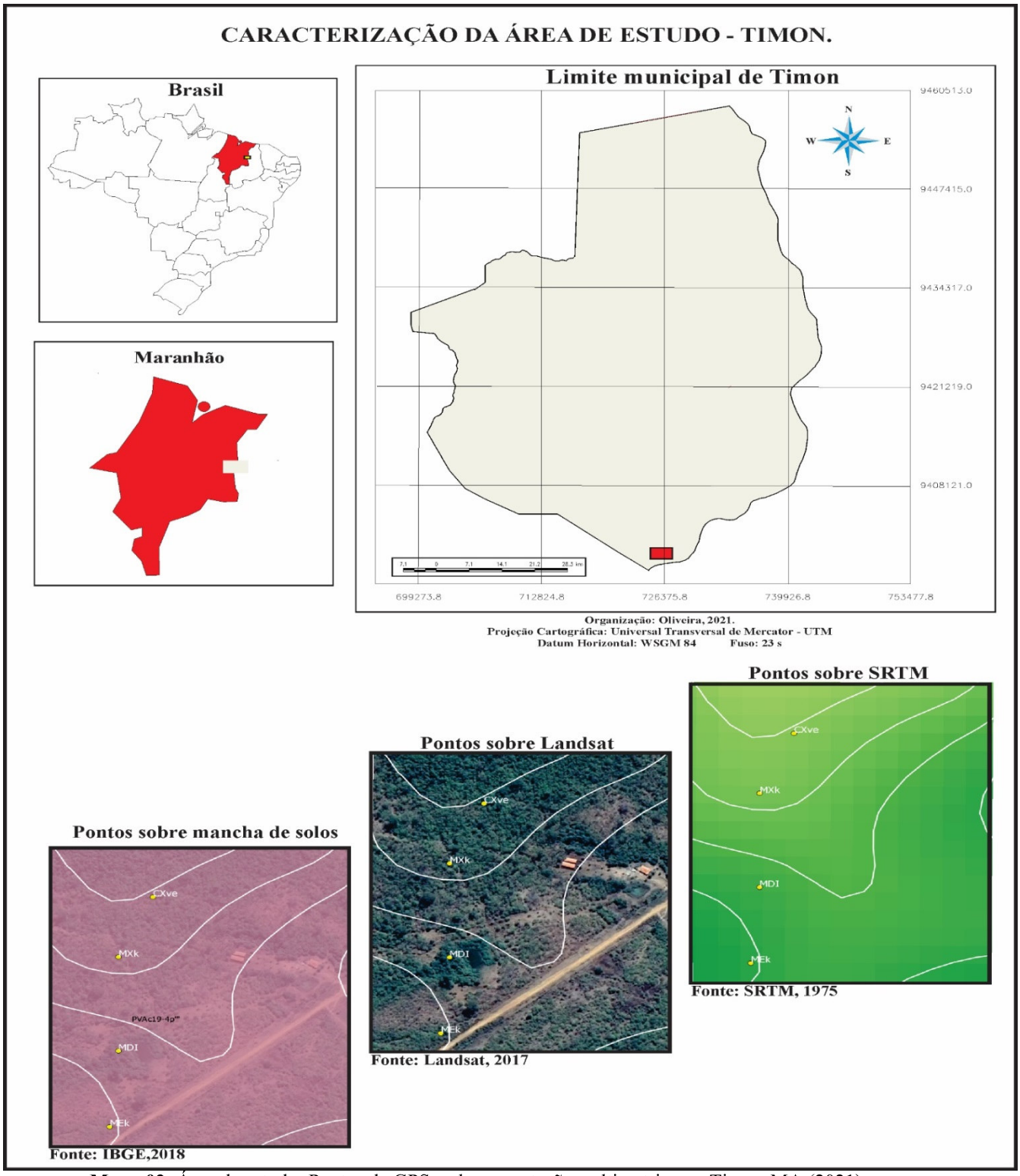


Figura 01: Croqui das classes de solo na Topossequência em Timon **-** MA
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Na distribuição espacial inicial dos pontos coletados foi utilizado o software Google Earth que é interativo, gratuito e de fácil manuseio e que, segundo Lima (2012. p.17), o mesmo utiliza imagens de satélite, tem uma interface manipulável no qual o pesquisador poderá aplicá-lo em várias aplicações, servindo tanto para atividades corporativas quanto acadêmicas. (Apêndice A)

Ressalta-se que os perfis e amostras de solos foram coletados conforme o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo, Santos, et al. (2015), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos SiBCS e Santos, et al, (2018). Com auxílio do primeiro manual citado, foi realizado o preenchimento da ficha de Descrição Morfológica que aponta aspectos relacionados à espessura, profundidade, consistência, textura, estrutura e cor, observadas nos perfis. (Apêndice B).

O mapa 02 abaixo, apresenta a caracterização da área de estudo, distribuição dos pontos de coletas dos perfis sob os *shp's de solos, vegetação e altimetria.



Mapa 02: Área de estudo: Pontos de GPS, solos, vegetação e altimetria, em Timon-MA (2021).
Fonte: Oliveira (2021)

Ao término do trabalho de campo foi possível obter 13 amostras

indeformadas na camada de 0-0,20 cm e 05 perfis, descritos e classificados como: Cambissolo (01 perfil) e Chernossolo (4 perfis), conforme apêndice G. Entretanto, pelo foco do trabalho, os dados do Cambissolo não foram aqui discutidos.

As amostras coletadas em campo foram devidamente identificadas individualmente (por etiquetas) e passaram um período expostas ao ar por estarem úmidas, quando secas foram enviadas para o laboratório Terra Brasileiras para a realização das análises laboratoriais (físicas e químicas).

3.2.4 Levantamento de dados secundários

O levantamento dos dados secundários foi subdividido em diferentes fases, sendo elas: o Planejamento do tipo de levantamento e mapeamento, Elaboração do Banco de Dados e Coleta e análise dos dados morfológicos, químicos e físicos.

3.2.4.1 Planejamento do levantamento e mapeamento:

O levantamento e o mapeamento, segundo o IBGE (2015), são ações diferentes, porém, realizados concomitantemente, sendo que o primeiro é realizado antes do mapeamento para analisar o problema pesquisado, na pedologia sua importância está no entendimento dos tipos de solos para planejamento racional dos recursos naturais em função da velocidade e ocupação (CABRAL, et al., 2019, p.1467b)

Para Vale Júnior, et al. (2011), um mapeamento bem articulado ajuda no planejamento (reflorestamento, irrigação e drenagem), avaliação ambiental (descarte de resíduos), confecção de mapas (ensino e ou pesquisas). Um ponto de destaque no mapeamento é a escala de trabalho, pois após a escolha poderão ser definidas as unidades de mapeamento que aparecerão no mapa final (BRASIL, et al., 2020, p.27).

Portanto, o tipo de levantamento realizado em Timon foi de intensidade alta e mapeamento para fins de reconhecimento, a escala para elaboração dos mapas pertence à escala de 1:50.000. Afirma-se que a escolha do tipo de levantamento, mapeamento e escala, estão em consonância com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE-2015), portanto, essas atividades estão adequadas aos objetivos da pesquisa.

3.2.4.2 Elaboração do Banco de Dados

O banco com dados geográficos foi estruturado utilizando as técnicas e as

ferramentas das geotecnologias através do geoprocessamento com a utilização do *software* SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), na versão 4.3.3, no qual foi realizada a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Os layouts finais dos mapas foram realizados no CorelDraw versão 18.0, por dinamizar a realização de ajustes, acréscimos e demais necessidades.

As informações geográficas da área de estudo inseridas no Spring foram: a Projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), o Datum WGS84, as Coordenadas do limite do projeto em Timon (O “45º 41’ 07” / 45º 09’ 55” e S: 03º 15’ 24” / 02º 42’ 49”), e a escala cartográfica trabalhada foi 1:50.000.

A redelimitação do vetor da temática solos foi realizada a partir de poligonos pré-existentes em formato *shp fornecidos no site ZEE-MA bioma Cerrado (2020). A classificação poligonal adotada foi a Supervisionada que, segundo o *Manual Técnico de Uso da Terra* (2013, p.112), é mais usual, permitindo a interferência do pesquisador no mapeamento devido ao conhecimento da área analisada, ao selecionar os objetos de interesse, visíveis nas imagens de satélite e/ou de radar. A indicação das classes obedeceu aos padrões estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015). Abaixo, na figura 02, são apresentadas as etapas da utilização das ferramentas da geotecnologia.

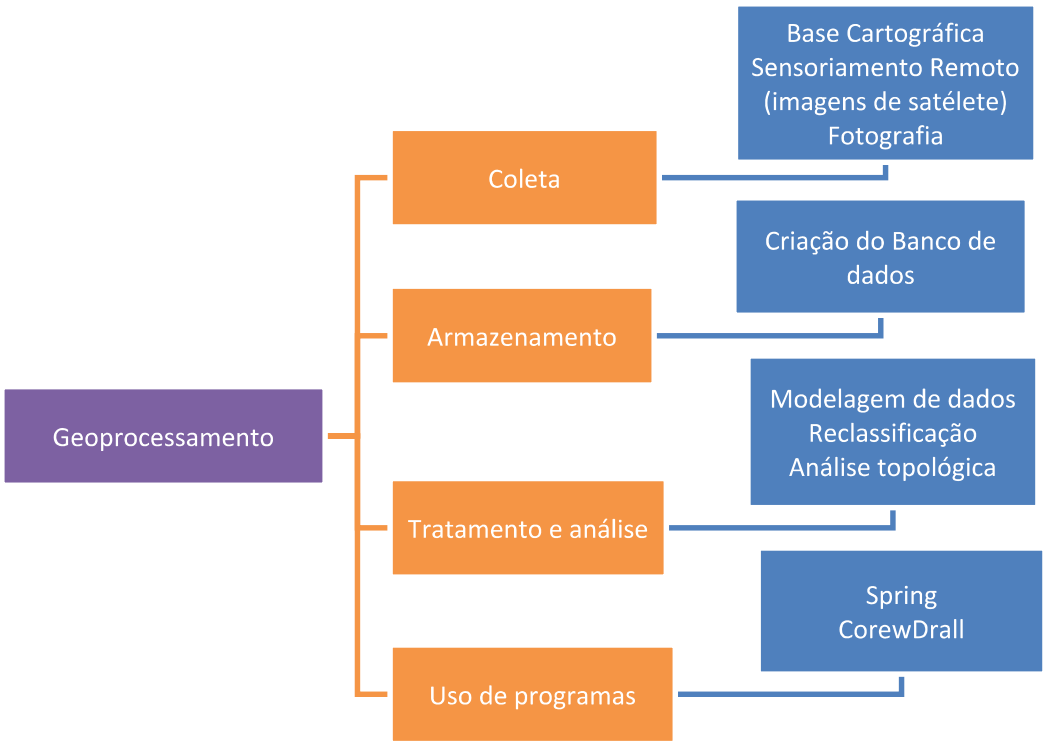


Figura 02: Estrutura das técnicas do geoprocessamento
Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Com a ajuda do sensoriamento remoto foi possível realizar a redelimitação poligonal das classes de solos fornecidas no site do ZEE-MA, e adequá-las à escala e trabalho, foram utilizadas as imagens do LandSat 8, órbita ponto (219/64), do ano 2020 e imagens do radar "ALOS" do sensor Palsar com resolução espacial de 15m, as mesmas foram obtidas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

3.2.4.3 Análises laboratoriais químicas e físicas

As análises foram realizadas em parceria com o laboratório Terra Brasileira, em Balsas – MA, o qual executou as análises físicas e químicas.

A descrição e classificação dos solos foi realizada de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, et al., 2018) e procedimentos descritos no *Manual Técnico de Pedologia* (IBGE, 2015). Além disso, as Amostras deformadas foram coletadas, em cada horizonte, para realização das análises físicas e químicas.

As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com Embrapa 1997) e Camargo, et al. (2009), em amostras secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha 2 mm (terra fina seca ao ar - TFSA). As análises realizadas foram: granulometria, pH em H_2O e em KCl 1 mol L^{-1}, teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Al^{3+}, P, C orgânico e acidez potencial (H+Al).

A argila foi determinada pelo método da pipeta, utilizando como dispersante químico a solução NaOH 0,1 mol L^{-1}. A areia foi determinada por tamisagem e a silte, subtraindo-se do total da alíquota as massas de argila e areia (EMBRAPA, 1997).

