

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DO CURSO ENGENHARIA CIVIL - BACHARELADO

VALÉRIA ELAYNE CARVALHO DOS SANTOS

**MAPAS DE SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS DA CIDADE DE POMBOS/PE
ELABORADOS COM BASE EM PARÂMETROS PEDOLÓGICOS**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE
2021

VALÉRIA ELAYNE CARVALHO DOS SANTOS

**MAPAS DE SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS DA CIDADE DE POMBOS/PE
ELABORADOS COM BASE EM PARÂMETROS PEDOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pedologia

Orientador(a):

ME. GUILHERME FERNANDO
CAVALCANTE PEREIRA



**ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ATA DE DEFESA**

Nome do Acadêmico: Valéria Elayne Carvalho dos Santos

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Mapas de suscetibilidade dos solos da cidade de Pombos/PE elaborados com base em parâmetros Pedológicos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Pedologia

Orientador: Me. Guilherme Fernando Cavalcante Pereira

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Nota Final: _____. Situação do Acadêmico: _____. Data: __/__/__

MENÇÃO GERAL: _____

Coordenador de TCC do Curso de _____:

< Nome do coordenador de TCC do Curso aqui >

Credenciada pela Portaria nº 644, de 28 de março de 2001 – D.O.U. de 02/04/2001.
Endereço: Rua do Estudante, nº 85 – Bairro Universitário.
CEP: 55612-650 - Vitória de Santo Antão – PE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me permitir viver este momento tão sonhado, por ter me mantido na trilha certa a todo momento.

Sou grandemente grata aos meus pais, Valquiria que segurou em minha mão, me apoiou e batalhou junto comigo, e Severino que me acompanhou e acreditou em mim até seu último suspiro.

Agradeço as minhas irmãs Vanessa e Viviane por todo apoio, admiração e afeto em todos os momentos.

Sou grata a toda a minha família por todo incentivo e força ao longo de toda trajetória.

Deixo um agradecimento especial aos meus amigos que caminharam junto comigo e compartilhamos inúmeros desafios que enfrentamos com espírito colaborativo.

Agradeço ao meu orientador professor Guilherme Fernando pela dedicação e paciência para conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.

(BÍBLIA, JOSUÉ, 1:9)

RESUMO

Com o crescimento tecnológico e populacional é possível notar uma maior ocupação do solo. Visto que essa apropriação é feita, por muitas vezes, sem projeção e com manejos infertilidade. Levando em consideração a necessidade do conhecimento da Pedologia, o presente trabalho objetiva a discussão sobre o Solo da Cidade de Pombos-PE, localizada na Região Nordeste do Brasil, na qual é realizada atividades que utilizam do solo, como agricultura, pecuária, Construções, entre outros. Esse estudo tem como base os aspectos geológicos, climatológicos e Pedológicos da Cidade de Pombos, podendo assim obter determinantes químicos, físicos, mineralógicos e biológicos, os quais nos permite ter uma visão ampla e crítica de macrozonas com riscos latentes de erosão, permeabilidade, expansividades e colapsividade de solos. A Pesquisa se baseia em estudos pedológicos, no qual é possível identificar e caracterizar o solo e suas particularidades, demonstrando os diferentes tipos de solos em mapas geomorfológicos e a pedologia da área de estudo. Os solos da área foram classificados como, solos aluviais, representando 3,09%, Gleissolos representando 10,49%, Latossolos Amarelos e Vermelhos-Amarelos, representando 1,43%, Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo representando 37,77%, Planossolos representando 17,99%, Podzólicos Vermelho-Amarelo 22,09%, Solos Litólicos representando 7,13%. A partir desses resultados foram elaborados Mapas de suscetibilidade do solo a erodibilidade, a expansibilidade, a colapsividade a solos moles e dispersividade. O mapeamento do solo revelou que a área estudada está mais suscetível a erodibilidade e dispersividades configurando um solo desgastado.

Palavras-Chave: Pedologia. Solos Expansivos. Solos Colapsíveis. Suscetibilidade. Pombos.

ABSTRACT

With the technological and population growth it is possible to notice a greater occupation of the soil. Since this appropriation is often made without projection and with infertility management. Taking into account the need for knowledge of Pedology, this work aims to discuss the soil of the city of Pombos-PE, located in the Northeast Region of Brazil, which is carried out activities that use the soil, such as agriculture, livestock, construction, among others. This study is based on the geological, climatological and pedological aspects of the City of Pombos, thus being able to obtain chemical, physical, mineralogical and biological determinants, which allow us to have a broad and critical view of macro-areas with latent risks of erosion, permeability, expansiveness and collapsibility of soils. The research is based on pedological studies, in which it is possible to identify and characterize the soil and its particularities, demonstrating the different types of soils on geomorphological maps and the pedology of the study area. The soils of the area were classified as, alluvial soils, representing 3.09%, Gleissols representing 10.49%, Yellow and Red-Yellow Latosols, representing 1.43%, Yellow and Red-Yellow Podzolic representing 37.77%, Planosols representing 17.99%, Red-Yellow Podzolic 22.09%, Litholic Soils representing 7.13%. From these results, maps of soil susceptibility to erodibility, expansibility, soft soil collapsibility, and dispersivity were prepared. The mapping of the soil revealed that the studied area is more susceptible to erodibility and dispersivity configuring a worn soil.

Key-Words: Pedology. Expansive Soils. Collapsible soils. Susceptibility. Pombos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de unidades de solo no município de Pombos-PE	13
Figura 2 - Suscetibilidade a expansão no estado de Pernambuco	15
Quadro 1 - Métodos indiretos e diretos de identificação de solos colapsíveis.....	17
Figura 3 - Solos Colapsíveis no Brasil.....	18
Figura 4 - Percentual de Municípios, por tipo de erosão.	21
Figura 5 - Mapa de Municípios que apresentam Erosão laminar no Brasil	22
Figura 6 - Localização da cidade de Pombos / PE	24
Figura 7 – Precipitações mensais registradas no período de 2016 a 2020 e média calculada do Pluviômetro Vila São José, localizado na cidade de Pombos / PE	26
Figura 8 - Temperatura horária média, codificada em faixas coloridas da cidade de Pombos-PE	26
Figura 9 – Província Borborema na cidade de Pombos	288
Figura 10 – Arqueano e Paleoproterozóico no estado de Pernambuco	299
Figura 11 – Principais ocorrências dos Gleissolos	33
Figura 12 – Principais ocorrências dos Latossolos.....	34
Figura 13 - Principais ocorrências dos Argissolos	36
Figura 14 - Principais ocorrências dos Planossolos	38
Figura 15 - Principais ocorrências dos Neossolos.....	39
Figura 16 - Pedologia da cidade de Pombos.....	41
Figura 17 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a expansão.....	42
Figura 18 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a Colapsividade.....	43

Figura 19 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a dispersividades.....	44
Figura 20 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a Erosão.....	45
Figura 21 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a solos moles	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EMBRAPA Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

CEMADEN Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Naturais

Sudene Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Solos expansivos	14
2.2	Solos colapsíveis	16
2.3	Solos dispersivos.....	19
2.4	Solos erosivos.....	20
3	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	24
3.1	Localização	24
3.2	Características territoriais.....	25
3.3	Clima	25
3.4	Relevo	26
3.5	Vegetação	27
3.6	Aspectos geológicos	27
3.7	Hidrografia	30
4	CARACTERÍSTICAS TAXÔNOMICAS	32
4.1	Solos aluviais (A)	32
4.2	Gleissolos (G).....	32
4.3	Latossolos amarelos e vermelho-amarelos (LA).....	33
4.5	Planossolos (PL)	36
4.6	Solos litólicos (R).....	37
5	METODOLOGIA	39
6	RESULTADOS	41
6.1	Solos expansivos	41
6.2	Solos colapsíveis	42
6.3	Solos dispersivos.....	43

6.4 Solos erosivos.....	44
6.5 Solos Moles	45
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de utilização do homem, onde se faz necessário o seu conhecimento para desenvolvimento de atividades como agropecuária, agricultura, realização de construções Cíveis, entre outros. Sua utilização em excesso degrada-o irreversivelmente, corrompendo o solo e tornando-o sensível.

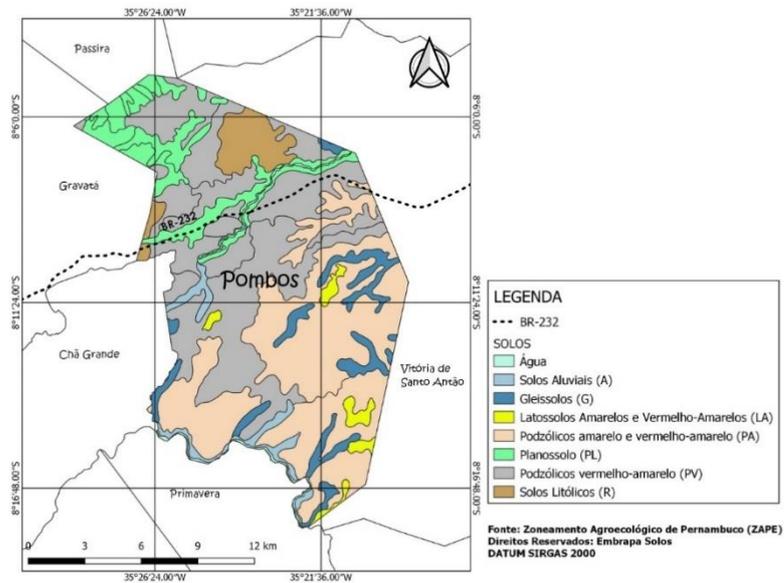
O solo pode ter características diferentes de acordo com a ação do clima, da vegetação, da rocha, do relevo e do tempo de formação. Esses atributos resultam em um tipo de solo que será diagnosticado a partir da Pedologia. Segundo Simonson (1959), a pedogênese é o processo de formação dos solos, que se caracteriza pela adição, perda, transformação e transporte de material e atua desde o material de origem.

O solo pode apresentar vários aspectos e características diferentes, onde surge a necessidade de um conhecimento mais aprofundado para o seu manejo adequado. A Pedologia por sua vez traz consigo informações relevantes aos solos das regiões; de acordo com o IBGE 2017:

Pedologia é conjunto de informações relacionadas à cartografia temática de solos, como mapas, arquivos vetoriais e documentos. É possível verificar a distribuição dos solos no território brasileiro, suas classificações técnicas e interpretativas, assim como, apresentam material didático sobre morfologia, classificação e levantamento de solos.

O município de Pombos, localizado no estado de Pernambuco, situado na região nordeste do Brasil, cuja área de 20.405 hectares, no qual está compreendido nela os solos aluviais, representando 3,09%, Gleissolos representando 10,49%, Latossolos Amarelos e Vermelhos-Amarelos, representando 1,43%, Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo representando 37,77%, Planossolos representando 17,99%, Podzólicos Vermelho-Amarelo 22,09%, Solos Litólicos representando 7,13%. A figura 1 ilustra todas as unidades conforme citado anteriormente.

Figura 1 – Distribuições e unidades de solo no município de Pombos-PE



Fonte: Autora, 2021

Os levantamentos Pedológicos dão informações importantes sobre os horizontes das superfícies e da geologia do local, em que a Pedosfera se situa em contato com a atmosfera, biosfera, hidrosfera e geosfera, pode ser considerada uma grande ferramenta na estratificação de ambientes. Por meio desse estudo é evidenciado os tipos de solo do município de Pombos, localizado no estado de Pernambuco, e através da Pedologia identificada os principais problemas desses solos encontrados na região.

