



Estimativa da Fertilidade Natural dos Solos do Município do Conde – PB Utilizando Geotecnologias

**Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva**

***Estimativa da
Fertilidade Natural
dos Solos do Município
do Conde-PB Utilizando
Geotecnologias***



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Es86 Estimativa da Fertilidade Natural dos Solos do Município do Conde-PB Utilizando Geotecnologias/Francisco et al.
— Campina Grande: EPTEC, 2024.

71 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-01-06777-3

1. Atributos químicos. 2. Complexo sortivo. 3. Fertilidade aparente. 4. Pedometria. 5. Distribuição espacial. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Sousa, José Hugo Simplicio de. III. Ribeiro, George do Nascimento. IV. Silva, José Nilton. V. Título.

CDU 63

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável. Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2024 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Nilton Silva (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva

Estimativa da Fertilidade Natural dos Solos do Município do Conde-PB Utilizando Geotecnologias



1.a Edição
Campina Grande-PB
2024

REALIZAÇÃO



APOIO



SUMÁRIO

Introdução	6
Fertilidade dos solos	8
Mapeamento digital dos solos	10
Pedometria	12
Modelagem	13
Geotecnologias	14
Geoestatística	16
Objetivos da Pesquisa	18
Caracterização da área de estudo	19
Material e Métodos	31
Base de dados	31
Estimativa dos parâmetros	32
Modelagem	33
Classificação do índice de fertilidade natural do solo	34
Tratamento estatístico	34
Resultados e Discussão	36
Conclusão	53
Referências Bibliográficas	54
Anexos	64
Curriculum dos Autores	69



INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda de produção de alimentos, da dependência econômica das nações em relação à atividade agrícola e da preocupação com a preservação dos recursos naturais, verifica-se a necessidade de se aumentar a produtividade por unidade de área, reduzir os custos de produção, minimizar os impactos ambientais e aumentar a rentabilidade do produtor rural. Desta forma, conhecer a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo é fundamental, principalmente, quando existe a possibilidade de otimização de recursos para a produção (FREGONEZI et al., 2014).

A fertilidade dos solos está relacionada com a disponibilidade de elementos químicos e com a sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, podendo ser natural ou associada à aplicação externa. A fertilidade combina uma série de propriedades dos solos, como as propriedades biológicas, químicas e físicas. A fertilidade do solo também é uma propriedade gerenciável do solo e seu manejo é de extrema importância para a otimização da nutrição de

culturas, tanto de curto prazo quanto de longo prazo, a fim de se atingir uma produção agrícola sustentável (BRUINSMA, 2003).

A ciência do solo tem gerado tecnologias que permitem o uso intensivo de solos para a agricultura, apesar de limitações de vários tipos e graus que possam apresentar (FERREIRA et al., 1990). Através do levantamento da fertilidade do solo pode-se determinar as correções necessárias antes da implantação das culturas, visando a exploração racional do solo (FERNANDES, 1991).

A produção agropecuária é influenciada, dentre outros fatores, pelos atributos do solo, os quais podem ser férteis ou se tornarem férteis através do manejo adequado. Para tanto é necessário conhecer e quantificar a variação das propriedades químicas, uma vez que os mesmos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constantes modificações (DALCHIAVON et al., 2011; MONTANARI et al., 2015).

As alterações dos atributos e dos processos do solo durante um longo período de tempo ocasionam a perda da função dos ecossistemas e a produtividade agrícola, gerando uma desordem de modo que a terra não se recupera rapidamente sem auxílio antrópico (PALM et al., 2007; BAI et al., 2008). Por meio dessa modificação de atributos e processos do solo, a sua deterioração prejudica o desenvolvimento sustentável de muitos dos serviços ecossistêmicos (PALM et al., 2007).



FERTILIDADE DOS SOLOS

A fertilidade dos solos está relacionada com a disponibilidade de elementos químicos e com a sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, podendo ser natural ou associada à aplicação externa. A fertilidade combina uma série de propriedades dos solos, como as propriedades biológicas, químicas e físicas. Todos esses fatores afetam direta ou indiretamente a dinâmica de nutrientes e sua disponibilidade. A fertilidade do solo também é uma propriedade gerenciável do solo e seu manejo é de extrema importância para a otimização da nutrição de culturas, tanto de curto prazo quanto de longo prazo, a fim de se atingir uma produção agrícola sustentável (BRUINSMA, 2003).

Tendo em vista que a qualidade do solo em seu amplo conceito se refere ao equilíbrio entre os condicionantes químicos, físicos e biológicos do solo, possibilitando crescimento adequado para as culturas e, conseqüentemente, a produtividade desejada, tem sido sugerida uma avaliação para identificar parâmetros do seu estado de conservação e/ou degradação (DORAN & ZEISS, 2000).

Alguns estudos têm sido desenvolvidos no sentido de avaliar o conjunto de indicadores químicos, físicos e biológicos que possibilitem ao pesquisador e ao agricultor entender o comportamento das culturas levando em consideração a qualidade do solo (DORAN, 1980; ADEJUWON & EKANADE, 1988; ISLAM & WEIL, 2000; SRINIVASARAO et al., 2012).

Dentre os indicadores químicos mais estudados encontram-se os teores de carbono orgânico e nitrogênio no solo (FRACETTO et al., 2012); fósforo orgânico (CHAER & TÓTOLA, 2007); pH, soma de bases, acidez potencial e trocável (CARDOSO et al., 2011).