O carbono orgânico (C) foi determinado por oxidação com dicromato de potássio. Os cátions Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com solução KCl 1 mol L^{-1}. A extração do H+Al foi realizada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} a pH 7,0. Os elementos Na^{+} e K^{+} foram extraídos com solução de H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1} + HCl 0,05 mol L^{-1}. Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por espectroscopia de absorção atômica; K^{+} e Na^{+} por fotometria de chama; Al^{3+} e H por titulometria.

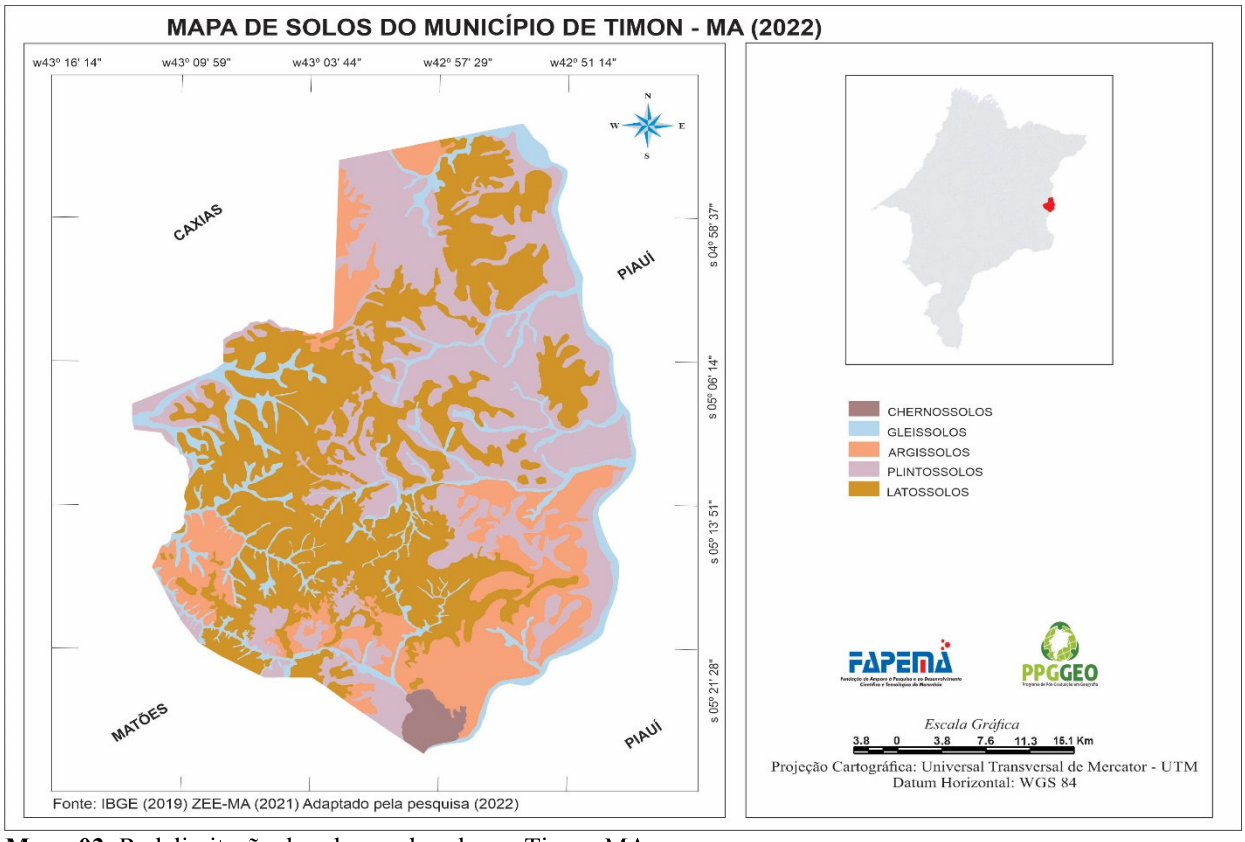
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na pesquisa estão em consonância com os objetivos desta pesquisa, nos quais foram propostos o mapeamento da mancha do solo Chernossolo, bem como sua caracterização morfológica, física e química das amostras coletadas no trabalho de campo para validar a classe em análise.

4. 1 Mapeamento das classes de solos do município em Timon e da área de estudo

A redelimitação das classes dos solos em Timon foi realizada no SPRIG, 4.3.3, utilizando das técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto, que para compatibilizar a redelimitação das manchas e o limite municipal do IBGE (2019), com a escala de trabalho (1:50.000), foi utilizado a classificação de solos do ZEE-MA do Bioma Cerrado, por ser o mais recente trabalho pedológico no Maranhão (2020).

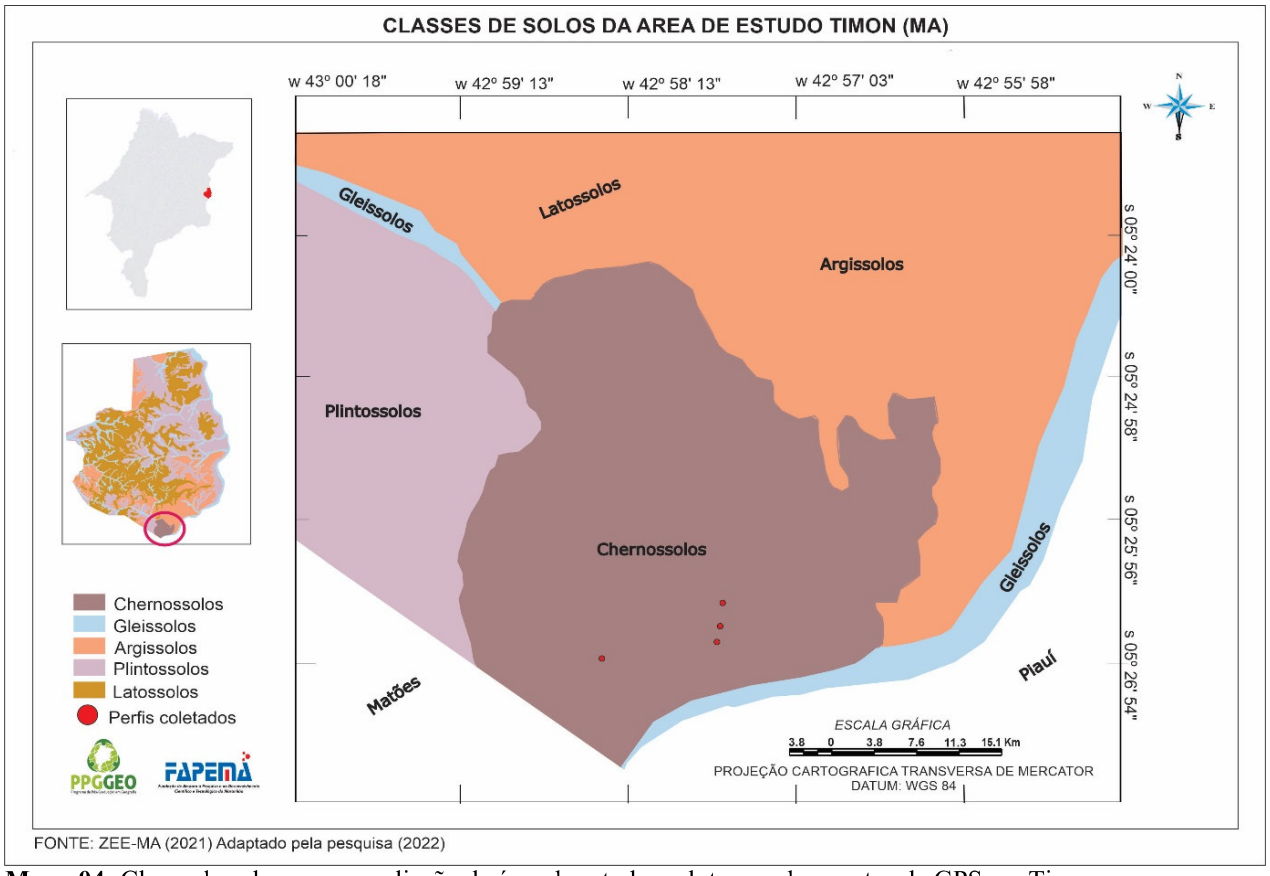
Com a utilização da classificação supervisionada utilizando as imagens dos sensores Alos e Landsat08, foi possível identificar 05 classes de solos, em que os Latossolo, Plintossolos e Argissolos já haviam sido resgistrados em mapeamentos anteriores ao da pesquisa (EMBRAPA (2016)/IBGE(2015) e ZEE-MA (2020)). Acrescida da clase do Chernossolo mapeada na pesquisa (Mapa 03)



Mapa 03: Redelimitação das classes de solo em Timon-MA
Fonte: OLIVEIRA (2022). Base de dados: IBGE (2019), ZEE-MA (2021)

Ao analisar o mapa de solos, ressalta-se que os polígonos das manchas dos solos mapeados limitaram-se em uma área total de 1765,61Km², área poligonal do municipio de Timon, segundo o IBGE (2019) Dentre as classes mapeadas, lista-se a presença dos Latossolos com área total de 685.36 Km², correspondendo a 38,82 % do total das manchas mapeadas. A segunda mancha de solo mais expressiva registrada em Timon foi dos Plintosssolos em 577.837.442 ou 32,73%. Foi contabilizado um total de 292.05 km² (16,54%) com os Argissolos, Gleissolos 186.85 Km², 10,58%. Os Chernossolos contêm 23.282727Km² ou 1,32% da área total das manchas de solos encontradas em Timon.

No mapa 04 observa-se a delimitação ampliada da mancha do Chernossolo com a inserção da plotagem dos pontos de GPS coletados no trabalho de campo. Nesta foram registrados as descrições dos 05 perfis, porém, registram-se apenas os 04 que correspondem aos: CHERNOSSOLO HÁPLICO Carbonático (MXk), CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário (MDI) e dois perfis do CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico (Mek). (Mapa 04)



Mapa 04: Classe de solos, com ampliação da área de estudo e plotagem dos pontos de GPS em Timon
Fonte: OLIVEIRA (2022). Base de dados IBGE (2019), ZEE-MA (2021).

A área total da mancha com Chernossolos mapeadas em Timon corresponde a 1,32% do total dos solos existentes. Mesmo com pequena extensão territorial, estes solos apresentam elevado potencial nutricional, podendo ser utilizado para vários tipos de uso, dada a importância das características físicas e químicas, especialmente porque os solos do entorno são dessaturados e possuem baixa fertilidade química.

Em campo foi constatada a subutilização dos Chernossolos por agricultores que residem em fazendas com grandes extensões de terra sem aproveitar adequadamente este recurso. A agricultura desenvolvida na área é para subsistência, ficando claro o desconhecimento sobre a fertilidade, utilidade e manejo.

Na área observada foi registrado um minúsculo plantio de milho sem quaisquer restrições quanto ao tipo de relevo (suave ondulado), uma vez que a forma do plantio realizado favorece a perda de nutrientes e formação de erosão em sulco devido ao equívoco no sentido da mecanização (morro abaixo) e ao uso de maquinário inadequado para o revolvimento do solo.

Também foi observado que a pecuária local é extensiva, com criação de animais de pequeno e médio porte, tais como os galináceos, caprinhos, ovinos e o gado bovino sem manejo adequado, ocasionando a compactação do solo nas áreas baixas e erosões nas áreas altas ao realizarem a pastagem sem rodízio adequado.

4.2 Caracterização dos atributos morfológicos dos Chernossolos de Timon-MA

As amostras de solos coletados foram previamente classificados como CHERNOSSOLO HÁPLICO Carbonático (Mxk), CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário (MDI) e dois perfis do CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico (Mek) e reafirmados a partir das análises laboratoriais.

O ambiente do entorno indica que o clima local na área em que os perfis foram descritos é do tipo Sub-Úmido (C_1), as condições climáticas locais retardam o intemperismo das rochas (naturalmente com moderada resistência) e sedimentos, condicionando a existência de solos com grau de desenvolvimento de moderado a baixo, quando assentados na formação Mosquito. Na região há solos mais maduros, como Latossolos e Argissolos, mas estes estão associados às formações sedimentares e a áreas com menor déficit hídrico ao longo do ano.

O relevo local é ondulado e o regional suave ondulado, condicionando diferenças significativas entre solos, mesmo que estejam em topossequência em área pequena e sobre o mesmo material de origem.