Devido à baixa produção técnico-científica de pesquisas referentes a Pedologia da região de Pombos-PE e a necessidade de enfatizar a importância de se obter informações sobre o solo que poderá servir para alguma atividade, viabilizou a elaboração deste projeto de pesquisa, objetivando determinar a Sensibilidade do solo do Município de Pombos-PE em relação a problemas geotécnicos, a partir de estudos realizados por cartas de suscetibilidade, tendo como base os parâmetros Pedológicos da região. Contudo a disponibilização dessas informações é importante para a adequação do uso consciente para melhor aproveitamento e virtualidade do solo da região e evitar problemas geotécnicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Solos expansivos

Segundo Frazão e Goulart (1976), *apud* Pereira, (2004), a presença de argilas expansivas em rochas e solos causa constante preocupação entre os pesquisadores e profissionais da área geotécnica, pois o uso indiscriminado deste material pode gerar instabilidade em taludes, subleito de pavimentos, fundações de grandes estruturas, desabamento de túneis, devido, principalmente, a sua propriedade de expansibilidade. Um solo com característica expansiva, é aquele que apresenta aumento de volume que promove a mudança de sucção ou umidade em solos argilosos, mas esse caráter depende do tipo de argila, uma vez que nem todos os minerais argilosos têm variação volumétrica e das características sazonais de cada região.

De acordo com Justino da Silva (2001), os materiais (rochas) que originam os solos expansivos podem ser classificados em dois grupos. O primeiro grupo compreende os originários das rochas ígneas, tais como basaltos, intrusões de diabásio e gabros. Nestes solos, feldspato e piroxênio, provenientes da rocha matriz, se decompõem para formar montmorilonita e outros minerais secundários. O segundo grupo compreende os originários das rochas sedimentares, que contém a montmorilonita como um mineral constituinte, tais como folhelhos, margas calcáreas, calcários, argilitos e alguns siltitos, onde após a sua intemperização formam os solos expansivos.

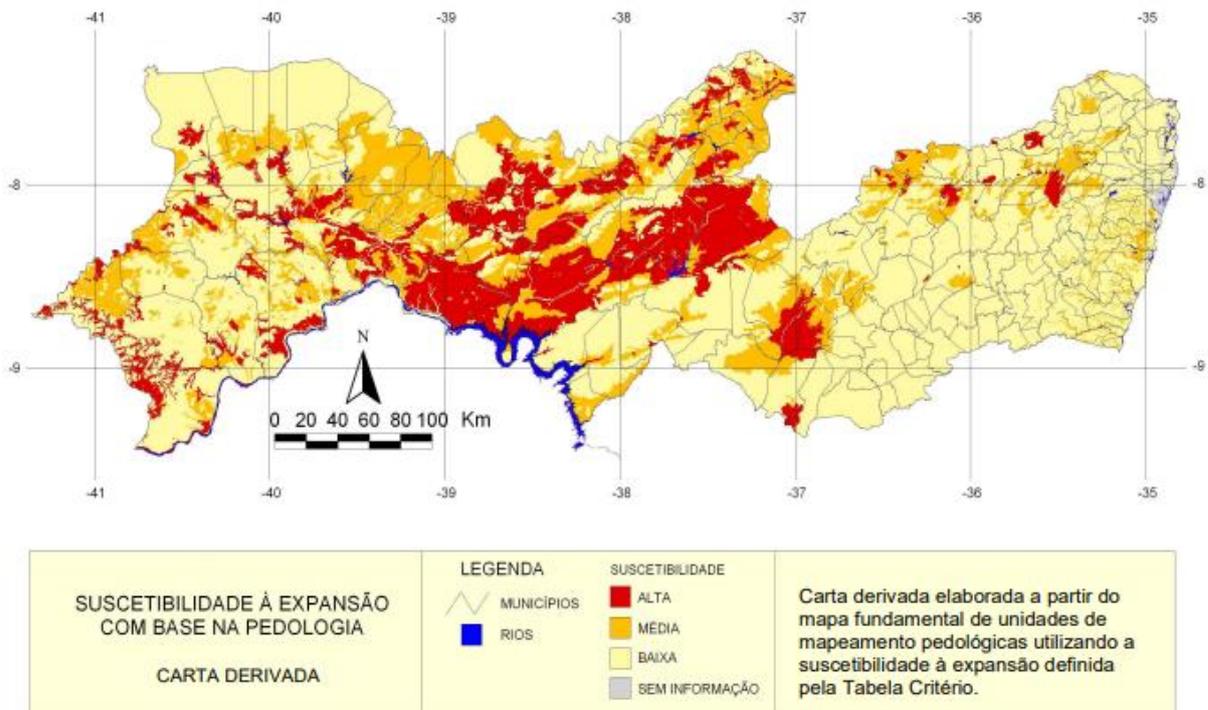
Os argilominerais são formados pela união de camadas tetraédricas e octaédricas dispostos em camadas alternadas. Os principais tipos de argilas que tem essa instabilidade são as argilas esmectitas, em especial, a montmorilonita e a vermiculita, ocorrendo, também, nos interestratificados de montmorilonita com clorita, illita e vermiculita. A haloisita tem capacidade de expansão pouco menor do que as demais. Os solos contêm, normalmente, minerais não argílicos, tais como sílica e feldspato.

A forma de classificação de um solo expansivo pode ser identificada através de danos causados em edificações, como fissuras, trincas ou/e rachaduras, leves desaprumos e levantamentos em tempos chuvosos. Ensaio laboratoriais e no uso de métodos de identificação.

Os solos do tipo expansivos podem ser encontrados até 6 m de profundidade em depósitos de solos residuais. O nível do lençol freático normalmente é encontrado em locais onde os solos expansivos estão em profundidades maiores. Na época da seca, o teor de umidade natural fica próximo da higroscópica (CAVALCANTE et.al., 2006).

Em Pernambuco, os solos expansivos são encontrados em várias regiões. A Figura 2 apresenta um mapa da suscetibilidade e expansão no estado de Pernambuco com base na pedologia, destacando um nível alto médio baixo ou sem informações do solo, elaborado a partir da base disponibilizada (EMBRAPA, 2001; AMORIM, 2004).

Figura 2 - Suscetibilidade a expansão no estado de Pernambuco



Fonte: Amorin, 2004

Os solos expansivos podem causar sérios danos às obras de engenharia principalmente quando esses materiais não são tratados de forma adequada nas etapas de projeto e execução da construção (CAMPOS & BURGOS, 2004).

2.2 Solos colapsíveis

Em meio aos solos não saturados estão os solos colapsíveis. Qualquer surgimento aleatório de uma fonte de água que inunda o solo colapsível, em quantidades suficientes e sujeito a uma determinada tensão constante (peso próprio ou sobrecarga), pode produzir um colapso na estrutura. Algumas dessas eventuais inundações são: infiltrações de água de chuva, ruptura de tubulação de esgoto ou água, fissuras em reservatórios enterrados, entre outras (CINTRA; AOKI, 2013).

De acordo com Rodrigues (2007), a ocorrência de solos colapsíveis é bastante comum em regiões de clima tropical, árido e semi-árido, nas quais se verificam baixa umidade e ciclos de umedecimento e secagem, o que explica, portanto, a recorrência desse solo nas regiões brasileiras. No Brasil, esses solos geralmente se manifestam na forma de colúvios, alúvios e solos residuais, que passaram por intenso processo de lixiviação (FERREIRA *et al.*, 1989 *apud* CINTRA, 1998).

A consequência da colapsibilidade está ligada a microestrutura dos solos, onde sua estrutura é responsável pelo comportamento do material. A magnitude do colapso apresentado pelo solo depende de alguns fatores como umidade inicial, histórico de tensões, espessura da camada de solo envolvida, variação de umidade do solo (devido a infiltração ou elevação do lençol freático) e da sobrecarga imposta (MACHADO, 1998).

Segundo Ali (2015) a densidade seca e a plasticidade dos solos colapsíveis são ambas baixas e os seus valores de limite de liquidez, índice de plasticidade e teor de umidade são geralmente inferiores à 45%, 25% e 10% respectivamente.

Existem parâmetros para identificar o comportamento colapsível dos solos, como os limites de consistência e índice, ensaios edométricos com inundação do corpo de prova ou ensaios de penetração de cone ou ensaios de carga de placas.

De acordo com Ferreira (1995), a classificação dos métodos de identificação e classificação em identificativos, orientativos e qualitativos, se divide conforme quadro 1.

Quadro 1 - Métodos indiretos e diretos de identificação de solos colapsíveis

Métodos	Subdivisões	Base para Definição do Critério	Referências Bibliográficas
Indiretos	Identificativos	Microscopia eletrônica de Varredura	MCGOW e COLLINS (1975); WOLLE <i>et al.</i> , (1978); DERBYSHIRE E MELLORS (1988).
	Orientativos	Pedologia	FERREIRA (1990); FERREIRA (1993).
		Ensaio expedido	ARMAN e THORNTON (1973); JENNINGS e KNIGHT (1975).
	Qualitativos	Índices Físicos	DENISOV (1951); PRIKLONSKIJ (1952); GIBBS e BARA (1962 E 1967); FEDA (1966); KASSIK e HENKIN (1967);
Diretos	Avaliativos	Ensaio edométrico duplo	REGINATTO e FERRERO (1973).
	Quantitativos	Ensaio edométrico duplo	JENNINGS e KNIGHT (1975); VARGAS (1978); LUTTENEGER e SABER (1988).

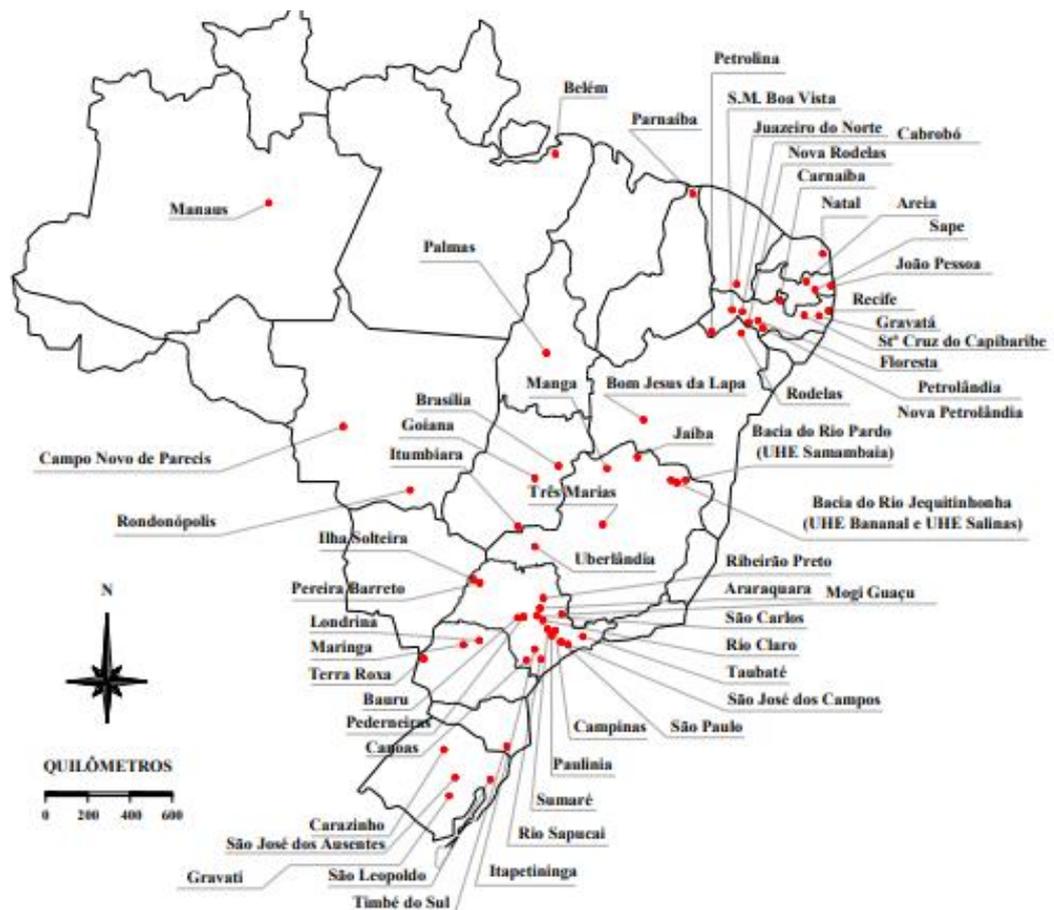
		Ensaio de Campo	FERREIRA e LACERDA (1993).
--	--	-----------------	-------------------------------

Fonte: Adaptado por Mendonça Neto, 2011 e Ferreira, 2008

No Brasil os solos colapsíveis são geralmente oriundos de solos aluvionares, coluvionares e residuais. A ocorrência vem sendo verificada em todas as regiões do Brasil, os estados onde são encontrados são: Amazonas, Pará, Tocantins, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Bahia, Brasília, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (FERREIRA, 2008; RODRIGUES e VILAR, 2013).