MAPEAMENTO DIGITAL DOS SOLOS

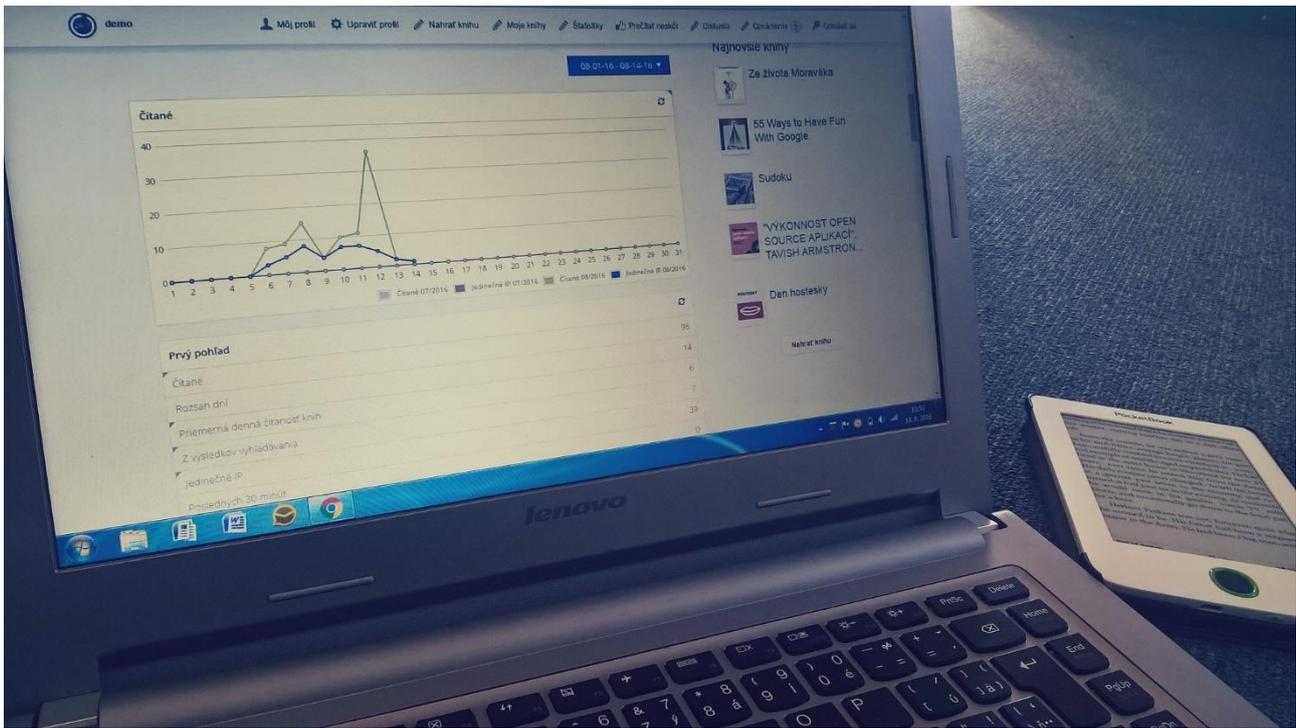
Os mapas são fundamentais porque representam tanto uma condição de uma área de interesse quanto a prescrição dos insumos necessários para gerenciar uma condição particular de determinada área (PIERCE & NOWAK, 1999). Portanto, de acordo com Turetta et al. (2013), a viabilidade do mapeamento da fertilidade dos solos por regiões em uma escala maior, pode realmente servir de subsídio às recomendações para a adubação das terras.

Na atualidade o Mapeamento Digital de Solos (MDS) está se difundindo nas ciências do solo (HENGL et al., 2006; LAGACHERIE, 2008; LAGACHERIE & MCBRATNEY, 2007; MCBRATNEY et al., 2003). Recentemente o MDS tem experimentado um rápido desenvolvimento de métodos novos e econômicos, devido, principalmente à crescente disponibilidade de mapas auxiliares. A significativa redução de custos em relação ao mapeamento convencional faz com que grandes áreas possam ser mapeadas com custos semelhantes aos de áreas menores e, ainda, facilitando o monitoramento mais frequente (DOBOS et al., 2000).

O MDS é baseado em métodos quantitativos e técnicas estatísticas, ao contrário das abordagens tradicionais de mapeamento, que enfatizam o uso do conhecimento empírico (HENGL, 2007). O MDS difere de metodologias convencionais de mapeamento de solos, pois é baseado em pixels, os quais podem ser visualizados em diferentes resoluções. Um modelo preditivo baseia-se na estimativa das propriedades do solo, a partir de sua probabilidade de ocorrência (ANDRADE & MENDONÇA-SANTOS, 2016).

Iniciativas relacionadas ao mapeamento dos atributos químicos dos solos foram conduzidas nos últimos anos por Moreira et al. (2005) na Amazônia, em Goiânia conforme demonstrado em Ferreira et al. (2009), Naumov et al. (2012), Prado et al. (2007, 2008a, 2008b) proporcionado pela maior disponibilidade de dados de fertilidade dos solos; e por Andrade (2010) e Andrade e Mendonça-Santos (2016) no Estado do Rio de Janeiro; no interior do Estado de São Paulo por Vettorato (2003).

De acordo com Lagacherie (2008), a variabilidade espacial e temporal dos nutrientes dos solos pode ser identificada e modelada por meio de métodos geoestatísticos ou de mapeamento digital de solos, e conforme Filippini Alba (2014), a modelagem via sistema de informações geográficas (SIG) possibilita a fusão dessas camadas de informações, ampliando a capacidade de interpretação dos dados e auxiliando na tomada de decisão para a gestão do sistema de produção.