O baixo grau de intemperismo das rochas máficas locais, associadas ao incremento de matéria orgânica, atribuem aos solos cores muito escuras nos solos analisados, situadas entre as matizes 10 R e 2,5 YR, com valores muito baixos (entre 1 e 2) nos horizontes A. Conforme De Melo, et al. (2017, p.219), Chernossolos derivados de rocha magmática possuem valores baixos, caracterizando um possível acúmulo de matéria orgânica e grande concentração de bases, o que coincide com os perfis descritos. Sua litologia dos perfis analizados são compostos por materiais minerais de Gabro/Basalto da Formação geológica Mosquito formado no Jurássico inferior, sendo assim um material autóctone consolidado.

O Perfil 01, classificado como Chernossolo Ebânico Carbonático Típico (Mek), foi descrito e coletado em trincheira, com coordenadas S “05º 26´03.8’’ e O 42º 58’ 26.1”, em topo de colina, a 92 metros de altitude, a vegetação característica do Cerrado recobre o perfil, possui porte arbóreo e sem uso. O solo é imperfeitamente drenado, com erosão não aparente, não pedregoso e ligeiramente rochoso (Figuras 03 e 04).



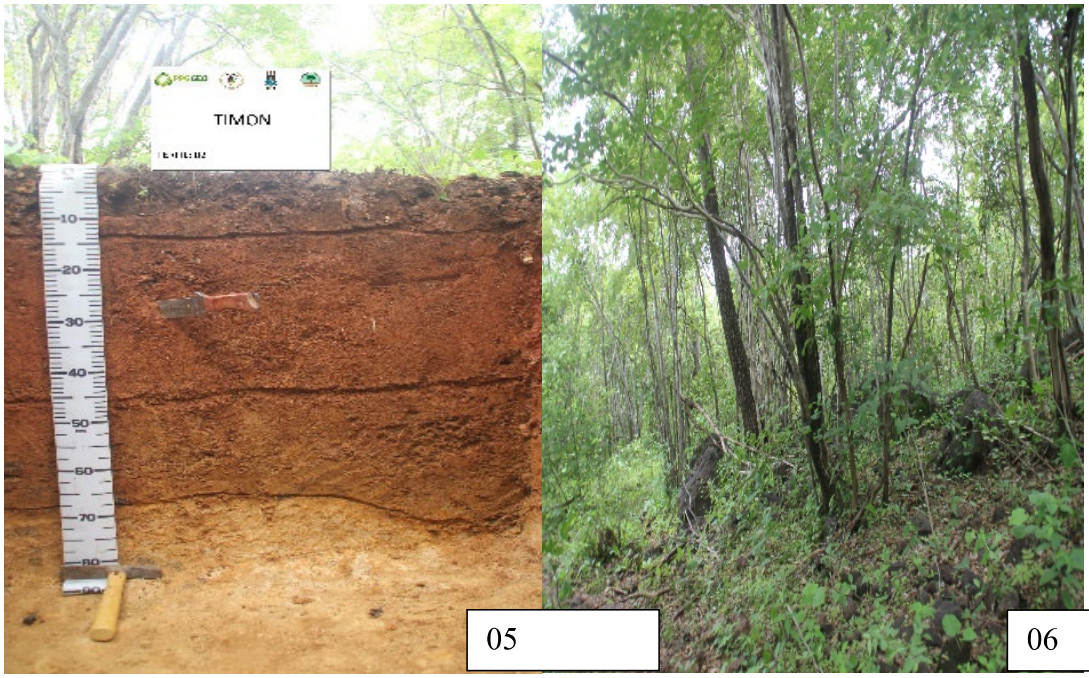
03



04

Figura 03: Perfil 01: Chernossolo Ebânicos Carbonático Típico (Mek)
Figura 04: Vegetação característica sobre o perfil 01.
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O Perfil 02, classificado como Chernossolo Háplico Carbonático (Mxk), tem coordenada: “05º 26´10.7’’ S e 42º 57’ 31.1ºO”, coletado em trincheira escavada no terço superior de colina/morro, com 15% de declividade e 106 metros de altitude (Figura 05). A vegetação que recobre o perfil tem características do Cerrado (Figura 06), com porte arbóreo, sem uso. O perfil aberto possui uma boa drenagem, a erosão é do tipo laminar ligeira e constatou-se que é extremamente rochoso.



Figuras 05: Perfil 02: Chernossolo Háplico Carbonático (Mxk)
Figura 06: Vegetação sobre o perfil.
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O Perfil 03 classificado como Chernossolo Rêndzico Lítico fragmentário (MDI) foi descrito em trincheira escavada em encosta, com 26% de declividade, altitude de 119 m, coordenadas: 05º 26´11.7 S’’ 42º 57’ 29.8 O’’, (Figura 07). A cobertura vegetal sobre o perfil é compatível ao Cerrado. (Figura 08). A área é não pedregosa, porém, muito rochosa. Possui erosão ligeira e laminar e é imperfeitamente drenado.



Figura 07: Perfil 03**:** Chernossolo Rêndizico Lítico fragmentário (MDl)
Figura 08: Aspectos da vegetação sob o perfil
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O perfil 04 foi coletado em tricheira escavada sob as coordenadas 05º 26´17.0'' S 42º 57' 32.8O'', descrito sobre relevo suave ondulado, com declividade de 3% em colina/morro com altitude de 85m e o solo classificado como Chernossolo Ebânico Carbonático Típico (Mek) (Figura 09). O referido perfil tem o horizonte superficial muito pedregoso e ligeiramente rochoso. (Figura 10), sendo moderadamente drenado e não possui erosão aparente.

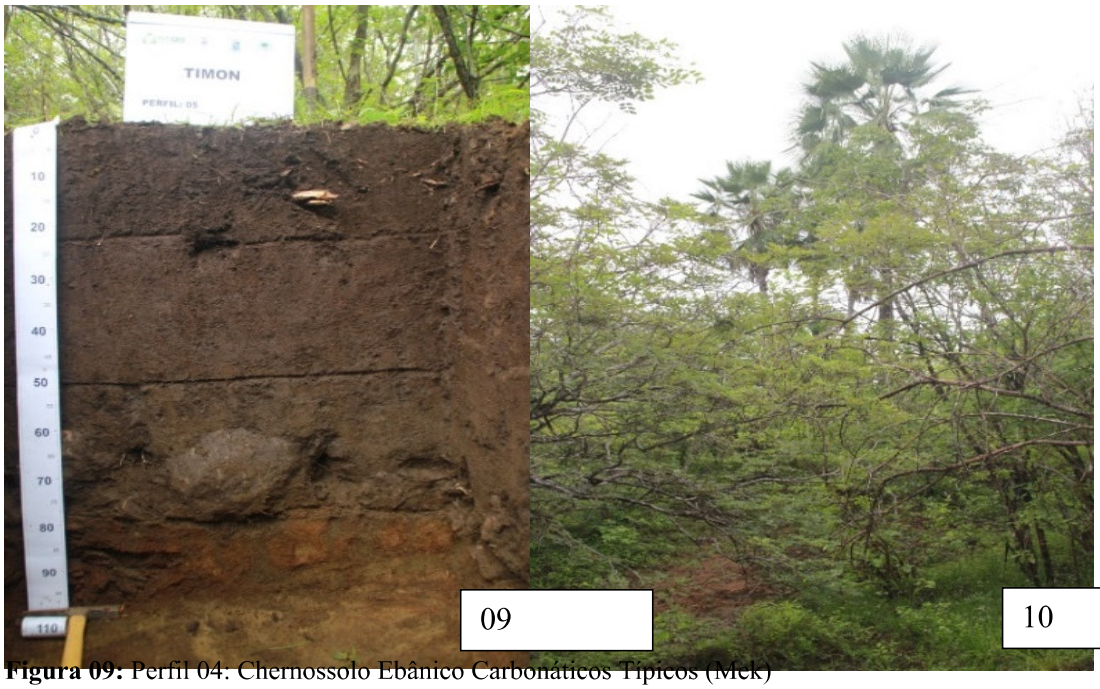


Figura 09: Perfil 04: Chernossolo Ebânico Carbonáticos Típicos (Mek)
Figura 10: Vegetação sobre o perfil
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Observa-se que os perfis analisados correspondem a solos poucos profundos obedecendo aos critérios de classificação para os Chernossolos que, segundo Santos (2018, p.82a) possuem “desenvolvimento de horizontes diagnóstico, o A chenozêmico, seguido de horizonte C ou conjugado com o horizonte B textural ou B incipiente”. Estas características foram observadas no Chernossolo Háplico Carbonático – MXk e o Chernossolo Rêndzico Lítico fragmentário – MDI os quais possuem horizontes “A” seguido de “C” e os CHERNOSSOLOS EBÂNICOS Carbonático Típico – Mek que têm os seus horizontes na sequência “A”, “Bi”.

De acordo com as características dos Chernossolos apresentadas no *Manual Técnico de Pedologia* (2015, p290), os perfis coletados constituem “solos relativamente rasos e de média espessura”, é o horizonte superficial, relativamente espesso [...] mesmo após o revolvimento superficial (SANTOS 2018, p.50b). As profundidades dos perfis variaram entre 49 cm a 80 cm, a profundidade máxima de cada um, isto é, são solos relativamente rasos em relação a um Latossolo ou Planossolo, por exemplo. Estas características observadas nas figuras 06, 08, 10 e 12 dos perfis coletados. (Tabela 01)

Tabela 01: Caracterização morfológica de uma sequência de solos no Cerrado em Timon - MA.

Hor	Prof. (cm)	Cor (úmida) Matriz	Mosqueado	Textura	Estrutura	Consistência	Cerosidade	Transição
Perfil 01 - CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico – Mek (05º 26´03.8'' S 42º 58' 26.1'' O)								
A	0-19	5YR 2.5/1	-	Argilosa	fo, me,grpri	fi, mpl, mpe	ab,fo	pl,cl
Bi	19-36	5YR 4/3	-	Argilosa	fo,pe,gr fo,me,pri	mfir,mpl,mpe	co,fo	on,cl
Bc	36-49	5YR 5/4	-	Argilosa	fo,mpe,gr mo,me,ba	mfi,mpl,mpe	co,mo	on,ab
C	49-63	5YR 6/8 10YR 6/8	-	Silte	-	fi,mpl,mpe		pl,cl
Cr	63+	10YR 7/8 2.5YR 6/8	Variegado	-				
Perfil 02 - CHERNOSSOLO HÁPLICO Carbonático – MXk (05º 26´10.7'' S 42º 57' 31.1'' O)								
A	0-20	5YR 2.5/1	-	muito argilosa	mo, me,bs bs, fo, fo, pe,gr	fr, mpl, mpe	po,fo	pl, cl
Ac	20-29	5YR 4/4	-	Argilo-siltosa	fr, me,ba	so, lpl, lpe	po, mo	on, ab
C	29-55	2.5YR 4/4 2.5YR 2.5/1 7.5YR 6/8	fundo variegado variegado	Siltosa	gr si	so, npl, npe,	-	pl, cl
R	55 +	7.5YR 5/6, 10R 7/4, 10R 3/1	fundo variegado variegado	-	-	-	-	-
Perfil 03 - CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário – MDI (05º 26´11.7 S'' 42º 57' 29.8 O'')								
A	0-18	2.5YR 2.5/1		Argilosa	mo,mpe,gr	fo,me,gr	co,fo	pl,cl
C	18-65	10R 3/2 10 R 4/4	-	-	me,fr mpe gr	fi,pl, pe	co,mo	ir,ab
R	65+	7.5YR 5/6 5YR4/4 10R 5/6	-	-	-	-	-	-
Perfil 04 - CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico – Mek (05º 26´17.0'' S 42º 57' 32.8'' O)								
A	0-23	10R 2.5/1		Argilosa	fo,gr,gr fo, mpe,gr	fi,mpl,mpe	ab,fo	pl,cl
Bi	23-50	10R 2.5/2		argilosa	mo,mpe,gr mo.pe,pr	fi,mpl,mpe	ab,fo	pl,cl
C	50-80	7.5YR 2.5/1		argilosa	mo,mgr,ba	fr,mpl,mpe	co,fo	pl,ab
R	80+	5YR 6/6 5YR 2.5/1 10R 3/8	variegado	-	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

A transição observada no primeiro horizonte dos perfis é plana, contraste clara, porém, nas transições subsequentes houve uma mudança para o tipo ondulada e abrupta no Háplico carbonático e no Rêndzico Lítico, irregular e abrupta na qual o relevo era ondulado com declividade de 15% a 26%. Já os Ebânicos Carbonáticos tiveram as transições plana a onduladas com contraste variando entre clara e abrupta em todos os horizontes analisados com apenas 3% de declividade em relevo suave ondulado.