A Figura 3 demonstra os locais citados na literatura.

Figura 3 - Solos Colapsíveis no Brasil



Fonte: Adaptado de Ferreira (2008), Rodrigues e Vilar (2013).

Região Norte: Manaus-AM, (DIAS e GONZALES, 1985), Belém-PA, Palmas-TO, (FERREIRA *et al.*, 2002). Região Nordeste: Parnaíba-PI (RIANI E BARBOSA, 1989), Natal-RN (SANTOS JÚNIOR e ARAÚJO, 1999), João Pessoa-PB, Sape-PB, Areia-PB, Recife-PE (FERREIRA, 1997), Gravatá-PE, Carnaíba-PE e Petrolândia-PE (FERREIRA, 1989), Cabrobó-PE, Sta. M B Vista-PE, Petrolina-PE, Rodelas-BA (FERREIRA, 1989), Bom Jesus da Lapa-BA (MENDONÇA, 1990). Região Centro Oeste: Brasília-DF, Goiana-GO (Moraes *et al.*, 1994), Itumbiara-GO (FERREIRA *et al.*, 1989). Região Sudeste: Jaíba-MG (FERREIRA *et al.*, 1989), Manga-MG (BENVENUTO, 1982), Três Marias-MG, Uberlândia-MG (FERREIRA *et al.*, 1989), e Ilha Solteira-SP (FERREIRA *et al.*, 1989 e RODRIGUES e LOLLO, 2008), Pereira Barreto-SP (FERREIRA *et al.*, 1989), Bauru-SP (FERREIRA *et al.*, 1989), São Carlos-SP (VILAR *et al.*, 1981, FERREIRA *et al.*, 1989), Sumaré e Paulínia-SP, Mogi Guaçu-SP (FERREIRA *et al.*, 1989), Campinas-SP, Itapetininga-SP, Canoas-SP, Rio Sapucaí-SP e São J. dos Campos-SP (FERREIRA *et al.*, 1989); São Paulo-SP, (FERREIRA *et al.*, 1989). Região Sul: Maringá-PR, Londrina-PR, Timbé do Sul-SC (FEUERHAUMEL *et al.*, 2003), São Leopoldo-RS, São José dos Ausentes-RS (FEUERHAUMEL *et al.*, 2003) e Gravati-RS (DIAS, 1989).

No Brasil, a constatação e a investigação do comportamento de solos colapsíveis têm acontecido desde a década de 60, durante a construção de grandes barragens na região Centro Sul, em locais de ocorrência de solos superficiais porosos e, portanto, sujeitos e eventuais recalques repentinos durante a fase de enchimento dos reservatórios. As regiões tropicais apresentam condições flagrantes para o desenvolvimento de solos colapsíveis, quer pela lixiviação de finos dos horizontes superficiais, nas regiões onde se alteram estações de relativa seca e de precipitações intensas, ou pelos solos com deficiência de umidade que se desenvolvem em regiões áridas e semiáridas, (*apud* MORAIS & SEGANTINI, 2002).

2.3 Solos dispersivos

Os Solos Dispersivos se caracterizam inicialmente pelo seu elevado teor de Cations de Sódio (NA) dissolvidos na água dos vazios dos solos, tornando-o um solo suscetível a erosão quando na presença de fluxo de água. Segundo CRC, 2001, P.9, Tais solos são estruturalmente instáveis, pois se trata de solos com baixo nível de forças atrativas eletroquímicas entre suas camadas por sua grande quantidade de

NA⁺, ou seja, poucos íons carregados, sendo assim, fracamente aderidos por argilominerais.

O firmamento dos solos com essa característica pode ser dado pela incorporação de um cátion de maior valência (Ca⁺²) e/ou através de reações pozolânicas, que propiciam estabilização entre as camadas dos argilominerais.

Por apresentarem Dupla Camada Difusa (DCD) de maior espessura, tais solos em condições de maior umidade e saturação, podem apresentar forças eletrostáticas de repulsão maiores que as de atração (SCHEUERMANN FILHO, 2018).

Os solos em condições de maior umidade e saturação desenvolve no solo a vulnerabilidade a erosão externa, e a erosão interna, denominada também como Piping, onde ambas podem levar a consequências catastróficas e imensuráveis.

Contudo pode-se haver a estabilização de solos dispersivos, realizando a substituição de cátions monovalentes por bivalente, ou até trivalentes, como cálcio (Ca⁺²) e alumínio (Al⁺³). Também é possível estabilizar o solo através das reações pozolânicas, ligadas diretamente com a criação de compostos cimentícios em suas reações.

2.4 Solos erosivos

A erosão do solo é o desgaste dele em consequência de agentes erosivos, como a água, o vento e ações antrópicas. A erosão é por sua vez uma forma natural da formação de relevos e está diretamente ligado na estruturação dos solos.

Esse processo ocorre naturalmente na superfície terrestre ao longo do tempo geológico, sendo responsável pela esculturação do relevo da terra. Entretanto, alguns terrenos possuem uma configuração da paisagem com maior ou menor suscetibilidade erosiva. Essas suscetibilidades podem ser potencializadas pela maneira como o homem utiliza estes terrenos. (SALOMÃO, 1999; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

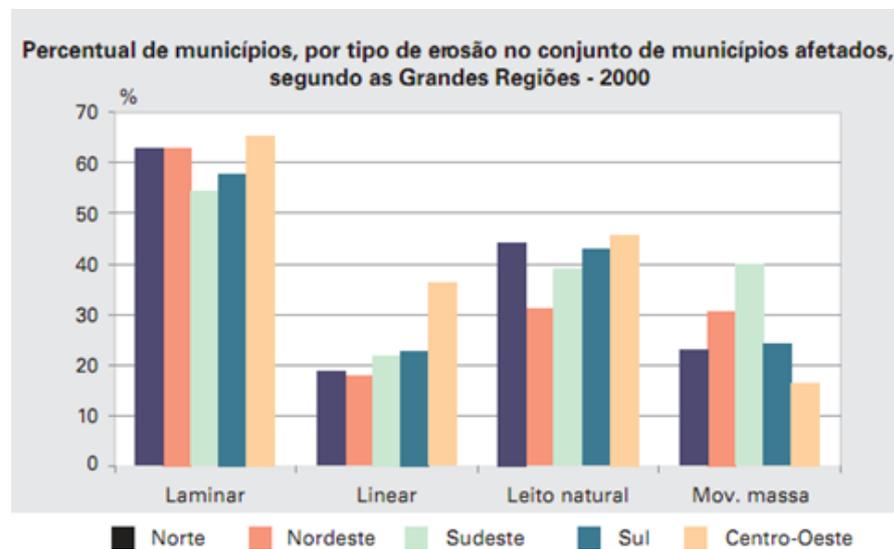
Os processos erosivos dependem das características do clima da região. Em regiões áridas e semiáridas o agente principal é o vento, que por sua vez provoca a abrasividade de rochas através do carreamento de partículas de areia. Em regiões

temperadas, pode ocorrer a erosão glacial, que no processo de congelamento e descongelamento da água ocorre o fraturamento das rochas. Em regiões tropicais e subtropicais com precipitações anuais média a elevada acontece a principal formas de degradação do solo, a erosão hídrica, onde desenvolve diversos problemas econômicos, ambientais e sociais. Segundo Bahia *et al.* (1992), a erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em quatro fases: impacto das gotas de chuva; desagregação de partículas do solo; transporte e deposição.

O Brasil é um País tipicamente tropical e sofre com intensas chuvas por alguns meses, no qual resulta m problemas com a erosão. Para melhor visualização segue Figura 4 com Percentual de Municípios, por tipo de erosão e Figura 5 com Mapa de Municípios que apresentam Erosão laminar no Brasil.

Segundo Bahia (1992) o país chega a perder cerca de 600 milhões de toneladas de solo devido à erosão anualmente. Além do prejuízo na reposição dos nutrientes perdidos, outro grande problema decorrente é o assoreamento de corpos de água.

Figura 4 - Percentual de Municípios, por tipo de erosão.



Fonte: IBGE, 2000

Figura 5 - Mapa de Municípios que apresentam Erosão laminar no Brasil



Fonte: IBGE, 1998/2000

Devido ao Processo da Erosão, ocorrem impactos que podem interferir negativamente o meio social, ambiental e econômico. Segundo Paiva & Villela (1995) os vários problemas causados pelos sedimentos dependem da quantidade e da natureza dos sedimentos, fatores estes que são dependentes dos processos de produção, transporte e deposição, o que equivale dizer que os sedimentos causam três tipos de prejuízos: no local de origem, no trecho onde transitam e no local de sua deposição.

Segundo Bandeira & Aun (1989) o conhecimento da concentração de sedimentos em suspensão (massa de sedimento em suspensão na água por unidade de massa da mistura por unidade de volume) é importante para a avaliação das consequências da intervenção humana na bacia hidrográfica (erosão devido ao desmatamento, atividades agrícolas ou de mineração), no assoreamento de barragens, para o caso de estuários, no estudo do escoamento de canais de acesso e berços de atracação em portos.

Os solos apresentam características, propriedades e perfis distintos, tal que através dessas diferenças é possível identificar o quanto o solo é erodido, ou seja, o quanto ele é suscetível a erosão. Segundo DAEE/IPT (1990) a estrutura do solo, sua composição, espessura e relação textural entre horizontes, associados à textura, compõe o conjunto de informações a ser tratado para se avaliar a erodibilidade (susceptibilidade à erosão) de um solo. (ALCÂNTARA, 1996).

Assim, a erodibilidade de um solo costuma ser avaliada com base em informações sobre sua granulometria, estrutura, permeabilidade, teor de matéria orgânica (MORGAN, 1995 / MAURO, 2001). Com relação à granulometria do solo pode-se afirmar que solos mais grosseiros, dada sua menor coesão, tendem a ser mais suscetíveis à erosão que solos finos (NASCIMENTO & CASTRO, 1976).

O recurso natural solo é intesamente afetado, e isso ocasiona em um grande desequilíbrio natural entre a perda e a recuperação do solo, chegando até mesmo a prejuízos monetários. Segundo GUERRA (2007), A escolha dos métodos e práticas de prevenção à erosão é feita em função dos aspectos ambientais e sócio-econômicos de cada propriedade e região. Cada prática, aplicada isoladamente, previne apenas de maneira parcial o problema. Para uma prevenção adequada da erosão, faz-se necessária à adoção simultânea de um conjunto de práticas.