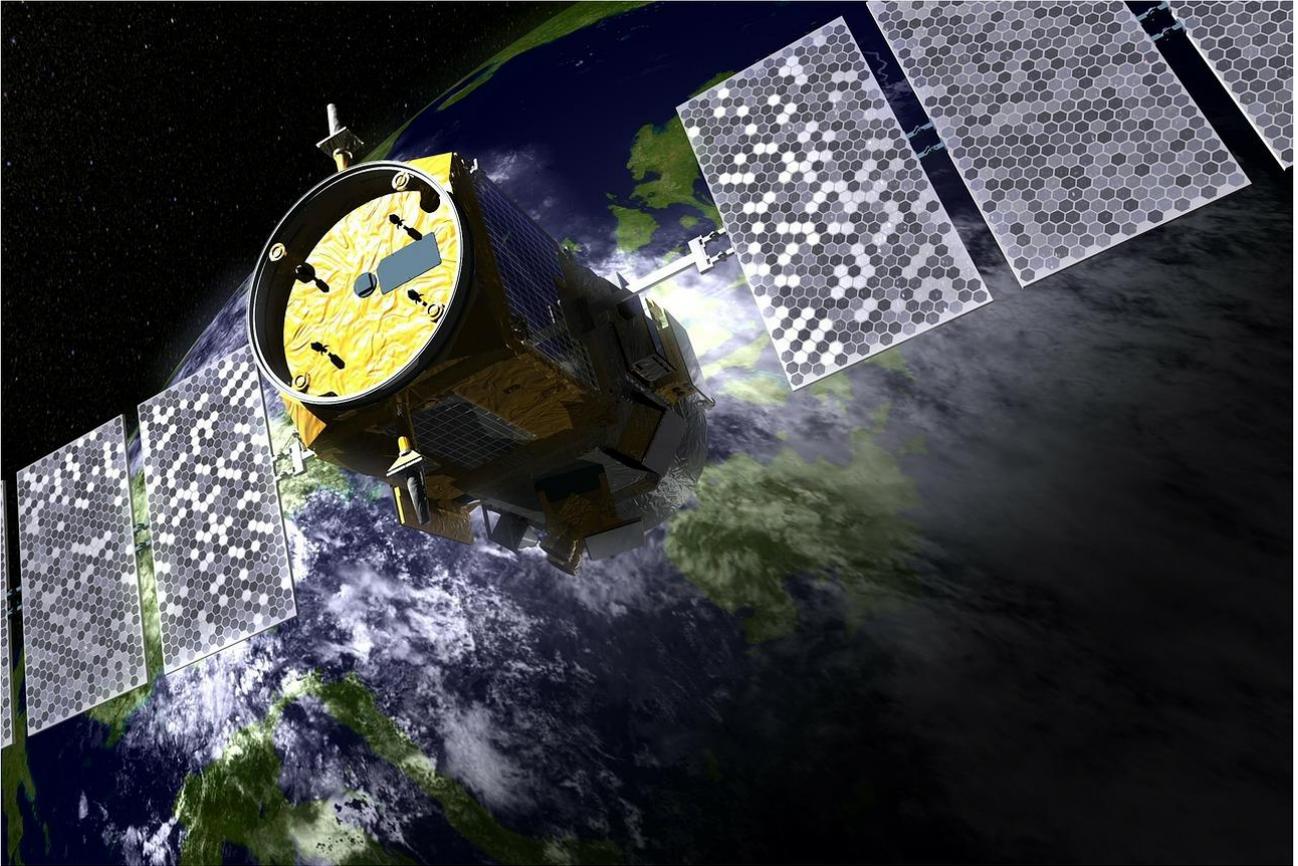


PEDOMETRIA

A Pedometria busca formular e resolver questões através de técnicas matemáticas e estatística estando esta área intimamente relacionada a pedologia (MINASNY et al., 2014).

Uma característica marcante do solo é a sua heterogeneidade. Assim, em uma paisagem natural, o solo apresenta uma ampla variação de propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, tanto horizontal como verticalmente, resultante da superposição dos diversos fatores de formação envolvidos (BECKETT & WEBSTER, 1971). O conhecimento dessa variação é importante para o levantamento e classificação de solos, para a avaliação de sua fertilidade, para o desenvolvimento de esquemas de amostragem mais adequados, para o planejamento experimental, bem como para as definições de práticas apropriadas de manejo e de recuperação (SOUZA, 1992).

Um foco importante da pedometria é a capacidade de mapear. Nesse contexto, entra o mapeamento digital, no qual modelos são aplicados na predição espacial de classes e propriedades do solo (CARVALHO JÚNIOR et al., 2020). Conforme McBratney et al. (2003) e Minasny e McBratney (2016), o mapeamento digital dos solos reúne técnicas quantitativas para predição espacial em mapeamento de solos.



GEOTECNOLOGIAS

Atualmente a geotecnologia destaca-se pela possibilidade de leitura e análise a partir da coleta de informações sobre as características das propriedades e seus recursos, e na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, a ferramenta tecnológica que mais cresce, está ligada ao geoprocessamento, com a utilização de um sistema de informação geográfica. Tendo em vista a importância da informação espacializada, os programas de SIG estão cada vez mais oferecendo uma maneira rápida para realizar trabalhos visando à gestão dos recursos naturais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão (GIANEZINI & SALDIAS, 2010; DUARTE & BARBOSA, 2009; SÁ et al., 2010; SÁ et al., 2012; FRANCISCO et al., 2012).

Na atualidade, com o desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto e da geoinformática, as ferramentas para a realização de inventários e diagnósticos ambientais são facilmente disponíveis e de baixo custo permitindo auxiliar com agilidade, o monitoramento e a gestão de amplos territórios (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008). Conforme Francisco et al.

(2012), a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais.



GEOESTATÍSTICA

A estatística descritiva compreende técnicas que se usam para resumir e descrever dados. A estatística descritiva, de acordo com Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários. Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas a utilizaram, como Lima et al. (2009) em variabilidade espacial da textura de solo e vegetação.

Neste sentido, as geotecnologias oferecem um vasto conjunto de ferramentas para subsidiar tomada de decisões sobre os diversos recursos naturais. Através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é possível conhecer a comportamento espacial de elementos, além de possibilitar a integração de diferentes informações entre si a partir da localização espacial (BARBOSA, 1997).