O próximo atributo analisado é a cor que, segundo Teixeira, et al., (2017, p.609), é uma importante propriedade morfológica do solo facilmente determinada no campo ou no laboratório pela comparação visual de amostras secas e úmidas utilizando-se a carta de Munsell**.** Segundo o *Manual Técnico de Pedologia* (2015, p.290), as cores identificadas nos perfis coletados têm características, tais como o "A chernozêmico com

cores escurecidas (teores consideráveis de matéria orgânica e boa fertilidade) sobre horizontes subsuperficiais avermelhados ou escurecidos".

O padrão das cores descritas obedece a um padrão variando do preto (5YR 2.5/1) ao preto avermelhado (2.5YR 2.5/1) no primeiro horizonte, bruno-forte (7.5YR) ao vermelho-escuro (10R 3/8) nos horizontes subsequentes. As cores desta classe se dão devido à forte presença de materiais orgânicos associados aos minerais em proporções variáveis (SANTOS, 2018, p. 29). (Tabela 01)

A cor dos solos é fator determinante para identificação de "ambientes alterados, deficiência de infiltração, ascensão do lençol freático, problemas em sua drenagem, intensidade da atividade biológica, falta ou adição de matéria orgânica e no casso dos Chernossolos, é indicativo da quantidade de matéria orgânica" elevando assim os valores do croma, como afirmam Teixeira, et al. (2008).

Este fato pode ser observado por fatores característicos e também pelo tipo de relevo, os quais foram coletados e que correspondem ao suave ondulado ao ondulado o que favorece a presença dos mosqueado, uma vez que a drenagem não ocorre de forma homogênea.

A estrutura corresponde à forma do ajuntamento das partículas que o solo possui (IBGE, 2015), a importância desta análise física dá-se pela indicação na qual o solo se encontra na retenção de água e dos nutrientes (SILVA, 2018b). As macroestruturas observadas nos Chernossolos são dos tipos: granular, grãos simples, blocos angulares e prismáticos; apenas nos Chernossolos Ebânicos, no primeiro e segundo horizonte.

O grau de desenvolvimento da estrutura está entre o grau forte a moderado, com variados tamanhos, excluindo os do tipo muito a extremamente grandes. Afirma-se que os estudos das macroestruturas são rotineiramente empreguados como um dos parâmetros de classificação e diagnose do solo na pedologia.

A consistência encontrada foi descrita em apenas dois estados de umidade: úmido e a molhada pois as condições climáticas no período da coleta não favoreceram a análise da consistência seca. A consistência úmida caracteriza a friabilidade ao pressionar o torão do solo entre os dedos e a do tipo molhada designa a plasticidade e pegajosidade. Ao analisar as consistências registra-se que os quatro (04) perfis possuem consistências úmidas do tipo firme e a molhada muito plástica e muito pegajosa.

Dada a consistência dos agregados dos perfis, foi notório que a quantidade e

o tamanho de poros vão se escasseando nos horizontes subsuperficiais e, consequentemente, a diminuição da presença e tamanho das raízes.

Outro aspecto registrado foi a presença da cerosidade nos perfis, com quantidade abundante e grau forte nos Chernossolos Ebânicos, Comum e forte no Rêndzico é pouca, porém, forte no Háplico. Foram observados blocos lateríticos que foram supostamente deslocados da parte superior do relevo, bem como a presença dos carbonatos em todos os perfis, os quais passaram pelo teste da adição de peróxido de hidrogênio, obtendo forte efervescência (IBGE, 2015.p. 115).

A presença dos carbonatos entre os horizontes, texturas argilosa e muito argilosa, contato lítico, coloração escura e espessa, dada a presença da matéria orgânica no primeiro horizonte, profundidades rasas, presença do horizonte Bi, foram alguns dos indicativos físicos encontrados nos perfis analisados, aspectos que fortalecem a classificação dos perfis descritos para a classe dos Chernossolos na área pesquisada. As texturas identificadas nos perfis variam de uma textura argilosa à média para os perfis Ebânicos, textura média para os Háplico e Rêndicos ao longo de todo o perfil analisado.

4.3 Caracterização dos atributos físicos: Granulometria

Com a realização da análise granulométrica é possível identificar a classe textural a qual cada horizonte possui, indicando assim, segundo Silva (2018), os teores de silte, argila e areia, estas podem ser feitas ainda no campo com o auxílio das mãos do pedólogo. A fração argila foi predominante nos perfis analisados, os caracterizando como de textura argilosa, com destaque ao horizonte A (Tabela 02).

Apenas o Perfil 03 apresentou textura média ao longo de todo o perfil, o que está realcionado com o grau de intemperismo inferior aos demais, o que pode ser atestado pela sequência e disposição de horizontes. Essa pequena variação pode ser explicada pelo fato dos solos possuírem o mesmo material de origem e por terem baixo grau de intemperismo.

Para De Melo, et al. (2017), variação granulométrica significativa em Chernossolos é comum quando são oriundos de materiais de origem distintos e com variados graus de desenvolvimento.

Tabela 02: Granulometria e classe textural dos perfis descrtios

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
Perfil 01 - Chernossolo Ebânico Carbonático Típico					
A	0-19	440	130	430	Argilosa
Bi	19-36	340	130	530	Argilosa
BC	36-49	440	110	450	Argilosa
Cr	49+	540	130	330	Média
Perfil 02 - Chernossolo Háplico Carbonático					
A	0-13	410	160	430	Argilosa
Bi	13-48	310	140	550	Argilosa
BC	48-69	290	130	580	Argilosa
R	69+	310	140	550	Argilosa
Perfil 03 - Chernossolo Rêndico Lítico Fragmentário					
A	0-18	590	130	280	Média
C	18-65	560	140	300	Média
Perfil 04 - Chernossolo Ebânico Carbonático Típico					
A	0-23	460	140	400	Argilosa
Bi	23-50	440	130	430	Argilosa
C	50-80	560	110	330	Média
R	80 +	660	140	200	Média

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O domínio da fração argila nos horizontes A dos solos analisados também foi constatado nos horizontes B presentes nos perfis 01, 02 e 04, evidenciando alteração mais intensa do material de origem até esta profundidade, visto que essas camadas são mais expostas aos agentes do intemperismo. A textura dos horizontes C foi média, indicando menor grau de alteração de rochas básicas locais.

Solos argilosos tendem a reter mais água e nutrientes, uma vez que as argilas constituem frações quimicamente ativas, podendo favorecer o cultivo agrícola. Porém, solos argilosos e jovens, quando mal manejados, podem ser facilmente compactados a depender da estabilidade dos agregados que compõem a sua estrutura e também serem submetidos aos processos erosivos intensivos. Na área de estudo, os solos são mal manejados, com o uso de técnicas e máquinas inadequadas, o que tem desencadeado processos erosivos e perdas de solos. Mesmo na agricultura familiar, a limpeza dos solos com o uso do fogo pode desencadear processos indesejáveis, como a redução da MO e formação de camadas superficiais com selamento superficial, contribuindo para a redução de poros, redução das taxas de infiltração, empobrecimento dos solos e para as perdas de solos.

4.4 Caracterizações dos atributos químicos dos perfis coletados

A pesquisa contemplou análise de quatro perfis descritos em campo, conforme preconiza o *Manual Técnico de Pedologia* (IBGE, 2015) e coleta de 13 amostras de solos em topossequência representativa da paisagem local.

4.4.1 Atributos químicos dos perfis analisados

Os resultados das análises químicas (Tabela 03) auxiliaram na confirmação da classificação dos perfis descritos, classificados como Perfil 01 - Chernossolo Ebânico Carbonático Típico (MEk), Perfiis 02 e 04 - Chernossolos Háplicos Carbonáticos (MXk) e Perfil 03 - Chernossolo Rêndico Lítico Fragmentário (MDl).

Tabela 03: Atributos químicos dos perfis de Chernossolo em Timon - MA

Hori	Profundidade (cm)	pH ($CaCl^2$)	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			$g.kg^{-1}$	$mg.dm^3$	---------- $cmol.dm^{-3}$ ----------							---------- % ----------				
Perfil 01 - Chernossolo Ebânico Carbonático Típico																
A	0-19	5,6	35,9	34,8	0,12	21,4	6,09	0,00	2,74	27,6	30,43	91,0	0,0	70,6	20,0	0
Bi	19-36	6,1	6,8	18,3	0,02	23,2	7,17	0,00	1,34	30,4	31,79	95,8	0,0	73,2	22,6	0
BC	36-49	6,9	3,1	122,1	0,01	24,1	7,34	0,00	0,57	31,4	32,04	98,2	0,0	75,3	22,9	0
Cr	49+	7,7	1,4	161,1	0,01	20,3	7,50	0,00	0,43	27,8	28,27	98,5	0,0	71,9	26,5	0
Perfil 02 - Chernossolo Háplico Carbonático																
A	0-20	5,5	15,1	188,9	0,06	21,5	6,59	0,00	2,36	28,1	30,55	92,3	0,0	70,5	21,6	0
AC	20-29	5,5	4,7	111,0	0,02	24,6	7,23	0,00	1,84	31,9	33,74	94,6	0,0	73,1	21,4	0
C	29-55	5,6	1,1	161,1	0,01	16,5	6,50	0,12	1,34	23,1	24,44	94,5	0,52	67,9	26,6	0
Perfil 03 - Chernossolo Rêndico Lítico Fragmentário																
A	0-18	5,6	17,1	150,8	0,06	17,9	7,01	0,00	2,12	25,0	27,17	92,2	0,0	66,2	25,8	0
C	18-65	5,8	10,1	93,6	0,02	18,7	6,78	0,00	1,87	25,5	27,45	93,2	0,0	68,4	24,7	0
Perfil 04 - Chernossolo Ebânico Carbonático Típico																
A	0-23	6,6	28,5	77,6	0,05	27,3	7,13	0,00	1,06	34,4	35,54	97,0	0,0	76,8	20,1	0
Bi	23-50	6,4	12,2	105,6	0,02	19,7	7,50	0,00	0,91	27,2	28,16	96,8	0,0	70,1	26,6	0
C	50-80	6,7	3,6	117,4	0,01	16,9	7,56	0,00	0,52	24,4	24,99	97,9	0,0	67,6	30,2	0
R	80 +	6,7	0,5	146,8	0,01	17,7	7,10	0,00	0,49	24,8	25,38	98,1	0,0	70,1	28,0	0

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os valores de pH para o perfis 01 e 04 foram 5,6, o que permite classificá-los em relação à acidez como praticamente neutros (SANTOS, et al, 2018). Enquanto que para os perfis 02 e 03, os valores foram de 5,5 e 5,7 respectivamente, o que, segundo os mesmos autores, permite classificá-los como moderadamente ácidos. Os elevados valores para pH mantém relação direta com o material de origem, que é básico, e com o período de deficiência hídrica acentuado que favorece a concentração de carbonato de cálcio ao longo do perfil. O pH elevado é condizente com o teor de alumíno nulo em quase todas as amostras coletadas nos quatro perfis, o que permite que V% seja elevada.

A pequena variação do pH ao longo do perfil demonstra que a pedogênese não foi fortemente afetada por processos deposicionais sobre o material autóctone que são rochas básicas. Por outro lado, essa pequena variação atesta que rocha matriz ainda não foi fortemente intemperizada e os nutrientes, mesmo os mais móveis como o cálcio, permanecem no solo compondo a estrutura dos minerais primários ali existentes.

Tal característica permite que os solos apresentem baixíssimos valores para acidez potencial, o que pode ser constatado nos perfis analisados, cujos valores médios não ultrapassaram 2 $cmol.dm^{-3}$. Esse atributo é definido pelos teores nulos de Al e baixos teores de H constatados nas amostras, indicadando baixo nível de intemperismo dos solos.

Para Santos, et al. (2018), os Chernossolos apresentam um evolução não muito avançada segundo atuação expressiva de processo de bissialitização, manutenção de cátions básicos divalentes, principalmente cálcio, conferindo alto grau de saturação dos coloides, o que corrobora ao enquadramento dos solos na classe de Chernossolos.

Ressalta-se que os valores de pH estão próximo da faixa ideal para as culturas agrícolas que, segundo Alves (2012), estão entre 6 e 7. Nessa faixa, o alumínio não apresenta atividade química no complexo sortivo do solo e as quantidades ideais de micro e macronutrientes é liberada às plantas, permitindo a correta nutrição destas. Isso ocorre porque o pH é “um dos atributos mais relevantes que afetam a fertilidade da solução, pois atua na solubilidade, afetando a absorção e determinando a disponibilidade de nutrientes e outros elementos químicos para as plantas” (DO CARMO, 2014, p. 49).