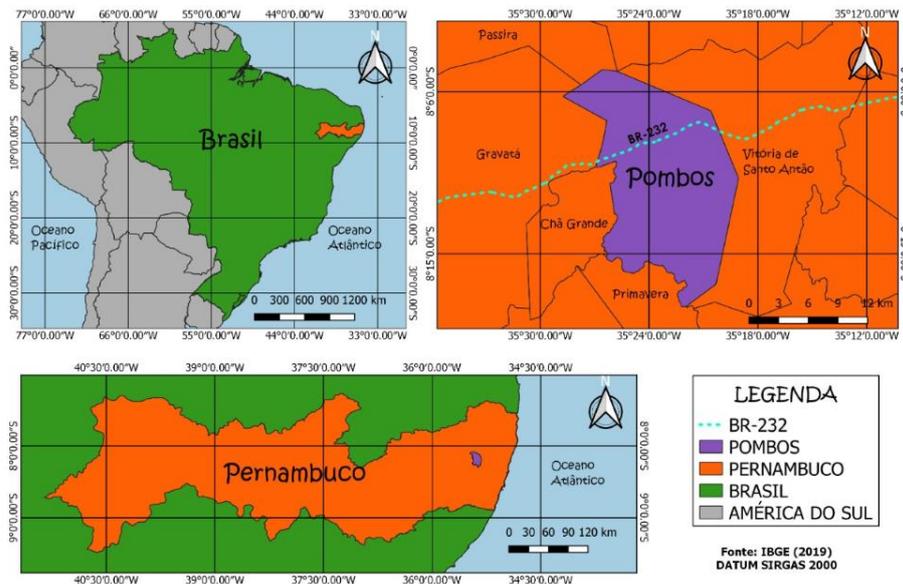
A erosão não é somente um fenômeno físico, mas também um problema social e econômico. Resulta, fundamentalmente, de uma inadequada relação entre o solo e o homem (PIMENTEL, 1997).

3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

O Município de Pombos está localizado no estado de Pernambuco, situado na região nordeste do Brasil, e dista cerca de 60 km da capital (Recife). Limitado ao norte pela cidade de Passira, ao sul pela cidade de Primavera, ao leste pela cidade de Vitória de Santo Antão e a oeste pelas cidades de Gravatá e Chã Grande – Figura 6, a cidade detém uma área territorial de 239,876 km², que representa 0.24 % do estado de Pernambuco, e população estimada de 27.148 habitantes segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Figura 6 - Localização da cidade de Pombos / PE



Fonte: Autora, 2021

Elevado à categoria de município pela lei estadual nº 4989, de 20 de dezembro de 1963, a partir do desmembrado da cidade de Vitória de Santo Antão, o município de Pombos está localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do estado de Pernambuco. O acesso à cidade é realizado através da rodovia Luiz Gonzaga, BR-232, no quilômetro 58,5.

3.2 Características territoriais

O Município de Pombos foi criado em 20/12/1963 pela Lei Estadual n. 4.989, sendo formado pelos distritos: Sede, Dois Leões e Nossa Senhora do Carmo. O Município está localizado na mesorregião da Mata Sul e na Microrregião Vitória de Santo Antão do estado de Pernambuco. A área Municipal representa 0.24 % do estado de Pernambuco. Está inserido na folha Sudene de Vitória de Santo Antão na escala 1:100.000.

3.3 Clima

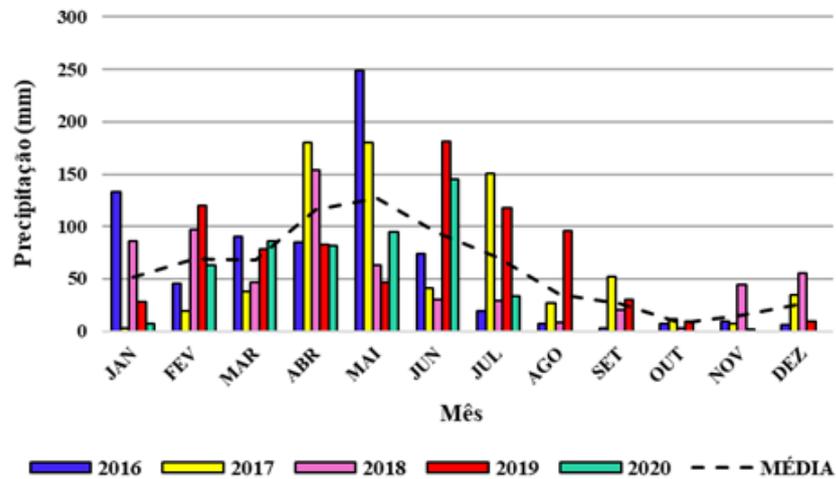
O clima do município de Pombos é classificado, segundo Koppen, como As, ou seja, tropical chuvoso, com verão seco. Na classificação climática, ocorre o clima Semiárido, com alta suscetibilidade de desertificação segundo Vilar e Medeiros (2019).

A Figura 7 apresenta as precipitações mensais, de janeiro de 2016 a julho de 2020, da cidade de Pombos, registradas pelo pluviômetro “VILA SÃO JOSÉ”, situado nas coordenadas de latitude -35,39963 e longitude -8,13689, instalado pelo Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Observa-se que existe um período chuvoso que se concentra entre os meses de janeiro a agosto, com precipitações médias mensais variando de, aproximadamente, 35 a 127 mm. Também se constata que as máximas precipitações ocorreram nos meses de abril a junho, com médias mensais superiores a 100 mm. A média pluviométrica anual é de cerca de 727,5 mm.

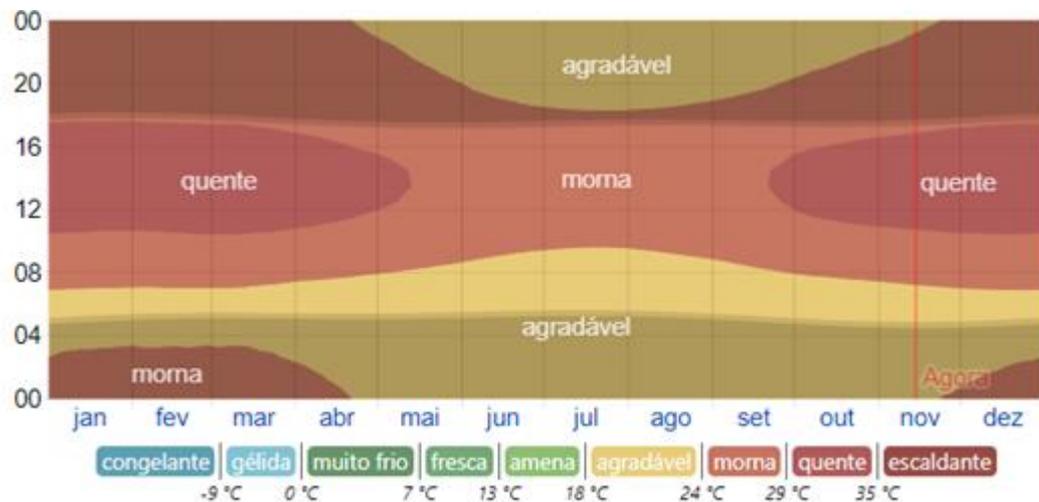
De acordo com Weatherspark (2020), em geral a temperatura de Pombos varia de 20 °C a 32 °C e raramente é inferior a 18 °C ou superior a 34 °C ao longo do ano. A Figura 8 ilustra uma caracterização compacta das temperaturas médias horárias para o ano inteiro, no qual o eixo horizontal indica os meses do ano e o eixo vertical, a hora do dia.

Figura 7 – Precipitações mensais registradas no período de 2016 a 2020 e média calculada do Pluviômetro Vila São José, localizado na cidade de Pombos / PE



Fonte: Autora, 2021

Figura 8 - Temperatura horária média, codificada em faixas coloridas da cidade de Pombos-PE



Fonte: Weatherspark, 2020

3.4 Relevo

O Município de Pombos pertence ao grupo das superfícies retrabalhadas no qual constitui áreas em que o relevo tem sofrido retrabalhamento intenso, estando bastante dissecado e com vales profundos. O local tem altitude aproximada de 208

metros, e fica localizada na região Pernambucana denominada “Mar de Morros” no qual antecedem s chapada da Borborema. Os solos desse Zoneamento geoambiental são caracterizados pelos Latossolos nos topos planos, onde são profundos e bem drenados; Podzólicos nas vertentes íngremes, sendo razoavelmente profundos e bem drenados e pelos Gleissolos de Várzea nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e alagados.

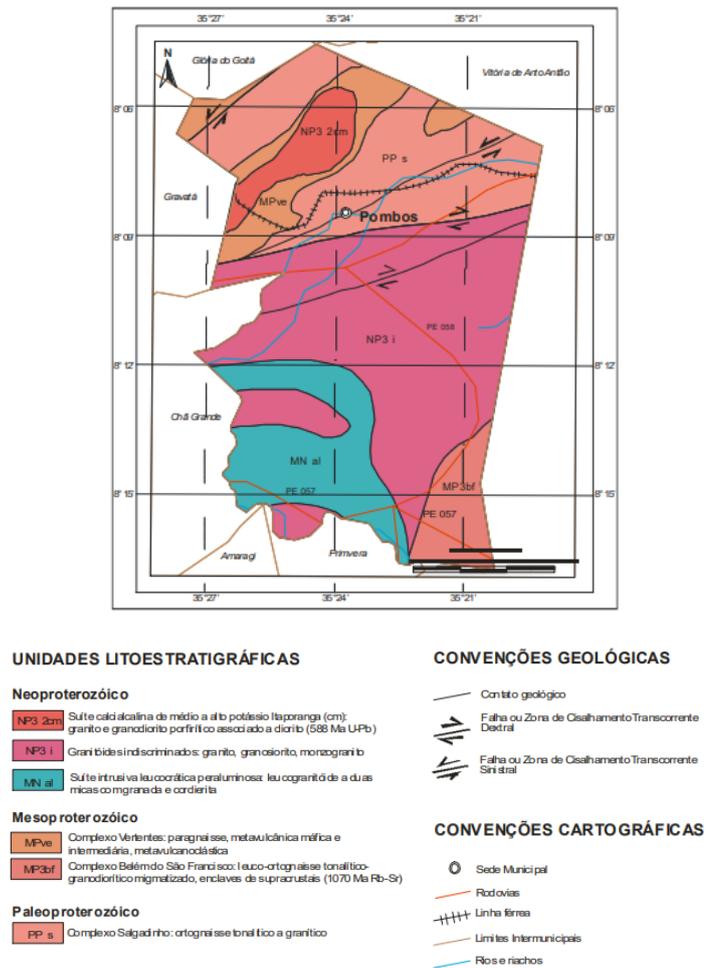
3.5 Vegetação

A vegetação nativa do Município de Pombos é constituída de floresta subperenifólia, com partes de floresta hipoxerófila.

3.6 Aspectos geológicos

O Município de Pombos encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos Litotipos dos Complexos Salgadinho, Belém do São Francisco e Vertentes, das suítes Intrusiva leucocrática Peraluminosa e Calcialcalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga e dos Granitóides Indiscriminados, como pode ser observado na figura 9.

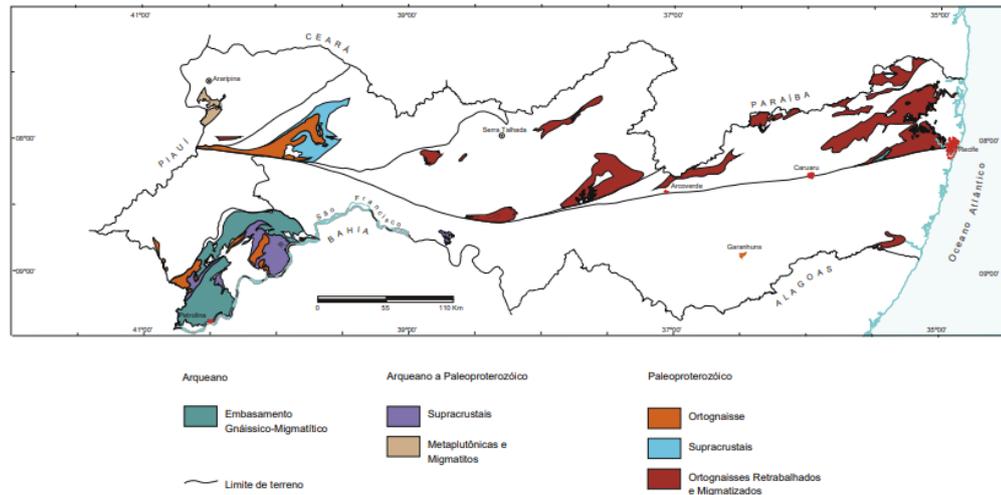
Figura 9 – Província Borborema na cidade de Pombos



Fonte: Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Pernambuco, 2005.