A aplicação de modelagem matemática e de geoprocessamento na análise de sistemas ambientais são recursos desenvolvidos a muitas décadas, enquadrando-se como procedimentos teóricos no uso de uma abordagem holística, por meio de avaliações

quantitativas e qualitativas. A compreensão sobre a interação entre modelagem e o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), parte da premissa de que os estudos das séries temporais e das análises espaciais devem acontecer conjuntamente (CHRISTOFOLETTI, 1999). Conforme Filippini Alba (2014), a modelagem via SIG possibilita a fusão dessas camadas de informações, ampliando a capacidade de interpretação dos dados e auxiliando na tomada de decisão para a gestão do sistema de produção.



OBJETIVOS DA PESQUISA

Este trabalho objetiva estimar e mapear a fertilidade dos solos do município do Conde-PB através de modelagem utilizando índice de fertilidade e técnicas de geoprocessamento.



CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Conde localiza-se na Região Metropolitana de João Pessoa, Estado da Paraíba. Sua área territorial é de 172,4 km² (IBGE, 2021). Situado no litoral sul do Estado, limita-se com os municípios de João Pessoa, Santa Rita, Alhandra e Pitimbu, e ao leste pelo Oceano Atlântico (Figura 1). Está localizado na região natural dos tabuleiros costeiros e de várzeas que são formados por solos, vegetação e tipo de clima característicos do litoral.

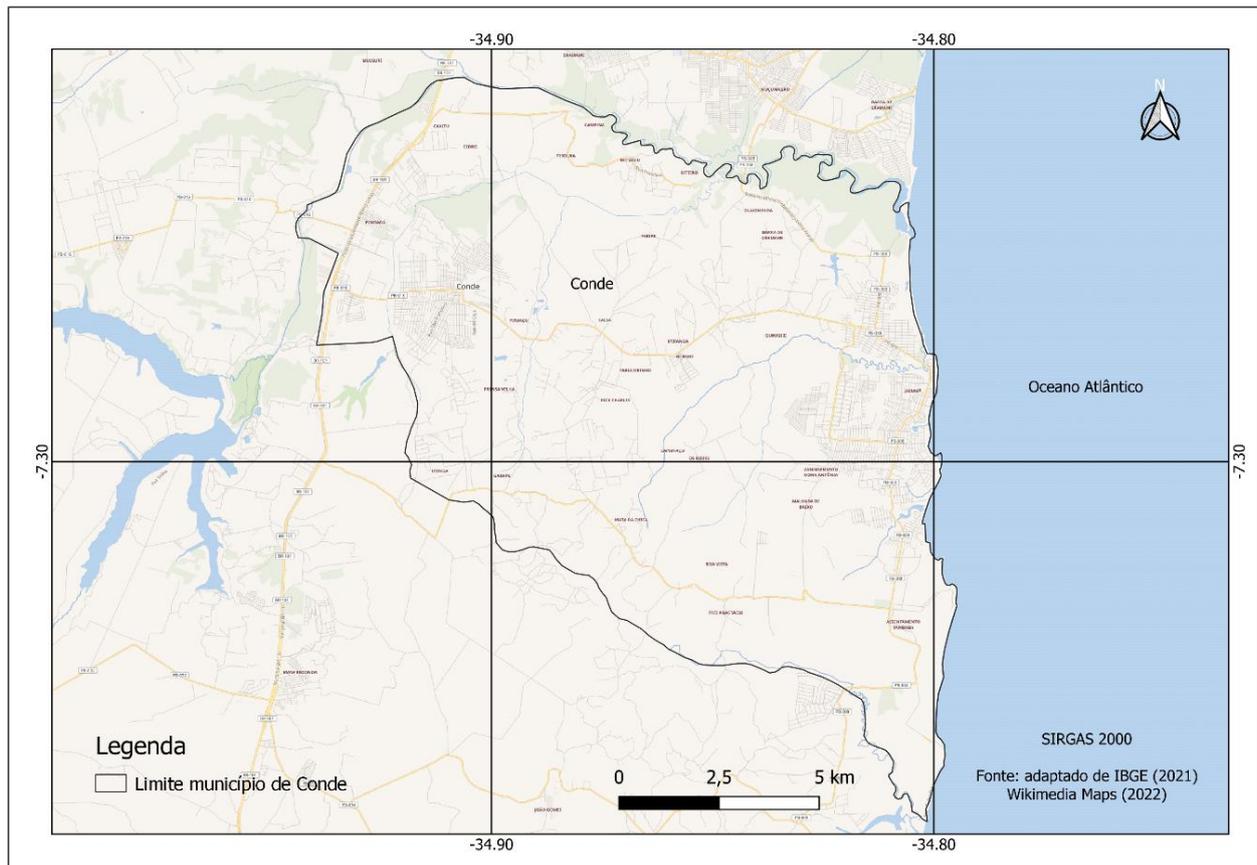


Figura 1. Localização do município de Conde-PB.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); Wikimedia Maps (2022).

A pluviosidade que ocorre na área de estudo varia de 1.700 a 1.900mm (Figura 2) sendo considerada a região como a maior precipitação no Estado. Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste. A temperatura média anual é de 26°C (Figura 3). O município apresenta ao norte o tipo de clima segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno, e ao centro-sul o tipo de clima Am, característico de região monçônica, por se tratar de um clima relacionado à regiões de alto volume anual de precipitação (Figura 4) (FRANCISCO & SANTOS, 2017).