O pH elevado dos solos, por outro lado, atribui elevada saturação por bases (V%), cujos valores para todas as amostras coletadas forma superiores a 91%. Para

Briedis, et al. (2012), valores elevados do pH permite que coloides presentes no solos liberem nutrientes em quantidades expressivas para as trocas catiônicas, essenciais ao processo de nutrição das plantas.

Em relação a CTC, o Perfil A apresentou o maior valor, com média de 30,63 $cmol.dm^{-3}$ e o Perfil 03 obteve menor CTC, apresentando um valor de 27,31 $cmol.dm^{-3}$, o que representa um valor intermediário entre o complexo de troca para solos tropiciais e para solos temperados (EMBRAPA, 2020). Comparativamente aos outros solos da região descritos por Araújo, et. al. (2021) durante a execução do ZEE biomas Cerrado e Costerio, os valores de CTC dos Chernossolos caracterizados são elevados e, se bem manejados, poderiam garantir produção relevante de alimentos para os centros consumidores mais próximos, como Timon e Caxias, no Maranhão e Teresina, capital do Piauí. Elevados valores da CTC são definidos pelos teores elevados de Ca, Mg e P contidos nas amostras (vide Tabela 03).

A saturação por base elevada (>65%) é critério para caracterização de um horizonte chernozêmico, o que foi confirmado nos quatro perfis coletados. Esses elevados valores para V% mantêm relação direta com os elevados teores de Ca mensurados nas amostras, cujos valores médios estão entre 18,3 $cmol.dm^{-3}$ no Perfil 03 e 22,25 $cmol.dm^{-3}$ no Perfil 01. Esse acúmulo de Ca também é basilar para a classificação dos Chernossolos, fato que auxiliou no enquadramento dos quatro perfis analisados como Chernossolos.

Os solos apresentam valores expressivos de MO, variando entre 35,9 e 15,1 $g.kg^{-1}$, mantendo relação estreita com a cobertura vegetal sobre os perfis que é adensada, mas também mantém relação direta com os elevados teores de Ca e valores de pH. Para Santos, et al. (2018), o relativo acúmulo de MO é favorecido pelo acúmulo de carbonatos que elevam a complexação e floculação de coloides minerais e orgânicos.

Os atributos químicos dos solos analisados, mesmo sendo favoráveis ao desenvolvimento da agricultura, especialmente à familiar, não têm sido utilizados para otimizar a produção. Grande parte das propriedades utiliza a agricultura com técnicas de corte e queima como modelo tradicional de uso da terra. A agricultura mecanizada tem sido inserida em poucas propriedades, aquelas de maior porte, mas com pouco conhecimento técnico sobre técnicas, equipamentos e insumos.

A mecanização agrícola é limitada na região pesquisada porque muitas áreas possuem elevada rochosidade, fato relacionado ao moderado grau de intemperismo das

rochas e grau moderado de desenvolvimento de solos. Mesmo assim, há área de elevada fertilidade química dos solos poderia garantir grandes níveis de produtividade se fossem corretamente utilizadas.

O atributo que não variou ao longo da topossequência foi o Al, cujo valor foi nulo. A inexistência de Al livre no solo tem relação direta com a natureza do material de origem e como o baixo grau de intemperismo de minerais que compõem os solos. Essa constatação coaduna com as afirmações de Teixeira, et al. (2017) quando relatam que solos derivados de materiais ultrabásicos apresentam teores baixos ou nulos de alumínio trocável, quando estes possuem baixo grau de alteração.

Por outro lado, mesmo os solos favorecendo a agricultura, atividade que demonstra ser mais rentável e que garante uma segurança alimentar no Maranhão para pequenas propiredades, outra atividade produtiva predominante local é a pecuária extensiva de suínos, caprinos, ovinos e bovinos, o que contribui para a degradação dos solos férteis da região.

4.4.2. Análise dos atributos dos solos das amostras coletadas em topossequência

As amostras coletadas em topossequência demonstraram continuidade na mancha de solos, uma vez que dos cinco perfis analisados, quatro foram classificados como Chernossolo e apenas um foi classificado com Cambisssolo e, ainda assim, com horizonte A chernozênico, tendo sido classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico chernossólico (CXbe). Essa constatação em campo demonstra pouca variabilidade de classe de solos, mas elevada para alguns dos seus atributos químicos, dada a influência do relevo, conforme Tabela 04.

Tabela 04: Atributos físicos e granulometria de amostras coletadas em tossequência no município de Timon - MA

Amostras	pH ($CaCl^2$)	M.O (g/kg)	P (mg/dm^3)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
AM 01	5,5	43,7	12,3	0,54	9,94	2,86	0,00	2,52	13,3	15,86	84,1	360	160	480
AM 02	5,2	29,1	4,5	0,37	6,78	2,56	0,00	2,74	9,71	12,44	78,0	340	130	530
AM 03	5,5	31,9	11,2	0,29	9,29	1,96	0,00	2,56	11,5	14,1	81,8	410	140	450
AM 04	4,9	21,4	31,7	0,45	10,2	2,58	0,00	4,65	13,3	17,96	74,1	460	110	430
AM 05	5,8	30,2	76,4	0,66	19,7	3,55	0,00	2,52	23,9	26,5	90,5	390	130	480
AM 06	5,6	28,5	188,9	0,76	18,2	4,87	0,00	2,65	23,8	26,5	90,0	490	130	380
AM 07	5,6	29,4	188,9	0,29	26,5	5,94	0,00	2,69	32,7	35,44	92,4	490	130	380

AM 08	5,7	18,2	188,9	0,05	23,2	6,50	0,00	1,91	29,7	31,66	94,0	540	130	330
AM 09	6,1	6,4	143,2	0,04	19,8	6,81	0,00	1,06	26,6	27,73	96,2	560	140	300
AM 10	6,1	18,4	155,5	0,04	21,3	6,84	0,00	1,18	28,2	29,44	96,0	590	130	280
AM 11	6,2	7,8	101,1	0,03	15,2	6,02	0,00	0,89	21,2	22,14	96,0	660	140	200
AM 12	7,2	5,7	123,9	0,03	27,0	7,62	0,00	0,48	34,6	35,17	98,6	440	130	430
AM 13	5,7	28,3	54,6	0,11	23,5	6,81	0,00	2,91	30,5	33,42	91,3	410	140	450

Fonte: Dados da pesquisa/2022

O relevo exerce forte influência na variabilidade dos atributos dos solos e, quanto mais ondulada é a superfície, maior a variação dos teores de nutrientes e de atributos como carbono orgânico, textura e pH. Conforme Campos, et al. (2017), o relevo é relatado como causa de variações nos atributos do solo que se refletem na vegetação e em outros atributos ambientais.

Os teores elevados de Ca, Mg e P seguiram o mesmo padrão dos perfis descritos na área de estudo, demonstrando o domínio dos Chernossolos no local. Esse aspecto, comparado a padrões de relevo e de cobertura vegetal, foram utilizados para estimativa da mancha de Chernossolo na região, visto que no mapeamento do IBGE (2015) e do ZEE (2021), estes solos apareceram apenas como associações aos Latossolos, ainda que sua ocorrência seja mais relevante no local quando comparado as demais classes.

Os valores para CTC e V% foram elevados em todas as amostras analisadas, demonstrando a interferência do material de origem como fonte e abundante de nutrientes que compõe o complexo sortivo e no seu baixo grau de intemperismo.

A variabilidade dos dados das amostras coletadas na topossequência está descrita na Tabela 05.

Tabela 05: Estatística descritiva de amostras indeformadas.

Variável	Média	Mediana	DesvPad	Variância	CV	Mínimo	Máximo	Curtose
pH	5,777	5,700	0,559	0,312	9,67	4,900	7,200	2,98
M.O	23,00	28,30	36	129,06	49,39	5,70	43,70	-0,47
K	0,2815	0,29	0,2585	0,0668	91,8	0,03	0,29	0,76
P	98,5	101,1	71,4	5098,4	72,46	4,5	188,9	-1,64
Ca	17,74	19,70	6,84	46,84	38,58	6,78	27,00	-1,29
Mg	4,99	5,940	2,015	4,061	40,35	1,960	7,620	-1,70
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	*	0,00	0,00	*
H+Al	2,21	2,520	1,106	1,223	49,98	0,480	4,650	0,75
SB	23,00	23,90	8,52	72,63	37,05	9,71	34,60	-1,33
CTC	25,26	26,50	8,04	64,69	31,84	12,44	35,44	-1,29
V	89,46	91,30	7,66	58,60	8,56	74,10	98,60	-0,30
Areia	472,30	460,0	94,8	8985,9	20,07	340,0	660,0	-0,42
Silte	133,85	130,00	11,21	125,64	8,37	110,00	160,00	3,05
Argila	393,80	430,0	94,0	8842,3	23,88	200,0	530,0	-0,13

Fonte: Dados da pesquisa

A variável com maior homogeneidade na área foi o pH, que apresentou valores nulos em todas as amostras, indicando a forte atividade de Ca e Mg na fixação do Al e o baixo grau de intemperismo. Por outro lado, as variáveis com maior heterogeneidade foram K, P e MO e valores de H+Al, o que pode ser explicado pela influência do relevo na densidade da vegetação e na distribuição de matéria orgânica ao longo da paisagem.

As afirmativas acima relatadas podem ser confirmadas pelos valores de CV equivalentes a 91,8%, para K, 72,46% para P, 49,98% para H+Al e 49,39 % para M.O. Conforme Dalchiavon, et al. (2012) a variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com a magnitude de seu coeficiente de variação (CV) classificando-o como baixo (CV < 10%), médio (10% < CV < 20%), alto (20% < CV < 30%) e muito alto (CV > 30%).

Apenas silte, Al, V% e pH tiveram baixa variabilidade, com CV < 10%. Areia e argila tiveram variabilidade média, com CV entre 20% e 30%, enquanto as demais variáveis tiveram CV muito alto.

A elevada heterogeneidade dos atributos existentes nas amostras analisadas atesta a forte influência que o relevo possui nas alterações desses parâmetros, uma vez que o material de origem e o clima são os mesmos na área de coleta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Credita-se que a abordagem geossistêmica, os procedimentos metodológicos pautados na revisão de literatura, trabalho de campo, gabinete e de laboratório foram facilitadores na efetivação dos objetivos dos norteadores desta pesquisa. O trabalho de campo realizado propiciou a coleta e análise das amostras tanto dos perfis quanto das amostras extras realizadas com os anéis volumétricos e o trado para fins de classificação do solo na classe dos Chernossolos.

Foram obtidas amostras de 05 perfis pedológicos e 13 amostras extras, porém, neste trabalho foram analisados apenas os quatro que correspondiam à mancha dos Chernossolos. As diretrizes que regeram a execução do trabalho de campo quanto a realização das coletas obedeceu às orientações do *Manual de Coleta e Descrição de Campo* (2015) e as análises foram realizadas de acordo com critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, et al, 2018).

As 13 amostras indeformadas com profundidade de 0-0,20cm foram obtidas serviram de base na compreensão da variabilidade dos atributos dos solos em topossequência. Dentre os perfis analisados foi possível constatar a existência das seguintes subordens do Chernossolos: os Háplicos, Rêndzicos e Ebânicos, estes possuem registros por coordenadas de GPS indicando sua localização em Timon-MA pelo mapeamento.

Com a utilização das ferramentas da geotecnologia foi possível localizar, delimitar, mapear e quantificar as manchas dos solos existentes no município de Timon. Dentre os quais foram delimitadas 05 classes no total, sendo elas: Latossolos, Argissolos, Plintossos, Geissolos e os Chernossolos. A mancha de Chernossolos delimitada correponde a 23.28 km² ou 1,32% da área total do municipio de Timon.

Aimpotância deste solo (Chernossolo) está ligada ao seu potencial nutricional dada a sua alta fetilidade comprovada nas análises químicas apresentando valores > que 65% de saturação por bases com valor V% mínimo de 95.8%, máximo de 98,5% e maior valor para pH de 7.7. Os teores de Ca trocaveis são elevados, com média de 18 $cmol.dm^{-3}$, considerando todos os perfis.

Com a presença de pH elevado entre os perfis analisados torna-se compreensível a inexistência da atividade do alumínio Al^{++3}, ocasionando baixa acidez potencial o que indica baixo grau de intemperismo exercido nos solos o que

ocasionando profundidades pequenas, que variaram de 55 cm a 100 cm, a maior profundidade.