A figura 10 apresenta as unidades arqueanas e paleoproterozóicas existentes, tanto no Cráton do São Francisco, quanto na Província da Borborema.

Figura 10 – Arqueano e Paleoproterozóico no estado de Pernambuco



Fonte: Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Pernambuco, 2005.

O Complexo Salgadinho é composto por Hornblenda-Biotita Ortognaisses Migmatíticos de composição Sienogranítica a Granodiorítica e alguns termos Tonalíticos, com textura Equigranular, granulação média a grossa e coloração variando de cinza esbranquiçada a rósea. Podem ser desenvolvidos Leucossomas Graníticos, que podem seguir ou truncar a foliação. É comum a ocorrência de bandas de Metamáficas (Metagabros) com até 1 metro de largura (muitas vezes boudinados). Variam composicionalmente de Sienitos a Granodioritos e alguns termos Tonalíticos. São constituídos por microclina (5-42%), plagioclásio (27-57%), quartzo (13-30%), anfibólio (8-12%), biotita (3-15%), além de titanita, zircão, epidoto, allanita, apatita e magnetita como minerais acessórios. Magnetita é abundante tanto na Matriz como nos Leucossomas.

Observa-se uma variada migmatização, tendo sido afetado, por pelo menos dois episódios tectonometamórfico. Está localizado na parte central da folha Santa Cruz do Capibaribe (sb.24-z-d-vi) nos estados da Paraíba e Pernambuco inseridas no contexto geodinâmico na porção leste da do domínio da zona transversal, situado entre as zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco, Província Borborema, Nordeste do Brasil. Ortognaisses presentes na área são bastante semelhantes na petrográfica, texturalmente e quimicamente com gnaisses de idade paleoproterozóica presentes no embasamento do domínio central da Província Borborema (SANTOS, 1995; BRITO NEVES *et al.*, 2001; NEVES *et al.*, 2006).

O Complexo Belém do São Francisco (SANTOS, 1995, 2000) é formado por ortognaisses e migmatitos com restos de supracrustais. Predominam metaleucogranitos róseos e migmatitos que englobam restos de ortognaisses tonalíticos-granodioríticos e supracrustais do Complexo Cabrobó. Os migmatitos possuem estrutura do tipo schlieren, nebulítica e raft, sugerindo anatexia in situ (SANTOS, 2000). Sua área tipo localiza-se entre as cidades de Belém do São Francisco e Floresta, região onde Lima *et al.* (1985) obtiveram uma isócrona rbsr (rocha total) de 1.070ma. Algumas áreas desse Complexo, situadas entre bom conselho e Terezinha, podem estar englobando fatias/fragmentos paleoproterozóicos e/ou arqueanos que não foram cartografadas.

O Complexo Vertentes (SANTOS, 2000) corresponde a uma seqüência metavulcanosedimentar constituída por metapelitos, metaturbiditos, paragnaisses, metavulcanoclásticas, metadacitos, metamáficas e meta-intermediárias, além de metaultramáficas e gnaisses anfibolíticos, sheets de granito fino (g) e quartzitos. Os termos paraderivados predominam na porção norte, entretanto, a maior incidência das rochas metavulcânicas é observada entre as localidades de Orobó e Umbuzeiro - pb.

Apesar da ausência de dados geocronológicos nesse complexo, uma idade mesoproterozóica é aqui atribuída, baseando-se em feições tectono /regionais, tendo em vista que a tectônica tangencial (cariris velhos) possa ter empurrado rochas “antigas” (Complexo Pão de Açúcar e Augen Gnaisses de Taquaritinga do Norte - PE), sobre rochas mais “jovens” (Complexo Vertentes). Entretanto, se confirmadas as relações estruturais sugeridas por Sá *et al.* (1997) na região de Taquaritinga do Norte (PE), onde tais autores referem-se a um fabric (prévio) presente em paragnaisses (complexo Vertentes?) E ortognaisses paleoproterozóicos (Complexo Pão de Açúcar), e ausente nos augen gnaisses mesoproterozóicos de Taquaritinga do Norte (PE), pode-se inferir uma idade paleoproterozóica para o Complexo Vertentes.

3.7 Hidrografia

O Município de Pombos encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. Seus principais tributários são os Rios Tapacurá, Duas

Barras e Ipojuca, além dos riachos: do Cortume, de São João Novo e dos Padres. Os principais corpos de acumulação são os açudes Jurui, Quatis e Capoeira. Os principais cursos d'água no Município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico.

O Município de Pombos está totalmente inserido no domínio Hidro Geológico Fissural. O domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o subdomínio rochas metamórficas constituído do Complexo Vertentes, Complexo Belém do São Francisco e do Complexo Salgadinho e o sub-domínio rochas ígneas da suite Calcicalina Itaporanga, Granitóides e da suite intrusiva Leucocrática Peraluminosa.

4 CARACTERÍSTICAS TAXÔNOMICAS

4.1 Solos aluviais (A)

Os solos Aluviais, com nova classificação de Neossolos Flúvicos, são solos formados a partir de fragmentos de rochas, que são transportados através dos ventos e águas em planícies úmidas, no qual, quando formados, exibem uma coloração amarelada, também conhecida de Loess.

Solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre camada ou horizonte C e que apresentam caráter flúvico dentro de 150 cm a partir da superfície do solo. Admitem um horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura. Ausência de gleização expressiva dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

Quando encontrados em regiões semiáridas, são identificadas como solo infértil, porém em regiões com vegetação se torna um solo fértil. Apesar de não ser muito utilizado, o solo Aluvial tem potencial agrícola.

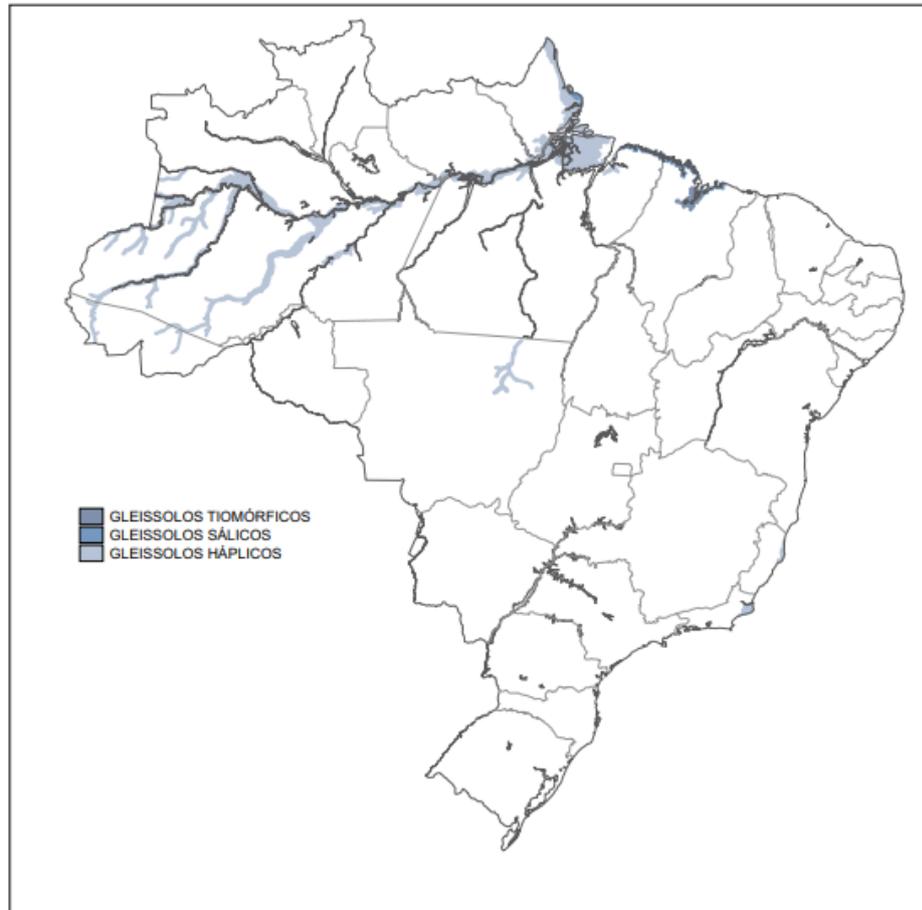
4.2 Gleissolos (G)

De acordo com a EMBRAPA, 2018, Gleissolos constituem material mineral com horizonte Glei tendo início nos primeiros 50cm do início da superfície da terra e todo fim numa profundidade de 150cm, desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam posições para vertissolos ou textura unicamente de areia ou areia franca. Horizonte plânico, horizonte plíntico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplíntico, se presentes, devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo.

A classe de Gleissolos são característicos de locais alagados ou de fácil alagamento, podendo ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso. Ainda é possível distinguir por sua

tonalidade, podendo ser esverdeadas, acinzentadas ou azuladas dentro de 50cm da superfície. São presentes em basicamente todas as regiões do Brasil, conforme é representado na figura 11.

Figura 11 - Principais ocorrências dos Gleissolos



Fonte: Adaptado de Atlas nacional do Brasil; 2000.

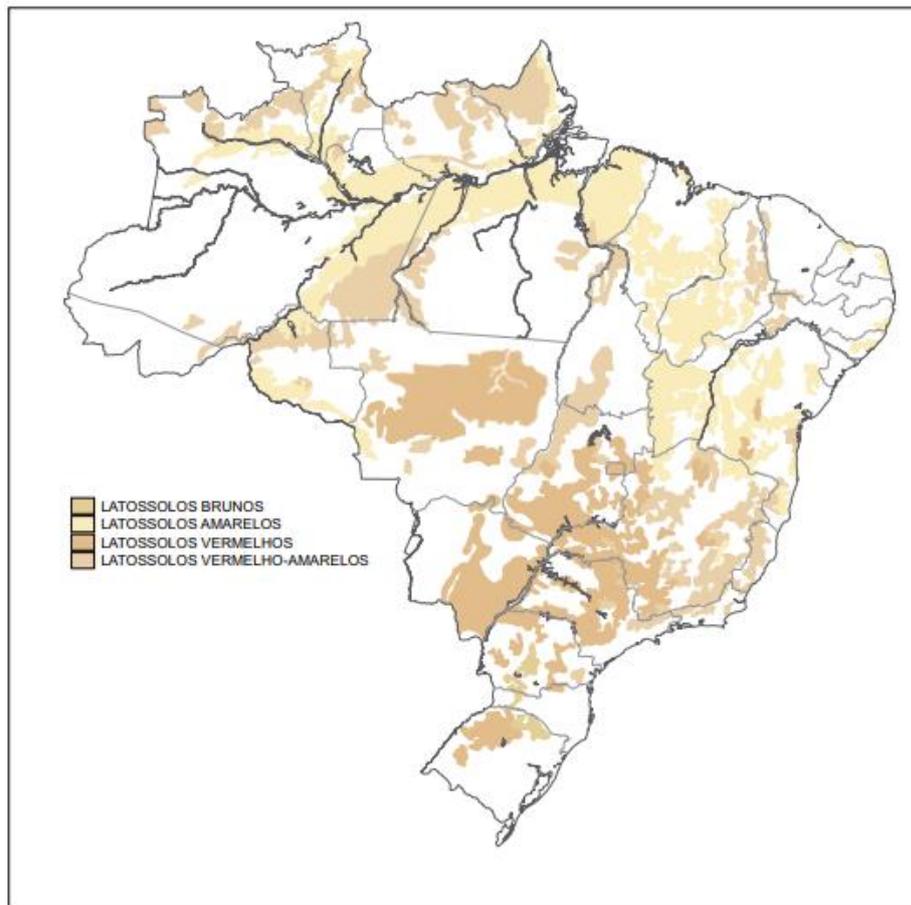
4.3 Latossolos amarelos e vermelho-amarelos (LA)

Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2018). Os Latossolos são temperizados, profundos e possuem boa drenagem. Se caracterizam por sua uniformidade ao longo do perfil mineralogia da fração argila predominantemente caulinítica ou caulinítica-oxídica, que

se reflete em valores de relação Ki baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização.