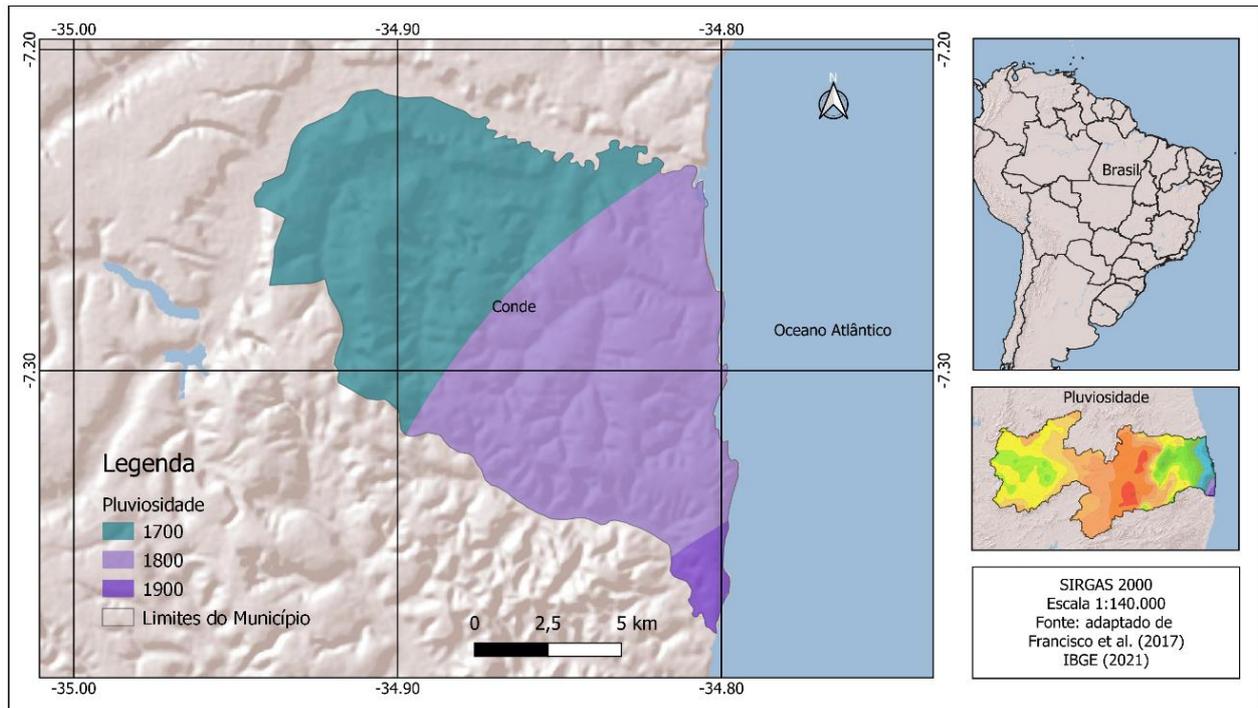


Figura 2. Pluviosidade do município de Conde.
Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2017); IBGE (2021).

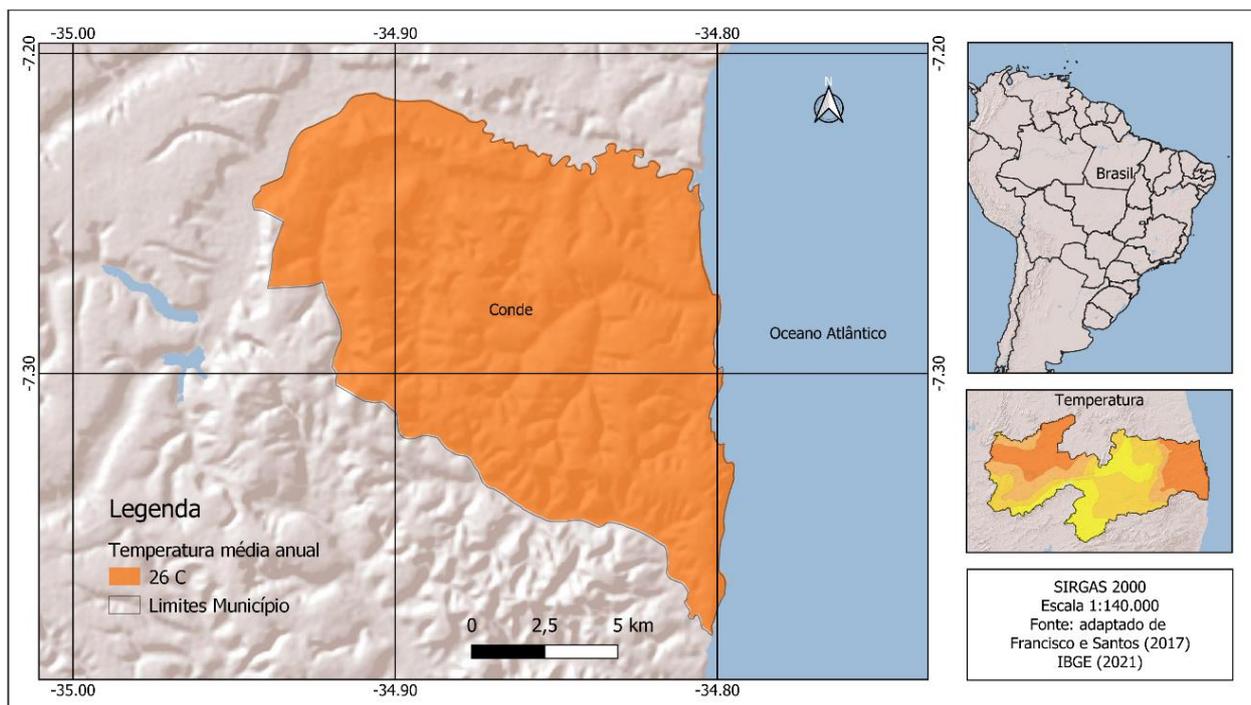


Figura 3. Temperatura média anual do município de Conde.
Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2017); IBGE (2021).