Amostras em topossequência demonstraram grande variabilidade de atributos, constadados pelo Coeficiente de Variação, o qual variou entre alto e muito alto, sendo o K trocável a variável mais heterogênea e o pH, com menor variação. Os Chernossolos apresentam fertilidade natural elevada, fato relacionado à presença do Cálcio ao longo de todo perfil oriundo de seu material parental composto por basaltos da formação Mosquito.

A formação Mosquito é uma indicação da pesquisa realizada uma vez que o material de origem exposto na área de estudo (basaltos) não corresponde ao material da Formação Pedra de Fogo (siltitos/arenitos) indicada no mapeamento da CPRM (2016). Morfolgicamente, possui textura argilosa, coloração escura, baixa profundidade, com pedregosidade e rochosidade, o que limita seu potencial de uso. Os solos locais, se bem manejados, podem garantir produção significativa e ampliar o abastecimento local, garantido trabalho e renda à população.

Afirma-se, ainda, que o trabalho foi concluído com bons resultados e os mesmos poderão servir como base para novas pesquisa sobre os Chernossolos não apenas em Timon, mas também nas demais localidades onde foram descritos, oportunizando, assim, novos conhecimentos e ampliação de trabalhos científicos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Leonardo Corrêa. **Faixas de suficiência e níveis ótimos de atributos da fertilidade do solo para a cultura do café em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Filotecnia). Universidade Federal de Viçosa – MG, 2012.

ARAÚJO, Elienê Pontes de Araújo; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias; Paulo Henrique de Aragão Catunda (org.). **Relatório Técnico de Pedologia do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Cerrado**. São Luís: IMESC, 2021.

Atlas do Maranhão. Secretaria de Estado e Planejamento e Orçamento, Núcleo Geoambiental – UEMA. São Luís: SEPLAN. 2002, p.90

BAPTISTA, Makilim Nunes; CAMPOS, Dinael Corrêa de. **Metodologias de pesquisa em ciências: análises quantitativa e qualitativa**. LTC, 2014.

BATISTELLA, M; et al. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão**. Embrapa Territorial-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2013.

BATISTELLA, Mateus; et al. **Macrozoneamento ecológico-econômico**: **potencialidades e fragilidades do Estado do Maranhão.** In: ANAIS DO SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2014,. Aracaju: UFS, 2014. p. 449-453., 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113708/1/4235.pdf> Acesso em: 22 nov. 2021.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global: Um esboço metodológico** Trad. Olga Cruz. In: **RA'EGA**,UFPR, Curitiba, v.8, p.141-152, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718> Acesso em: 06 out. 2021

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico (**INFOTECA-E**), 2020.

BRIEDIS, Clever et al. **Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto**. In: **Pesquisa agropecuária brasileira** , v. 47, p. 1007-1014, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/wqTCt6CgrCGXhfBCsF3PBwh/abstract/?lang=pt> Acesso em: 05 nov. 2021

CABRAL, L. J. R. S.; et al. **Classificação dos solos da Planície do Delta do Parnaíba, PI**. In: **Rev Bras Geog Fis**, v. 12, p. 1466-83, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239571/33833> Acesso em: 15 nov. 2021.

CAMARGO, Otávio; Antonio, et al. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Instituto Agronômico, Boletim técnico, 2009.

CAMPOS, Milton César Costa; et al. **Relações solo-paisagem em uma litosseqüência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP**. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 519-529, 2007.

CAMPOS, Milton César Costa; et al. **Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas**. In: **Acta Amazônica**, v. 42, p. 387- 398, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/K6pgFvD7xZG4rZsGPSz3q3J/abstract/?lang=pt> Acesso em: 22 nov. 2021.

CATUNDA, P. H. A.; DIAS, LJBS. **Sumário executivo do zoneamento ecológico econômico do estado do Maranhão**: etapa bioma amazônico. São Luís: IMESC, 2019.

CORREIA FILHO, Francisco Lages; et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: estado do Maranhão. Relatório diagnóstico do município de Açailândia. CPRM, 2011.

Dados do IDH Maranhão. **Atlas Brasil.** Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 20 out. 2021.

Dados do PIB no Maranhão 2019. **Cidades e Estado do Brasil.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/. Acesso em: 20 out. 2021.

Dados populacionais de Timon – MA. **Cidades e Estados do Brasil.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timon/panorama>. Acesso em: 20 out. 2021.

DALCHIAVON, Flávio Carlos; et al. **Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto**. In: **Revista Ciência Agronômica** , v. 43, p. 453-461, 2012. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1538/705> Acesso em: 21 nov. 2021.

DE CASTRO PEREIRA, Regina Célia. **UMA ANÁLISE GEOSSISTÊMICA DA ALTA BACIA DO RIO PERICUMÃ/MA.** In: **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 284-296, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1826/1709> Acesso em: 22 nov. 2021.

DE MELO, André Felipe Dantas; et al. **Pedogênese de chernossolos derivados de diferentes materiais de origem no oeste potiguar**. In: **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 229-235, 2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/890> Acesso em: 06 out. 2021.

DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva. **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 Cerrado e Sistema Costeiro.** v.1 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias, et al. (Orgs.). São Luís: IMESC, 2021.

DO CARMO, Jorge, Maria Oliveira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos.** In:

Espaço Aberto, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/5241/3849> Acesso em: 15 out. 2021.

DOS SANTOS, Edson Luis et al. **Análise do solo com aplicação do georreferenciamento.** In: **Revista Científica UNAR** , v. 14, n. 1, pág. 51, 2017. Disponível em: <http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol14_n1_2017/4_ANALISE%20DO%20SOLO%20COM%20APLICACAO%20DO%20GEORREFERENCIAMENTO.pdf > Acesso em: 15 nov. 2021.

DOS SANTOS, H. G. et al. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada.** Embrapa Solos-Documentos (**INFOTECA-E**), 2011.

DOS SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DOS SANTOS, Maria Tereza Pereira; DE ALMEIDA, Maria Ivete Soares. **Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos do município de Francisco Sá–MG.** In: **Cerrados**, v. 17, n. 2, p. 290-311, 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/121/138> Acesso em: 26 nov. 2021.

EMBRAPA - Embrapa Solos, 2017a**. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 3. Ed, Brasília.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo: manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212

FARIAS FILHO, Marcelino Silva et al. Análise da produção agrícola no município de B acabal, Ma. **Revista da Casa da Geografia de Sobral(RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 806-815, 2019.

GAMA, JRFN et al. Solos do estado do Pará. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, p. 19-29, 2007.

GONÇALVES, Aline Kuramoto; et al. **Métodos de classificação supervisionada de imagens de satélite aplicadas no mapeamento do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, São Manuel/SP**. In: **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 6, n. 1, p. 52-62, 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/364> Acesso em: 12 nov. 2022.

Imagem de satélite do Alos Pulsar. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

Imagem de satélite do Landsat 08. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: 03 mai. 2021.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. **Embrapa Solos-Séries anteriores (INFOTECA-E)**, 1986.

LACERDA, Marilusa Pinto Coelho et al**. Aplicação de geotecnologias em correlações**

entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa no Distrito Federal, DF. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia – GO, v. 12, p. 2211- 2218, 2005.

LACERDA, Marilusa Pinto Coelho; Manuel Pereira Oliveira; et al. **Modelo de distribuição de solos na Microbacia do Ribeirão Salinas**, **Distrito Federal.** In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -** SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0231.pdf> Acesso em: 14 out. 2021.

LIMA, RN de S. **Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da Geomorfologia.** In: **Revista de Ensino de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 17-30, 2012. Disponível em: <http://www.revistaensinogeografia.ig.ufu.br/N.5/Art2v3n5final.pdf> Acesso em: 22 ago. 2021.

LYNCH, L.S. **Gênese e geoquímica de solos em ambiente cárstico no Cerrado da região de Planaltina de Goiás**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 167p., 2009.

Manual técnico de pedologia / IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2015.

MELO, Vander de Freitas; ALLEONI, Luís Reynaldo Ferraciú. **Química e mineralogia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo., 2009.

MENDONÇA, Francisco; CUNHA, Fabio Cesar Alves; LUIZ, Gislaine Cristina. **Problemática socioambiental urbana**. In: **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 18, p. 331-352, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6409/3362> Acesso em: 02 out. 2021.

MOREIRA, Juliane Alves. **Análise Geoambiental e o Estado de Degradação/Conservação do Município de Pedra Branca-Ce.** 2016. 199 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza – CE, 199p., 2016.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; SAMPAIO, José Levi Furtado. **Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem**. In: **Revista da casa da geografia de Sobral**, v. 6, n. 1, p. 21, 2004. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/130/160> Acesso em: 25 ago. 2021.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgart Bluncher Ltda, 1988. 308p.

NUNES, Iêda Daniel. Recursos da internet no ensino da cartografia. 2013. p.48 . Monografia (Licenciatura) – Universidade de Brasília, Curso de Geografia - EaD, 2013.

OLIVEIRA, João B. de. **Classes gerais de solos do Brasil**: **Guia auxiliar para seu reconhecimento**. João Bertoldo de Oliveira, Paulo K.T Jacomine e Marcelo Nunes Camargo. Jaboticabal, FUNEP, 1992.

Prefeitura de Timon. Disponível em:<http://timon.ma.gov.br/site/?page_id=432>. Acesso em: 20/10/2020.

REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. **Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão**. In: **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/750> Acesso em: 09 set. 2021.

RESENDE, Mauro et al. **Pedologia**: **base para distinção de ambientes**. rev. Lavras: Editora UFLA, v. 322, 2007.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na geografia aplicada**. In: **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288/51024> Acesso em: 06 dez. 2021.

SANTOS, Fernando André Silva; et al. **Atributos químicos, físicos e estoque de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em solos de campos de murundus no Brasil**. In: **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 101-110, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/hcvPmJcSQD5wV5rwyJBCzQk/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 09 out. 2021.

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

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada** In: Humberto Gonçalves dos Santos; et al. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 67 p.

SANTOS, R.D.; Santos, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H**. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** Editora: SBCS, 2015, p. 102.

SANTOS, Vanderley Severino; LORANDI, Reinaldo; COSTA, Carlos Wilmer. **USO DE TÉCNICAS PEDOMÉTRICAS NA PREDIÇÃO E MAPEAMENTO DIGITAL DO POTENCIAL NATURAL A EROSÃO DOS SOLOS**. In: **Geoambiente On-line**, n. 31, 2018. Acesso em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/47638/26333> Acesso em: 08 jul. 2021.

SILVA, Marlen Barros; et al. **Gênese e classificação dos solos de uma topossequência em área de carste na Serra da Bodoquena, MS**. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1464-1480, 2013.

SILVA, Sérgio Brazão e. **Análise de solos para ciências agrárias** 2.ed. – Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018.

Spring. 4.3.3. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/mJdfF7BVfjGXwc7kT3vnpFx/abstract/?lang=pt> Acesso em:18 fev. 2021.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, p. 573, 2017.

TEIXEIRA, W. G. et al. **Monitoramento da cor dos horizontes superficiais do solo como indicador da recuperação de áreas alteradas na base de operações geólogo Pedro de Moura-Coari-AM**. In: **Embrapa Amazônia Ocidental,** 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113469/1/20821.pdf> Acesso em: 05 abr. 2021.

VALE JÚNIOR, José Frutuoso do; et al. **Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável**. In: **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/562/0> Acesso em: 12 mai. 2021

VASCONCELOS, Vinicius; et al. **Modelo de evolução pedogeomorfológica da Serra da Canastra, MG**. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 2, 2013. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/379> Acesso em: 17 nov. 2021.