Os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos como o próprio nome já dizem, possui a tonalidade amarelada e Vermelho-amareladas consecutivamente, são solos profundos, de baixa fertilidade em sua maioria e boa drenagem. OS Latossolos Amarelos são utilizados para plantação de lavouras, ocupam o Baixo e Médio Amazonas e Zonas Úmidas Costeiras conforme Figura 12. Os Latossolos Vermelho-Amarelos apresentam textura argilosa no qual é explorado para lavouras e pastagens, ocupam todo o território brasileiro, sendo pouco presente nos estados nordestinos e no Rio Grande do Sul conforme figura 12.

Figura 12 - Principais ocorrências dos Latossolos



Fonte: Adaptado de Atlas nacional do Brasil, 2000.

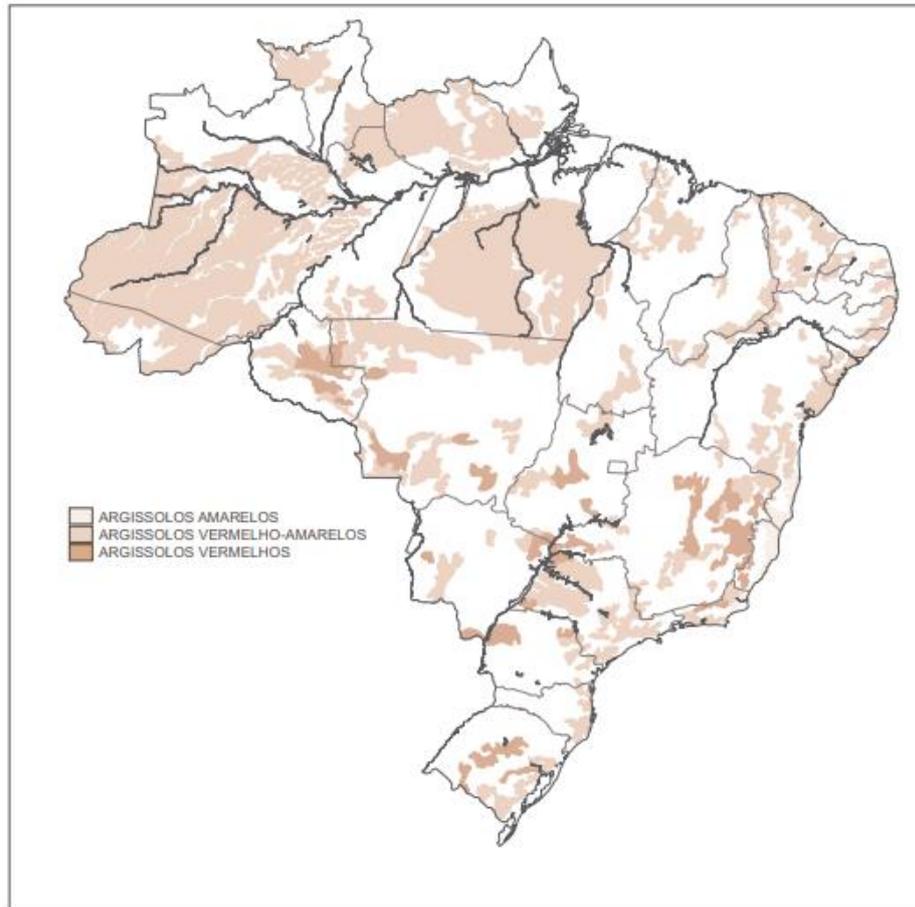
4.4 Argissolos amarelo e vermelho-amarelo (BA)

De acordo com a EMBRAPA, 2018, Argissolos amarelo e vermelho-amarelo são constituídos por material mineral, caracterizados pela presença do horizonte B textural (Bt) de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. O Horizonte B Textural se encontra abaixo de qualquer horizonte superficial exceto o hístico, desde que não apresente característica que se enquadrem nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Um ponto forte para esta argissolos amarelo e vermelho-amarelo é o aumento da quantidade de argila do Horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural. Segundo a EMBRAPA, 2018, a profundidade do Argissolos é variável, podem ser fortes a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. Chegam a ser fortemente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente caulíníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

A classe dos Argissolos estão presentes em todas as regiões do Brasil conforme é demonstrado na figura 13.

Figura 13 - Principais ocorrências dos Argissolos



Fonte: Adaptado de Atlas nacional do Brasil (2000).

4.5 Planossolos (PL)

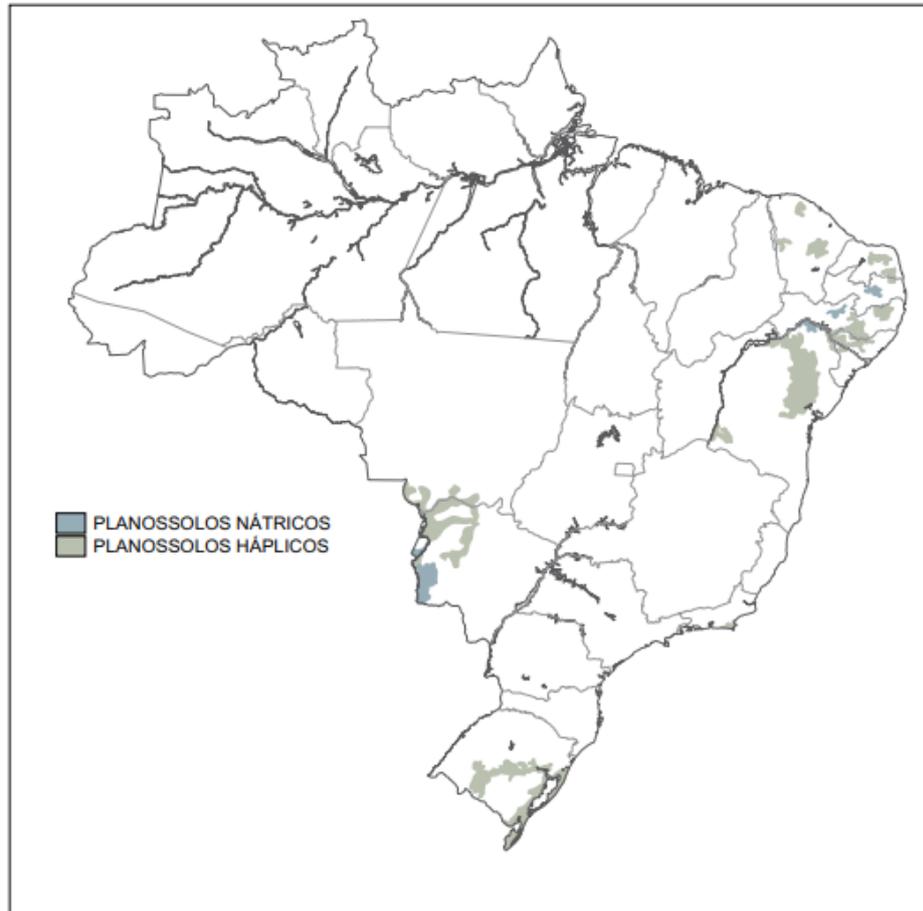
Planossolo compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso) e de existência periódica durante o ano (EMBRAPA, 2018).

A classe do Planossolo consiste em solos Minerais com um horizonte B textural, segundo a EMBRAPA, 2006, ele pode apresentar qualquer tipo de horizonte A, podendo ser seguido ou não de Horizonte E, Imediatamente acima de B Plânico tendo sequência de horizonte A, AB ou A, E (álbico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btn ou Btnng.

É possível distinguir os horizontes superficiais dos horizontes A ou E do horizonte subsuperficial B (Plânico) através da mudança textural inesperada. Apesar a textura ser uma característica forte para a diferenciação, outras características como estrutura, porosidade, permeabilidade e muitas vezes cores (caracterizando cores predominantemente pouco vivas, tendendo a acinzentadas ou escurecidas), são também bastante inconstantes entre o A e/ou E e o B. De acordo com a EMBRAPA, 2018, a estrutura do horizonte subsuperficial B apresentada é resistente e grande em blocos angulares, frequentemente com aspecto cúbico, prismático ou colunar, pelo menos na parte superior do horizonte mencionado. Geralmente apresenta consistência dura a extremamente dura quando seco.

Solos da classe do Planossolo podem ou não ter horizontes cálcico, condição carbonático, duripã, propriedade sódica, solódica, condição salino ou sálico. Podem apresentar plintita, desde que não se enquadrem na classe do Plintossolos. Tais solos tem mais frequência em áreas de relevo plano ou pouco ondulado onde ocorrem anualmente precipitações fortes de água, embora a região tenha um período longo de estiagem e apresente clima semiárido. Esse solo tem grande ocorrência no Nordeste brasileiro como é demonstrado na figura 14.

Figura 14 - Principais ocorrências dos Planossolos



Fonte: Adaptado de Atlas nacional do Brasil; 2000.

4.6 Solos litólicos (R)

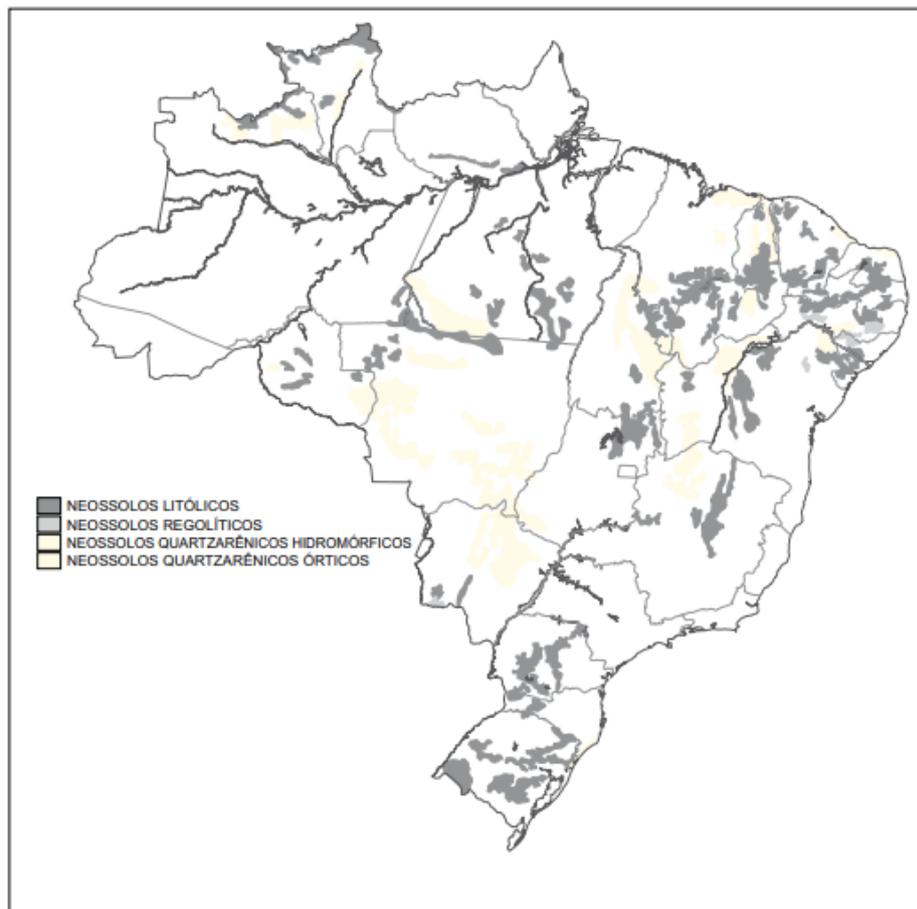
Os solos litólicos pertencem a classe dos Neossolos. Se caracterizam por espessura de menos de 20 cm, não apresentando nenhum Horizonte B diagnóstico. Ficam localizados na região Semiárida, com maior incidência em afloramentos rochosos, poucos desenvolvidos, sem a presença de água, apresentando horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C de pequena espessura.

Solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros (por exemplo, cascalheira de quartzo) com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões). Admitem um

horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018).

Esse tipo de solo é limitado por ser raso, ter um perfil composto de fragmentos de rochas e cascalhos, ser susceptível a erosão e serem encontrados na maioria das vezes em relevos acidentados. Na Figura 15 mostra a localização por todo território brasileiro.

Figura 15 - Principais ocorrências dos Neossolos



Fonte: Adaptado de Atlas nacional do Brasil, 2000.

5 METODOLOGIA

A primeira fase do trabalho consistiu no levantamento de dados geográficos do solo da cidade de Pombos-PE, disponibilizados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA) e o projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.

Inicialmente foi feito um levantamento de todas as unidades pedológicas no estado de Pernambuco, para que assim fossem possíveis identificar as características geotécnicas pertencentes a cidade de Pombos, e que assim fosse possível constatar a suscetibilidade do solo da cidade de Pombos e sua possível aplicação de acordo com o uso. Após todo o levantamento pedológico foi elaborado cartas no qual identificam a suscetibilidade do solo ser considerando problemático do ponto de vista geotécnico (expansão, erosão, solos moles, disperso e colapso).

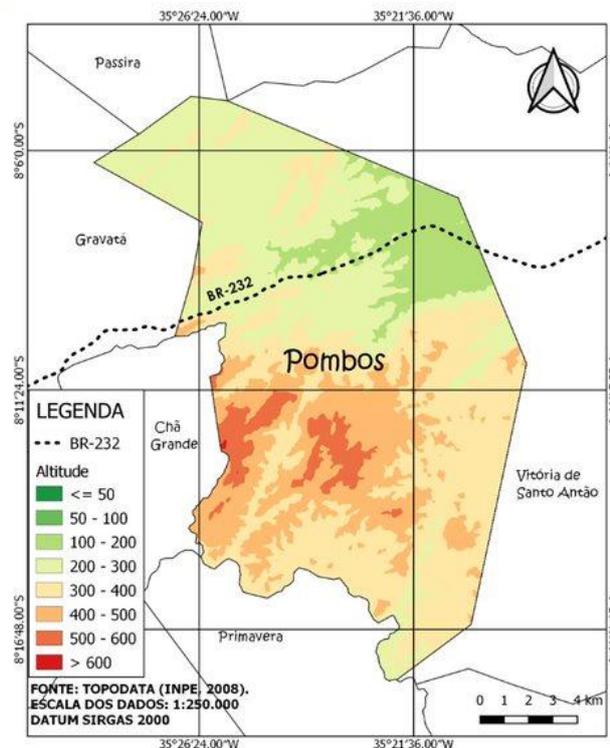
A classificação do grau de suscetibilidade dos solos problemáticos foi utilizada o nível baixo, médio e alto para melhor entendimento. Para cada unidade pedológica foi adotado o critério apresentado por Amorim (2004). A partir desses critérios, foi realizado um contraste as unidades pedológicas e as características dos problemas geotécnicos ou das aplicações, onde foi classificado a suscetibilidade do solo em relação a expansão, erosão, solos moles, dispersivos e colapsíveis. É importante ressaltar que as análises seguintes são de caráter qualitativa, as atribuições feitas não são sistemáticas. Contudo, para uma quase identificação de cada tipo de solo com os critérios geotécnicos do solo, tais critérios fossem relativos tanto a aplicação quanto a problemas geotécnico, foi associado alta suscetibilidade. Por outro lado, em caso de discordância entre os tipos de solos e as características geotécnicas do solo, foi associando baixa suscetibilidade. Todavia, em casos intermediários, foi associado média suscetibilidade.

Em áreas onde foi identificada um tipo de solo, foi associado o grau em função das características geotécnicas daquele solo, sendo relativo ao problema geotécnico. Onde havia dois tipos de solo, foi adotado o critério utilizado por Amorim (2004), que prescreve que a suscetibilidade final relativa a um tipo de solo composto deveria ser a mais desfavorável em relação a áreas que foram identificadas com apenas um tipo de solo.

A partir dos aspectos pedológicos foram elaboradas as cartas de suscetibilidade. Tais informações foram inseridas em um sistema de informação Geográfica (SIG), que possibilitou a execução de análises de dados georreferenciadas. Também foi realizado a criação de banco de dados, automatização de arquivos de cartografias e a informação adquirida após a aplicação. A elaboração foi feita a partir do programa QGIS versão 3.18.2, onde o software cria, edita e analisa informações geoespaciais em conjunto com informações não gráficas.

Foi feito o Download do mapa pedológico georreferenciado no banco de dados Do Topodata, Geomorfométricos do Brasil. Ele é todo estruturado em quadrículas com articulação 1:250.000. A carta referente ao município de Pombos-PE foi georreferenciada pelo Datum SIRGAS 2000. Na figura 16 é apresentado o mapa pedológico que serviu de base para a execução das cartas de suscetibilidade.

Figura 16 - Pedologia da cidade de Pombos



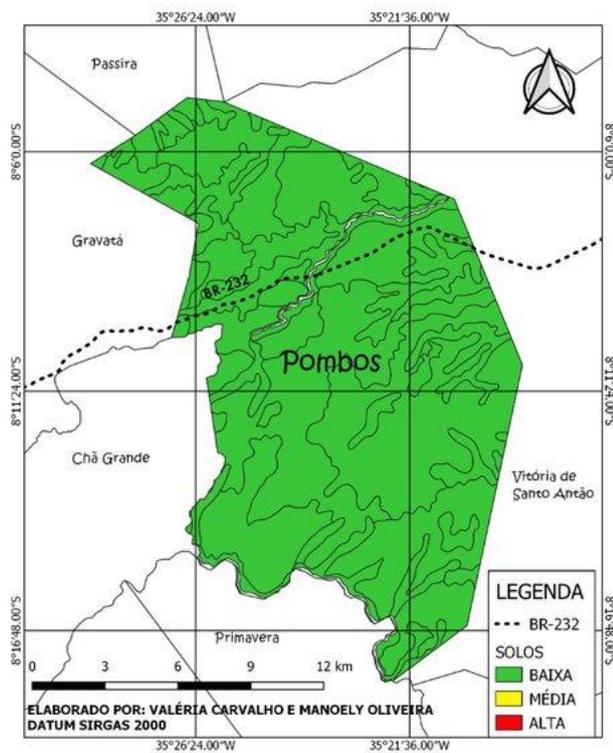
Fonte: Autora, 2021

6 RESULTADOS

6.1 Solos expansivos

Em relação a expansão, o solo de Pombos foi considera de baixa suscetibilidade em todo o território (cerca de 239,876 km²), contudo não havendo a ocorrência de média ou alta suscetibilidade a expansão. Apresenta-se na Figura 17 o mapa de suscetibilidade a expansão dos solos da cidade de Pombos-PE.

Figura 17 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a expansão

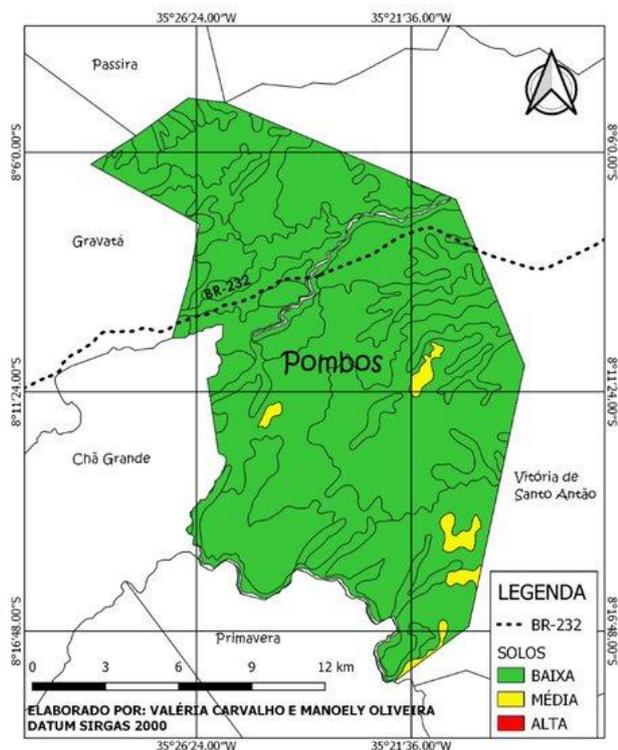


Fonte: Autora, 2021

6.2 Solos colapsíveis

Em relação a colapso, 1,43% dos solos do município de Pombos-PE, foram classificados como média suscetibilidade, o que corresponde cerca de 3,430km², 98,57% dos solos são de baixa suscetibilidade, de modo que abrange 236,446km². Por fim não houve solos com classificados com alta suscetibilidade ao colapso. Apresenta-se na figura 18 a carta de suscetibilidade à colapsividade do município de Pombos-PE.

Figura18 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a Colapsividade



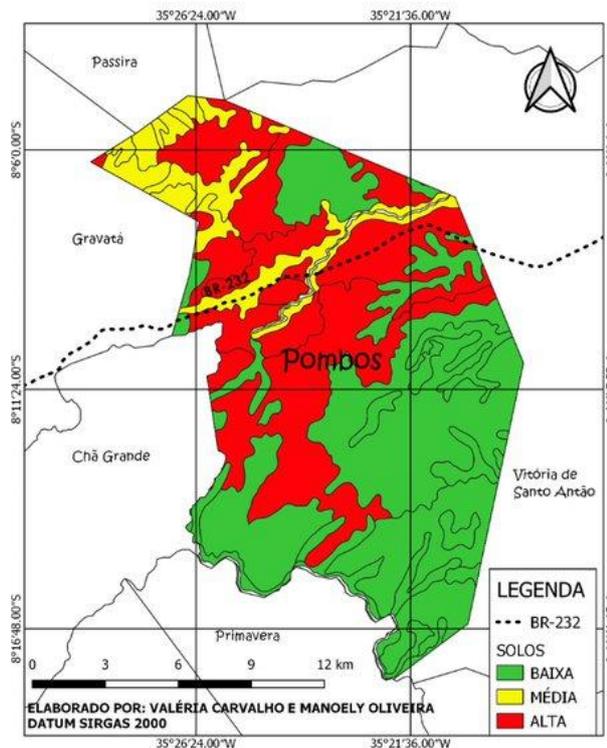
Fonte: Autora, 2021

6.3 Solos dispersivos

Em relação a dispersividade 22,09%, dos solos do município de Pombos-PE, foram classificados como alta suscetibilidade, o que corresponde cerca de 52,988km², 17,99% são considerados de média suscetibilidade de modo que abrange cerca de 43,153km², e 59,92% foram classificados como baixa suscetibilidade, no qual

corresponde cerca de 143,733 km². Apresenta-se na figura 19 a carta de suscetibilidade à dispersividade do município de Pombos-PE.