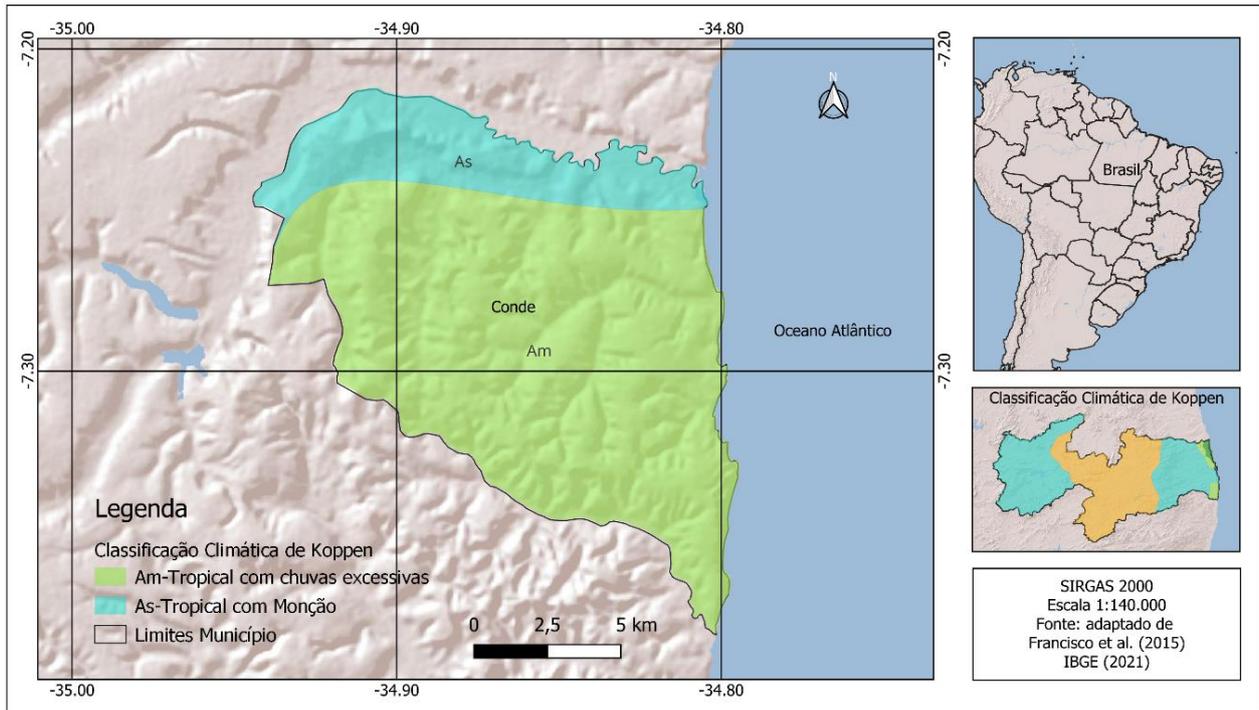


Figura 4. Classificação Climática de Köppen do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); Francisco et al. (2015).

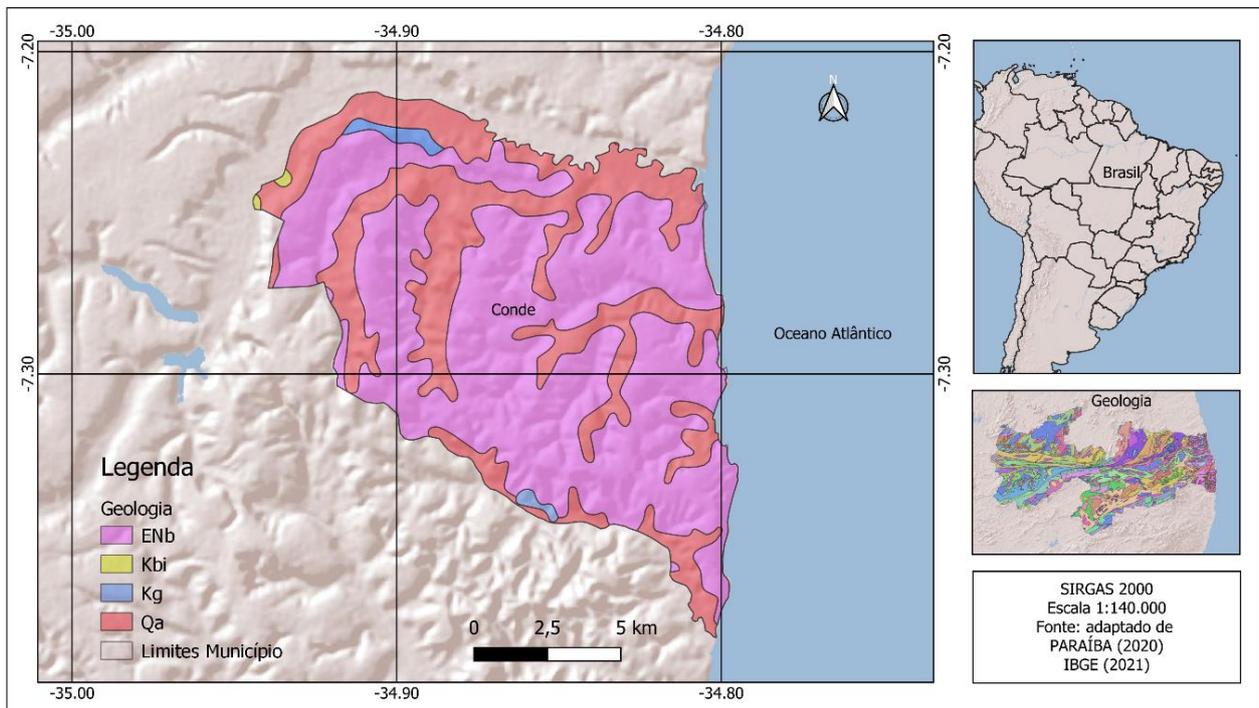


Figura 5. Geologia do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006).