ZUCHERATO, Bruno; RODRIGUES, Taíssa Caroline Silva; VIEGAS, Josué Carvalho. **O Mapeamento de Estudos Comparativos e o Uso das Geotecnologias: Aplicação Para a Cartografia da Vulnerabilidade em Áreas do Brasil e Portugal**. In: **Revista Geoaraguaia**, v. 11, n. 1, p. 227-249, 2021. Disponível em: < https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12891> Acesso em: 25 ago. 2021

APÊNDICES

APÊNDICE A: Croqui das Classes de solos encontradas em topossequência em Timon – MA

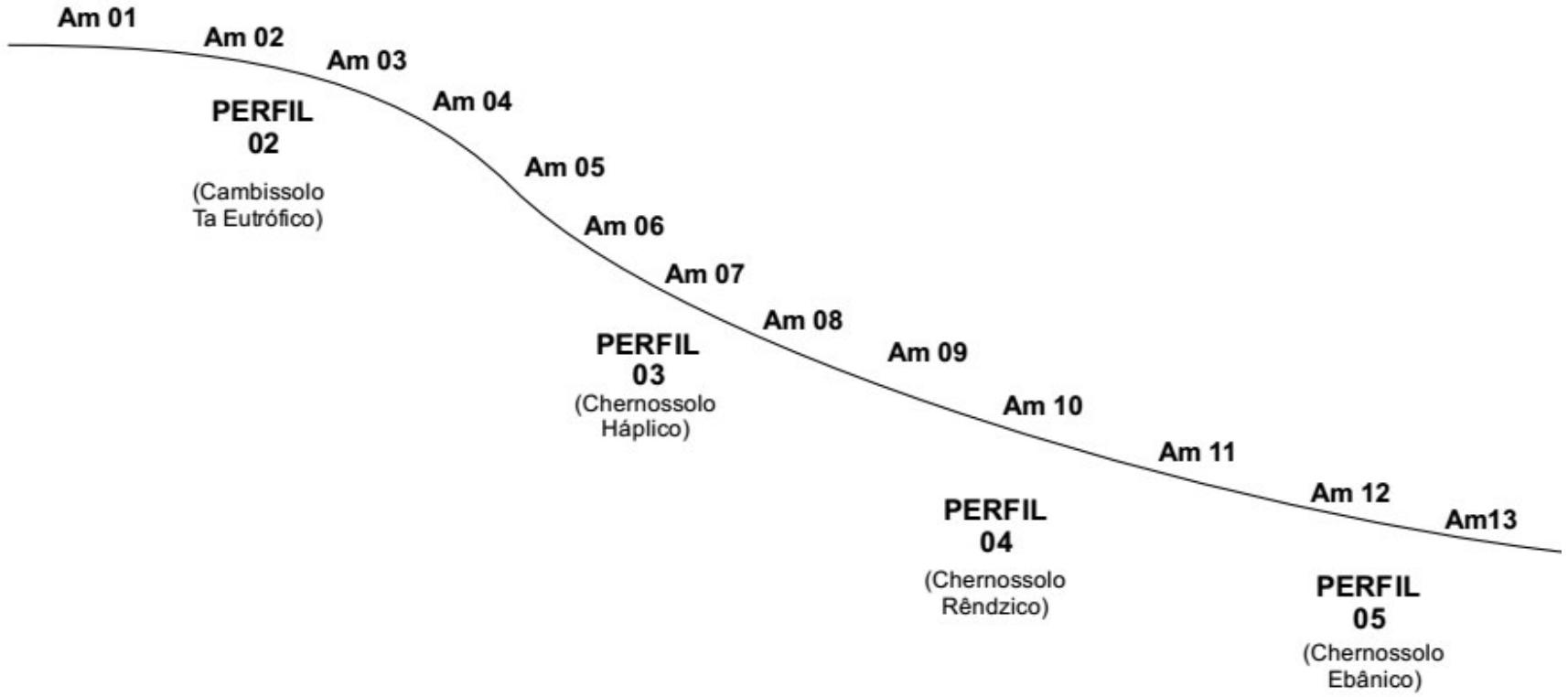
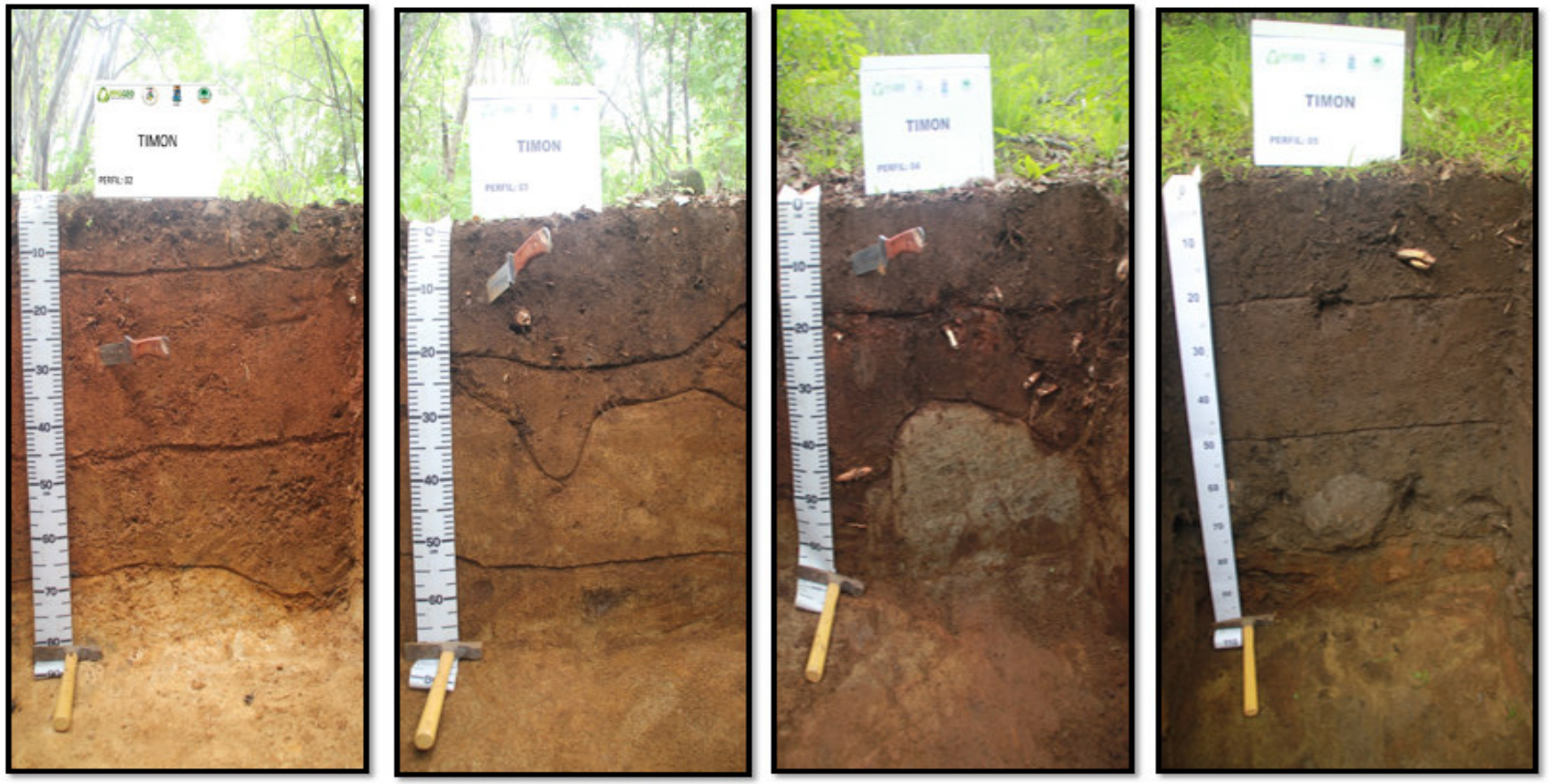


IMAGEM: Croqui das classes de solo encontradas na Topossequência em Timon **-** MA
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE B: Trabalho de Campo:Perfis pedológicos



Imagens: Abertura de perfis em Timon - MA
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE C: Coleta de anéis volumétricos em cada perfil





Imagens: Abertura de perfis em Timon - MA
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE D: Tradagem para coleta de amostra composta a cada 20 metros do um ponto ao outro da coleta.



Imagens: Tradagem em topossequêrncia em Timon - MA
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE E: Descrições da coleta dos perfis em campo

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL
PERFIL Nº: 01 Projeto: Dissertação DATA: 19/02/2021 CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico UNIDADE DE MAPEAMENTO: MEk Típico LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Fazenda Hanna Isis, Timon-MA COORDENADAS: 05º 26´03.8'' S 42º 58' 26.1'' O SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, colina/morro, topo, Cerrado tropical. ALTITUDE: 92 m SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, terço inferior. LITOLOGIA: Gabro/Basalto. FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Mosquito. CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico inferior. MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, consolidado PEDREGOSIDADE: Não pedregoso. ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso. RELEVO LOCAL: Suave ondulado. RELEVO REGIONAL: suave ondulado. EROSÃO: Não aparente. DRENAGEM: Muito mal 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, Deysiele Viana de Oliveira.
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA
A 0-19cm, 19 cm; Preto (5YR 2.5/1, úmida); muito argilosa; forte,média e prismática; forte, muito pequena e granular; cerosidade abundante e forte, superfície de compressão brilhante, comum e forte; firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas e abundantes; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e clara. Bi 19–36cm, 17cm, (11cm-28cm) 17cm; bruno avermelhado(5YR 4/3, úmida); muito argilosa, forte,, pequena, prismática; forte, média e granular, cerosidade comum e forte, superfície de compressão brilhante, comum e forte; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, médias e comuns; poros muito pequenos e comuns; transição ondulada e clara. BC 36–49cm, 13cm (9cm-13cm); bruno avermelhado (5YR 5/4, úmida), argilosa; forte, média e blocos angulares, moderada, muito pequena e, granular, cerosidade comum e moderada; superfície de compressão fosca, pouca e moderada; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes médias e poucas; poros muito pequenos e poucos, transição ondulada e abrupta. C 49cm-63cm, 14cm, variegado amarelo-avermelhado (5YR 6/8), amarelo brunado (10YR6/8); silte; firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes médias e poucas;poros ausentes, transição plana e clara. Cr 63+cm, variegado amarelo (10YR 7/8, úmida); vermelho-claro (2.5YR 6/8)

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

PERFIL Nº: 02 (Topossequência)
Projeto: Dissertação
DATA: 18/02/2021
CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO HÁPLICO Carbonático
UNIDADE DE MAPEAMENTO: MXk
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Fazenda Hanna Isis, Timon-MA
COORDENADAS: 05º 26´10.7'' S 42º 57' 31.1'' O
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, 15% de declividade, colina/morro, Cerrado tropical.
ALTITUDE: 106 m
SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, terço superior.
LITOLOGIA: Gabro/Basalto.
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Mosquito.
CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico inferior.
MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, consolidado.
PEDREGOSIDADE: Extremamente pedregoso.
ROCHOSIDADE: Extremamente rochoso.
RELEVO LOCAL: Ondulado.
RELEVO REGIONAL: Ondulado.
EROSÃO: Ligeira e laminar.
DRENAGEM: Bem drenado.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado tropical.
USO ATUAL: Sem uso.
CLIMA: Sub-Úmido Seco (C_1).
DESCRITO, COLETADO E FOTOGRAFADO POR: Marcelino Silva Farias Filho, João Firminiano da Conceição Filho, Deysiele Viana de Oliveira.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-20cm, 20cm; Preto (5YR 2.5/1, úmida); muito argilosa; moderada, média e blocos subangulares; forte, pequena e granular; cerosidade pouca e forte, friável, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas e abundantes; poros muito pequenos, pequenos, médios e abundantes; transição plana e clara.

Ac 20–29cm, 9 (7-19)cm; Bruno-Avermelhado (5YR 4/4, úmida); Siltosa, fraca, média em blocos angulares, cerosidade pouca e moderada, solta, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes muito finas, médias e abundantes; poros muito pequenos e abundantes; transição ondulada e abrupta.

C 29–55cm, 26 (15-29)cm; variegado Bruno-Amarelado (2.5YR 4/4); Preto-Avermelhado (2.5YR 2.5/1); Amarelo-Avermelhado (7.5YR 6/8) arenosa; grão simples, solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito finas, e poucas; poros muito pequenos e poucos, transição plana e clara.

R 55+cm, variegado Bruno-Forte (7.5YR 5/6, úmida); Vermelho-Claro-Acinzentado (10R 7/4); Cinzento-Avermelhado-Escuro (10R 3/1)

OBSERVAÇÕES – Presença de seixo no horizonte A. Pedregosidade é expressa por concreções ferruginosas adicionadas por fragmento de quartzo

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

PERFIL Nº: 03 (Topossequência)
Projeto: Dissertação

DATA: 19/02/2021
CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário
UNIDADE DE MAPEAMENTO: MDI fragmentário
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Fazenda Hanna Isis, Timon-MA
COORDENADAS: 05º 26´11.7'' S 42º 57' 29.8'' O
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, 26% de declividade, colina/morro, Cerrado tropical.
ALTITUDE: 106 m
SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, terço médio.
LITOLOGIA: Gabro/Basalto.
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Mosquito.
CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico inferior.
MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, consolidado.
PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.
ROCHOSIDADE: Muito rochoso.
RELEVO LOCAL: Ondulado.
RELEVO REGIONAL: Ondulado.
EROSÃO: Ligeira e laminar.
DRENAGEM: Imperfeitamente 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, Deysiele Viana de Oliveira.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-18cm, 18cm; Preto-Avermelhado (2.5YR 2.5/1, úmida); muito argilosa; moderada, muito pequena e granular; forte, média e granular; cerosidade comum e forte, superfície de compressão fosca e abundante e moderada; firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, médias e abundantes; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e clara.