Figura 19 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a dispersividades

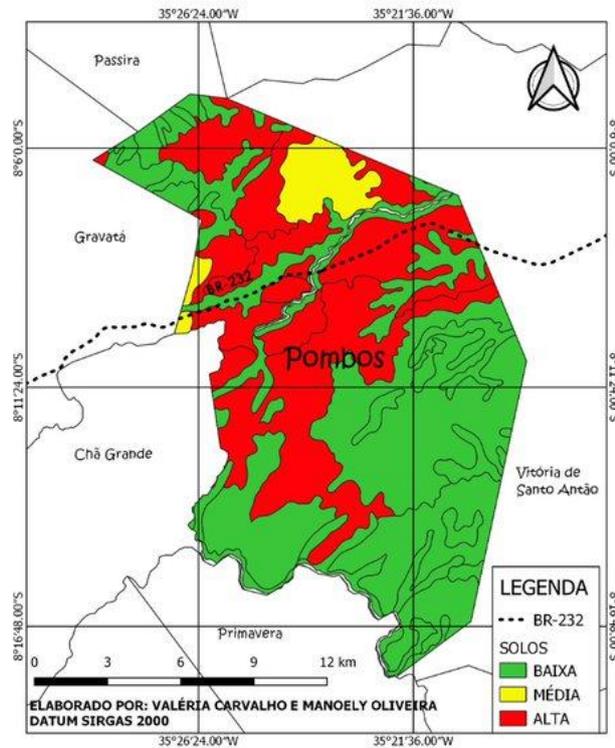


Fonte: Autora, 2021

6.4 Solos erosivos

Em relação a Erosividade 22,09%, dos solos do município de Pombos-PE, foram classificados como alta suscetibilidade, o que corresponde cerca de 52,988km², 7,13% são considerados de média suscetibilidade de modo que abrange cerca de 17,103km², e 70,78% foram classificados como baixa suscetibilidade, no qual corresponde cerca de 169,784 km². Apresenta-se na figura 20 a carta de suscetibilidade à Erosividade do município de Pombos-PE.

Figura 20 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a Erosão

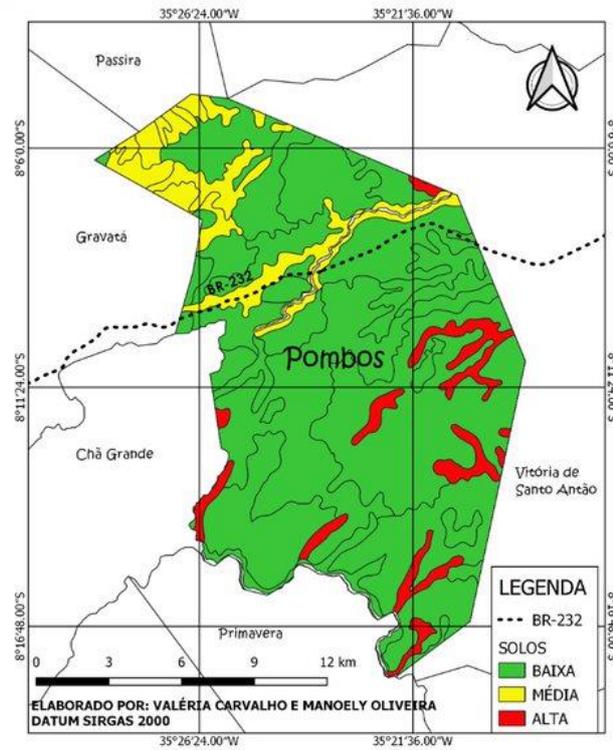


Fonte: Autora, 2021

6.5 Solos Moles

Em relação a solos moles 10,49%, dos solos do município de Pombos-PE, foram classificados como alta suscetibilidade, o que corresponde cerca de 25,162km², 17,99% são considerados de média suscetibilidade de modo que abrange cerca de 43,153km², e 71,52% foram classificados como baixa suscetibilidade, no qual corresponde cerca de 171,559 km². Apresenta-se na figura 21 a carta de suscetibilidade a solos moles do município de Pombos-PE.

Figura 21 - Mapa Pedológico da cidade de Pombos-PE quanto a suscetibilidade a solos moles



Fonte: Autora, 2021

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O seguimento das etapas efetuadas no presente estudo foi o suficiente para a elaboração de cartas de suscetibilidade, podendo ser aplicado tanto em obras na engenharia civil, quanto aos problemas geotécnicos considerados. As cartas foram elaboradas por meio de software específico para ambiente de sistema de informação Geográfica (SIG), onde mostram-se importantes para estudos preliminares e pré-projetos, para os que necessitem o levantamento de áreas suscetíveis a problemas geotécnicos.

A escolha da carta de suscetibilidade na escala de 1:25.000 com a melhor representação gráfica para compreensão de problemas geotécnicos da área estudada se deve à falta de bases mínimas de informações em escalas maiores o que impede o maior detalhamento. Dessa forma, o objetivo dessas cartas é disponibilizar informações dos problemas geotécnicos encontrados no solo da região, precipitando cuidados para o uso dele.

Contudo os resultados obtidos, nesse estudo demonstraram que é possível mapear de forma eficaz, com poucos recursos e temas a suscetibilidade dos solos relativos a problemas geotécnicos utilizando o Software QGIS v. 3.18.2. O grande benefício do programa de geoprocessamento está na capacidade e facilidade de armazenamento de dados, a forma de trabalhar com dados espaciais, atualização de dados, e na precisão quanto aos resultados obtidos.

Outra análise importante focada em dar mais precisão a leitura das cartas foi os critérios de Amorim (2004), foi possível deixar as informações com mais clareza quanto ao grau de suscetibilidade de problemas geotécnicos no Município de Pombos-PE, classificando em baixa, média e alta.

Vale ressaltar que o estudo de áreas suscetíveis a problemas geotécnicos não um estudo exato, mas um estudo baseado em interpretações de dados, onde a qualidade desses dados é um fator muito importante. Nesse caso o mapeamento de campo baseado em análises geotécnicas enfatiza os dados recolhidos do estudo, mitigando os erros.

A metodologia empregada neste estudo de áreas suscetíveis a problemas geotécnicos pode ser considerada uma importante ferramenta de utilização do solo podendo ser adaptada para outros municípios. Vale lembrar que cada município

possui características pedológicas individuais, em função disso deve se atentar e enquadrar tais características.

REFERÊNCIAS

- ATAÍDE S. F. de. **Análise do comportamento de variação de volume devido à inundação de um solo expansivo quando misturado com areia.** Orientador: Silvio Romero de Melo Ferreira. 2017. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2017. Disponível em: DISSERTAÇÃO Stive Osca Falcão de Ataíde.pdf (ufpe.br). Acesso em: 13 de abr. 2021.
- BARBOSA, I. M.; SILVA, J. R. G. da. **Estudo de caso de colapso em solos tropicais - para um ponto na região norte de Anápolis.** Orientador: Rodolfo Rodrigues de Souza Borges. 2018. 92 f.. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, UNIEVANGÉLICA, Anápolis-GO, 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/89>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.
- BELTRÃO, B. A. *et al.* **Projeto cadastro de fontes de abastecimentos por água subterrânea no estado de Pernambuco;** Diagnóstico do município de Pombos. Recife, PE: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005.
- BRITO, A. de O.. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle Ambiental no Distrito Federal.** Orientador: Ildeu Soares Martins. 2012. 78 f. Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2012. Disponível em: Repositório Institucional da UnB: Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal. Acesso em: 14 de abr. de 2021.
- BRIZOLARI, G. H. S.; FLORIAN, F.; MORONI, I. E.. **Solos colapsíveis: estudos de três casos por meio de sondagem a percussão no município de Araraquara-SP.** Engenharia Civil, v. 01, 20 nov 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/solos-colapsiveis-estudos-de-tres-casos-por-meio-de-sondagem-percussao-no-municipio-de>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.
- CAMPOS, F. O. R.; *et al.* **Erosividade da chuva e erodibilidade no solo no agreste de Pernambuco. Embrapa Informação Tecnológica.** Pernambuco. 1992. Disponível em: Erosividade da Chuva e Erodibilidade do Solo no Agreste de Pernambuco. - Portal Embrapa. Acesso em: 14 de abr. de 2021.
- CIDADE BRASIL– **Município de Pombos.** Disponível em: Pombos - Informações sobre o município e a prefeitura (cidade-brasil.com.br). 2021. Acesso em: 13 de fev. de 2021.
- DIAS, R. D.; SANTOS, G. T., **Importância do uso da pedologia no ensino da Mecânica dos solos brasileiros.** DOCPLAYER, Disponível em: <http://docplayer.com.br/77563320-Importancia-do-uso-da-pedologia-no-ensino-da-mecanica-dos-solos-brasileiros.html>. Acesso em: 13 de fev. de 2021.

EIRAS, C. G. S.. **Mapeamento de Suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos-SP**. Orientador: Oswaldo Augusto Filho. 2017. 193 f.. Dissertação – Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2017. Disponível em:<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-01032018-095311/pt-br.php>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

EMBRAPA – **Clima**. Disponível em:<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 13 de fev. de 2021.

FERREIRA, J. A. da C. **Estudo de Caso de um Melhoramento de Solos Colapsíveis com Compactação**. Orientador: Raimundo Leidimar Bezerra. 2017. 68 f. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2017. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/18653>. Acesso em: 13 de abr. 2021.

FREITAS, M. C. de. **Avaliação de técnica de melhoria de solos colapsíveis por meio de colunas de solo laterítico compactado**. Orientador: Cristina de Hollanda Cavalcanti Tsuha. 2016. 201 f. Dissertação– Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2016.. Disponível em:<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-28112016-095823/pt-br.php>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

FREITAS, M. L. R. de A.. **Comportamento geomecânico de um solo colapsível de Petrolina-PE avaliado por meio de ensaios de campo e laboratório**. Orientador: Silvio Romero de Melo Ferreira. 2017. 145 f.. Tese – Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em:<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29807>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades e Estados. Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/pombos.html>. 2017. Acesso em: 13 de FEV. de 2021.

IBGE – **Manual técnico de Pedologia**. Disponível em:M_pedologia_01p_2007.indd (agrolink.com.br). 2ª edição, Rio de Janeiro, 2007. Acesso em: 13 de fev. de 2021.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidade@. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pombos/panorama>. 2017. Acesso em: 13 de fev. de 2021.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pedologia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia.html>. Acesso em: 13 de fev. de 2021.

JORGE, M. C. O; GUERRA, A.J.T.. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Editora Oficina de Textos,2013. MANUAL TÉCNICO DE

PEDOLOGIA – Rio de Janeiro - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - 2007.

MARTINS, C. G.. **Avaliação de um solo dispersivo estabilizado com vidro moído e cal de carbureto.** Orientador: Nilo César Consoli. 2019. 31 f.. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/205355>. Acesso em: 14 de abr. de 2021.

NETO, BARBOSA AUGUSTO, J. **Estudo de Misturas de Solo-Cimento para Utilização em Estaca.** Orientador: Jairo Furtado Nogueira. 2014. 71 f.. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, UniCEUB - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6395/1/20889942.pdf>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

NUNES, S. M. **Estudo de solos expansivos no município de Juazeiro/BA e na Região de Lapão/BA: identificação, determinação da expansibilidade linear e classificação geotécnica.** Orientador: Carmem S. M. Masutti. 2013. 85 f.. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Agrícola e Ambiental, Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro/BA. 2013. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/000002/000002AA.pdf>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

OLIVEIRA, G. X. de. **Modelagem numérica de provas de carga em placa em solo colapsível.** Orientador Osvaldo de Freitas Neto. 2018. 74 f.. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2018. Disponível em: <http://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/6753>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

PAIVA, S. C. **Estudo do comportamento geomecânico dos solos expansivos dos municípios de Cabrobó, Paulista e Ipojuca – PE e de suas misturas com cal.** Orientador: Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira. 2016. 191 f.. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/25101>. Acesso em: 13 de abr. de 2021.

SOARES, J. M. D.; PIRES, G. M.; CONTERATO, T. M. **Solos Expansivos: Estudo de Caso em Santa Maria/RS.** VII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

SANTOS, H. G.dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª Edição. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

TOPODATA – **Banco de dados geomorfométricos do Brasil.** Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

WEATHER SPARK – **Condições meteorológicas médias de Pombos.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31323/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pombos-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 13 de fev. de 2021.