Quanto aos aspectos geológicos da área (Figura 5), pode-se destacar a Bacia Sedimentar Marginal da Paraíba, que é preenchida por sedimentos de fácies continentais e marinhas, reunidas sob a denominação de Grupo Paraíba, que, por sua vez, é subdividido em três formações: Beberibe, Gramame e Maria Farinha (CPRM, 2002).

A Formação Gramame, composta por calcários do Cretáceo, aflora, principalmente, no vale do rio Graú, e a Formação Maria Farinha, composta por calcários do Paleoceno aflora, de forma bastante descontínua, na linha de costa, influenciado de maneira conspícua toda a configuração desta. Capeando o Grupo Paraíba e compondo a maior parte da superfície do Conde está a Formação Barreiras, formada por sedimentos arenoargilosos do Mioceno. Nas planícies e terraços costeiros são encontrados sedimentos inconsolidados do Quaternário (BARBOSA et al., 2019).

O relevo está formado sobre um capeamento sedimentar, integrante da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba, com camada superficial pertencendo ao Grupo da Formação Barreiras onde, para o Oeste da região pode-se encontrar rochas do embasamento cristalino. Geomorfologicamente essa região se encontra nos compartimentos dos Baixos Planaltos Costeiros ou Tabuleiros, com uma superfície plana, e às vezes ondulado com inclinação suave para litoral até encontrar-se com a Planície Costeira (VASCONCELOS, 2007).

O município do Conde está inserido nos Baixos Planaltos Costeiros. Esta unidade morfológica está presente em praticamente todo o litoral da região Nordeste e apresenta altitude média entre 50 a 100 m. Compreende platôs de origem sedimentar que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora com vales abertos, encostas suaves e fundos com amplas planícies fluviais e estuarinas (CPRM, 2005).

No município do Conde, os Baixos Planaltos Costeiros apresentam-se mais dissecados, com uma densidade de drenagem mais elevada e feições de caráter tectônico-estrutural como o Alto de Coqueirinho (FURRIER et al., 2006). No município, o relevo apresenta, por vezes, superfícies planas e também superfícies ligeiramente onduladas, formando, assim, um conjunto de formas de relevo tabulares e semiconvexas. A planície litorânea é bastante estreita, sendo confinada pelas falésias ativas e inativas da Formação Barreiras (BARBOSA et al., 2019).

A área de estudo localiza-se na região geográfica do litoral paraibano na porção sudeste da mesorregião da Mata paraibana compreendida pelo compartimento geomorfológico denominado de Baixo Planalto Costeiro e de Planícies Aluviais (CARVALHO, 1982) (Figura 6).

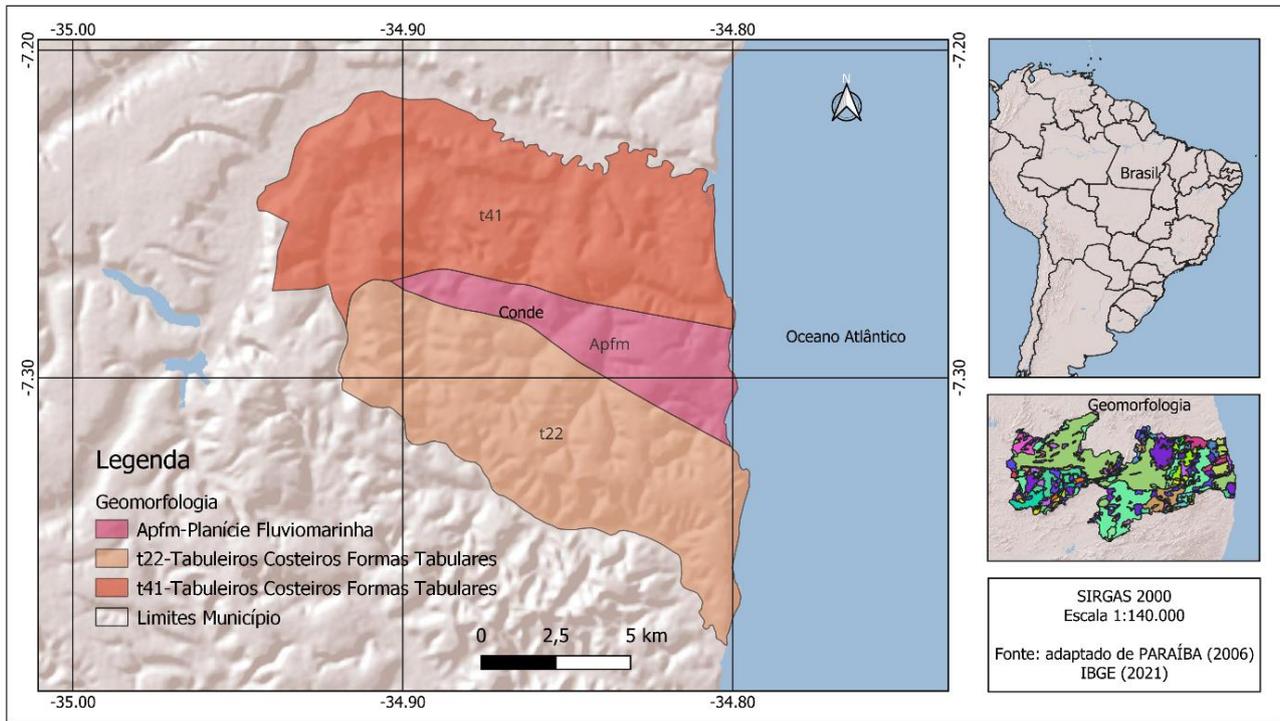


Figura 6. Geomorfologia do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006).