C 18-65cm, 47 (15-50)cm; mosqueado abundante, grande e proeminente Vermelho-Escuro-Acinzentado (10R 3/2 fundo); Vermelho-Acinzentado (10 R 4/4); média, fraca, muito pequena e granular, cerosidade comum e moderada superfície de compressão fosca pouca e fraca, firme, plástica e pegajosa; raízes muito finas, finas médias e grossas comuns; poros muito pequenos e comuns, transição irregular e abrupta.

R 65+cm, variegado Bruno-Forte (7.5YR 5/6, úmida); Bruno-Avermelhado (5YR4/4); Vermelho (10R 5/6)

OBSERVAÇÕES –

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

PERFIL Nº: 04 (Topossequência)
Projeto: Dissertação
DATA: 19/02/2021
CLASSIFICAÇÃO: CHERNOSSOLO EBÂNICO Carbonático Típico
UNIDADE DE MAPEAMENTO: MEk Típico
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: Fazenda Hanna Isis, Timon-MA
COORDENADAS: 05º 26´17.0'' S 42º 57' 32.8'' O
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: perfil completo, 3% de declividade, colina/morro, Caatinga/Cerrado tropical.
ALTITUDE: 85 m
SITUAÇÃO GEOMORFOLÓGICA: Colina/Morro, terço inferior.
LITOLOGIA: Gabro/Basalto.
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Mosquito.
CRONOLOGIA/PERÍODO: Jurássico inferior.
MATERIAL ORIGINÁRIO: Autóctone, consolidado./Alóctone, Coluvionar
PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.
ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.
RELEVO LOCAL: Suave ondulado.
RELEVO REGIONAL: Ondulado.
EROSÃO: Não aparente.
DRENAGEM: Moderadamente drenado.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga/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, Deysiele Viana de Oliveira.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-23cm, 23cm; Preto-Avermelhado (10R 2.5/1, úmida); muito argilosa; forte, grande e granular; forte, muito pequena e granular; cerosidade abundante e forte, superfície de compressão brilhante, comum e moderada; firme, muito plástica e muito pegajosa; raízes muito finas, finas, médias, muito grossas e abundantes; poros muito pequenos e abundantes; transição plana e clara.

Bi 23–50cm, 27cm; Vermelho Muito Escuro-Acinzentado (10R 2.5/2, úmida); muito argilosa, moderada, muito pequena e granular; moderada, pequena e prismática, cerosidade abundante e forte, superfície de compressão brilhante, abundante e forte; friável, muito plástica e muito; raízes muito finas, poucas; poros muito pequenos e poucos; transição plana e clara.

C 50–80cm, 30cm; Preto (7.5YR 2.5/1, úmida) argilosa; moderada, muito grande e, blocos angulares, cerosidade comum e forte; superfície de compressão brilhante, comum e moderada; friável, muito plástica e pegajosa; raízes finas, poucas; poros muito pequenos e poucos, transição plana e abrupta.

R 80+cm, variegado Amarelo-Avermelhado (5YR 6/6, úmida); Preto (5YR 2.5/1); Vermelho-Escuro (10R 3/8)

OBSERVAÇÕES – Presença de blocos lateríticos no horizonte C, transportado por rolamento e recoberto por material alóctone oriundo da decomposição de basalto/Gabro das áreas de entorno.

ANEXO F: Resultado das análises químicas e física das amostras extras e dos perfis

Perfil 01

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Página 1 de 1

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218812			**Gleba:** Dissertação: Perfil Nº 01 Horiz. A 0-19 cm											
5,6	35,9	34,8	0,12	21,4	6,09	0,00	2,74	27,6	30,43	91,0	0.0	70,6	20,0	0,4
Nro: 218813			**Gleba:** Dissertação: Perfil Nº 01 Horiz: Bi 19-36 cm											
6,1	6,8	18,3	0,02	23,2	7,17	0,00	1,34	30,4	31,79	95,8	0.0	73,2	22,6	0,0
Nro: 218814			**Gleba:** Dissertação: Perfil Nº1 Horiz: BC 36-49 cm											
6,9	3,1	122,1	0,01	24,1	7,34	0,00	0,57	31,4	32,04	98,2	0.0	75,3	22,9	0,0
Nro: 218815			**Gleba:** Dissertação: Perfil Nº1 Horiz: Cr 49+											
7,7	1,4	161,1	0,01	20,3	7,50	0,00	0,43	27,8	28,27	98,5	0.0	71,9	26,5	0,0

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	Enxofre mg/dm³	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
218812							440	130	430	Argilosa
218813							340	130	530	Argilosa
218814							440	110	450	Argilosa
218815							540	130	330	Média

Perfil 02:

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Página 1 de 1

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218816			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 2 Horiz: A 0-13 cm											
5,7	44,9	26,7	0,61	16,9	3,18	0,00	1,94	20,7	22,72	91,5	0.0	74,8	14,0	2,7
Nro: 218817			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 2 Horiz: Bi 13-48 cm											
5,0	9,5	3,0	0,45	3,99	3,93	0,00	2,09	8,37	10,46	80,1	0.0	38,1	37,6	4,3
Nro: 218818			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 02Horiz: BC 48-69 cm											
4,9	4,6	4,6	0,73	5,98	6,43	0,00	1,87	13,1	15,02	87,5	0.0	39,8	42,8	4,9
Nro: 218819			**Gleba:** Dissertação Perfi Nº 2 Horiz: R 69+											
4,7	2,5	13,6	0,79	9,48	6,82	0,15	2,28	17,0	19,37	88,2	0,87	48,9	35,2	4,1

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	**Enxofre mg/dm³**	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	**Classe Textural**
218816							410	160	430	Argilosa
218817							310	140	550	Argilosa
218818							290	130	580	Argilosa
218819							310	140	550	Argilosa

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Perfil 03:

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Página 1 de 1

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218820			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 03 Horiz: A 0-20 cm											
5,5	15,1	188,9	0,06	21,5	6,59	0,00	2,36	28,1	30,55	92,3	0.0	70,5	21,6	0,2
Nro: 218821			**Gleba:** Disseertação Perfil 03 Horiz: AC 20-29cm											
5,5	4,7	111,0	0,02	24,6	7,23	0,00	1,84	31,9	33,74	94,6	0.0	73,1	21,4	0,1
Nro: 218822			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº3 29-55											
5,6	1,1	161,1	0,01	16,5	6,50	0,12	1,34	23,1	24,44	94,5	0,52	67,9	26,6	0,0

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	**Enxofre mg/dm³**	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	**Classe Textural**
218820							540	130	330	Média
218821							560	110	330	Média
218822							610	140	250	Média

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Perfil 04:

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Página 1 de 1

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218823			**Gleba:** Dissertação Perfiil Nº4 Horiz: A 0-18 cm											
5,6	17,1	150,8	0,06	17,9	7,01	0,00	2,12	25,0	27,17	92,2	0.0	66,2	25,8	0,2
Nro: 218824			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 04 Horiz: C 18-65											
5,8	10,1	93,6	0,02	18,7	6,78	0,00	1,87	25,5	27,45	93,2	0.0	68,4	24,7	0,1

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	Enxofre mg/dm³	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
218823							590	130	280	Média
218824							560	140	300	Média

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Perfil 05

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218825			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 5 Horiz:A 0-23 cm											
6,6	28,5	77,6	0,05	27,3	7,13	0,00	1,06	34,4	35,54	97,0	0.0	76,8	20,1	0,1
Nro: 218826			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 05 Horiz: Bi 23-50 cm											
6,4	12,2	105,6	0,02	19,7	7,50	0,00	0,91	27,2	28,16	96,8	0.0	70,1	26,6	0,1
Nro: 218827			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 05 Horiz: C 50-80 cm											
6,7	3,6	117,4	0,01	16,9	7,56	0,00	0,52	24,4	24,99	97,9	0.0	67,6	30,2	0,0
Nro: 218828			**Gleba:** Dissertação Perfil Nº 05 Horiz: R 80+											
6,7	0,5	146,8	0,01	17,7	7,10	0,00	0,49	24,8	25,38	98,1	0.0	70,1	28,0	0,0

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	Enxofre mg/dm³	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
218825							460	140	400	Argilosa
218826							440	130	430	Argilosa
218827							560	110	330	Média
218828							660	140	200	Média

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Tradagens coletadas

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH CaCl ₂	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218799			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 01 0-20 CM											
5,5	43,7	12,3	0,54	9,94	2,86	0,00	2,52	13,3	15,86	84,1	0.0	62,7	18,0	3,4
Nro: 218800			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 02 0-20 CM											
5,2	29,1	4,5	0,37	6,78	2,56	0,00	2,74	9,71	12,44	78,0	0.0	54,5	20,6	3,0
Nro: 218801			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 03 0-20 CM											
5,5	31,9	11,2	0,29	9,29	1,96	0,00	2,56	11,5	14,1	81,8	0.0	65,9	13,9	2,1
Nro: 218802			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 04 0-20 CM											
4,9	21,4	31,7	0,45	10,2	2,58	0,00	4,65	13,3	17,96	74,1	0.0	57,3	14,4	2,5
Nro: 218803			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 05 0-20 CM											
5,8	30,2	76,4	0,66	19,7	3,55	0,00	2,52	23,9	26,5	90,5	0.0	74,6	13,4	2,5

	Micronutrientes						Análise Granulométrica			
	mg/dm³						g/Kg			
Nro	Enxofre mg/dm³	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
218799							360	160	480	Argilosa
218800							340	130	530	Argilosa
218801							410	140	450	Argilosa
218802							460	110	430	Argilosa
218803							390	130	480	Argilosa

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Continuação

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH $CaCl_2$	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218804			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 06 0-20 CM											
5,6	28,5	188,9	0,76	18,2	4,87	0,00	2,65	23,8	26,5	90,0	0.0	68,8	18,4	2,9
Nro: 218805			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 07 0-20 CM											
5,6	29,4	188,9	0,29	26,5	5,94	0,00	2,69	32,7	35,44	92,4	0.0	74,8	16,8	0,8
Nro: 218806			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 08 0-20 CM											
5,7	18,2	188,9	0,05	23,2	6,50	0,00	1,91	29,7	31,66	94,0	0.0	73,3	20,5	0,2
Nro: 218807			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 09 0-20 CM											
6,1	6,4	143,2	0,04	19,8	6,81	0,00	1,06	26,6	27,73	96,2	0.0	71,5	24,6	0,1
Nro: 218808			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 10 0-20 CM											
6,1	18,4	155,5	0,04	21,3	6,84	0,00	1,18	28,2	29,44	96,0	0.0	72,6	23,2	0,1

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	**Enxofre mg/dm³**	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	**Classe Textural**
218804							490	130	380	Argilosa
218805							490	130	380	Argilosa
218806							540	130	330	Média
218807							560	140	300	Média
218808							590	130	280	Média

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

TerraBrasileira
LABORATÓRIO AGRONÔMICO

Análise de Solo

Nome: *Marcelino Silva Farias Filho* **Cliente:** 20812
Propriedade:
Município: *Timom* **Data:** 09/05/2022

			Complexo Sortivo							Saturação do Complexo Sortivo				
pH CaCl ₂	M.O g/Kg	P mg/dm³	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
			cmol /dm³							%				
Nro: 218809			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 11 0-20 CM											
6,2	7,8	101,1	0,03	15,2	6,02	0,00	0,89	21,2	22,14	96,0	0.0	68,6	27,2	0,1
Nro: 218810			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 12 0-20 CM											
7,2	5,7	123,9	0,03	27,0	7,62	0,00	0,48	34,6	35,17	98,6	0.0	76,9	21,7	0,1
Nro: 218811			**Gleba:** AMOSTRA TRADAGEM P. 13 0-20 CM											
5,7	28,3	54,6	0,11	23,5	6,81	0,00	2,91	30,5	33,42	91,3	0.0	70,6	20,4	0,3

		Micronutrientes					Análise Granulométrica			
		mg/dm³					g/Kg			
Nro	Enxofre mg/dm³	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
218809							660	140	200	Média
218810							440	130	430	Argilosa
218811							410	140	450	Argilosa

Valide a emissão deste laudo com o QRCode ou através da URL abaixo:
https://tbrasileira.com.br/validador/ROTI7070C65F-3DE6-4483-9F37-75BE2FD77351

Observações: **Responsabilidade Técnica**