As áreas de várzeas estão representadas por faixas de planícies, terraços e áreas de inundação periódica que estão estabelecidas ao longo do rio Salsa seus afluentes e o rio Gurugi, esse conjunto de drenagem compõe a unidade várzea e terraços aluviais. Esses ambientes são constituídos por sedimentos areno-argilosos e datadas do Quaternário. Estas planícies, comumente conhecidas como várzeas, são formadas de depósitos provenientes da sedimentação fluvial cujo poder de deposição está na dependência da competência dos rios acima do seu baixo curso (NEVES, 1993).

Os Baixos Planaltos Costeiros ou Baixos Platôs Costeiros (Tabuleiros) apresenta-se como uma ampla superfície suavemente ondulada acompanhando a direção da faixa costeira e sub-costeira por um conjunto de baixos Planaltos sedimentares. Os Baixos Planaltos Costeiros constituem os restos de uma superfície de aplainamento mais antiga da área – Pós-Barreiras. O material de cobertura varia de arenoso a areno-argiloso, localmente concrecionário – canga escoriácea. Ela se inclina a grosso modo de oeste-leste, sendo relativamente planos, tabulares e suas bordas são bastante dissecadas por uma rede de sulcos, ravinas e por vales muito encaixados, o que lhe confere um aspecto festonado (NEVES, 1993).

Os vales que entalham o Baixo Planalto Costeiro são amplos e de fundo chato, com desenvolvimento de terraços. Não são raros os movimentos de massa nas vertentes dos vales

que entalham esse Baixo Planalto, o que permite a ocorrência de desmoronamentos e rastejamentos (CARVALHO, 1982).

A altitude varia de 0-100 m nas várzeas e de 50-150 m nos tabuleiros (Figura 7) (FRANCISCO et al., 2012). A declividade do município (Figura 8) se apresenta na sua maioria em áreas de classe nula à média totalizando 86,37% do total, portanto sendo favorável desde a produção agropecuária até obras de construção civil. Conforme Francisco (2010), a declividade do terreno é um parâmetro importante para a avaliação das terras tendo em vista a mecanização agrícola, uma vez que guarda uma relação direta com a estabilidade da máquina no terreno; além de que, é um atributo da terra, facilmente identificado e determinado. Ainda Francisco (2010) afirma que, a distribuição das áreas mais planas do Estado, está associada, predominantemente, na Planície Costeira, na região do Litoral, aos solos Argissolos, Latossolos e Neossolo Quartzarênico, originados dos Sedimentos Barreiras, e aos Neossolos Flúvicos, que formam as várzeas dos rios litorâneos.

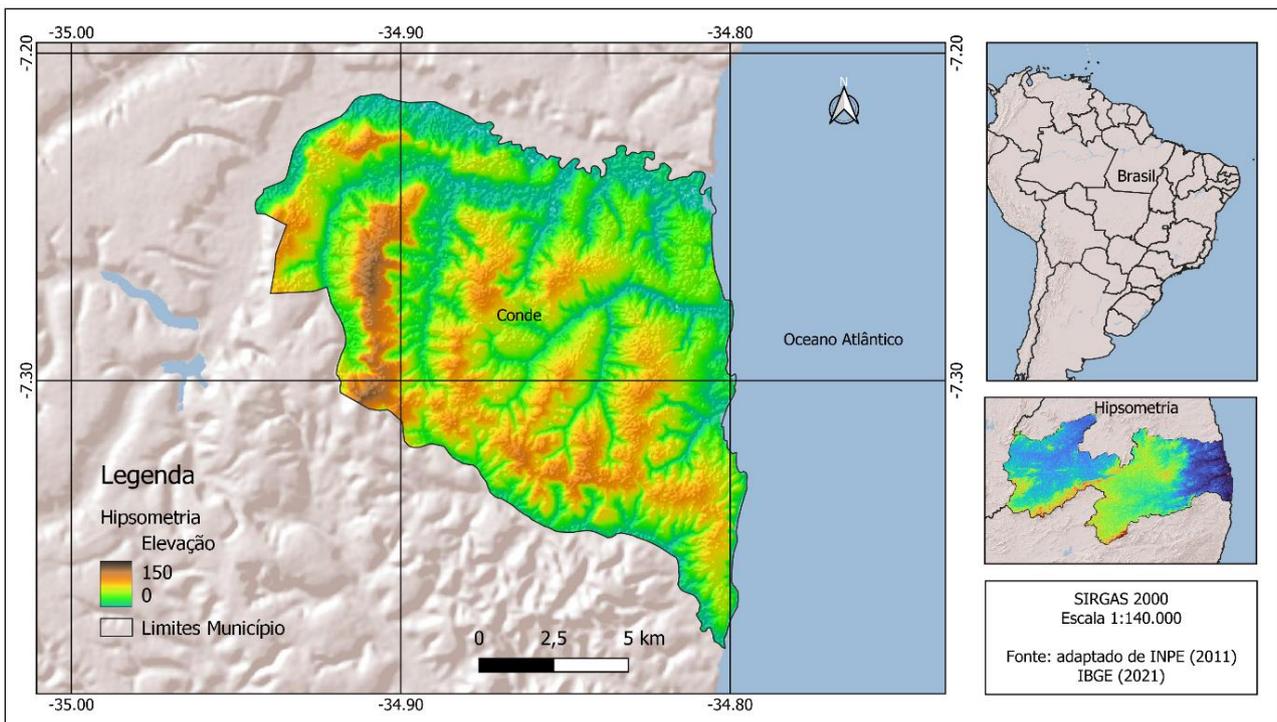


Figura 7. Hipsometria do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); INPE (2011).

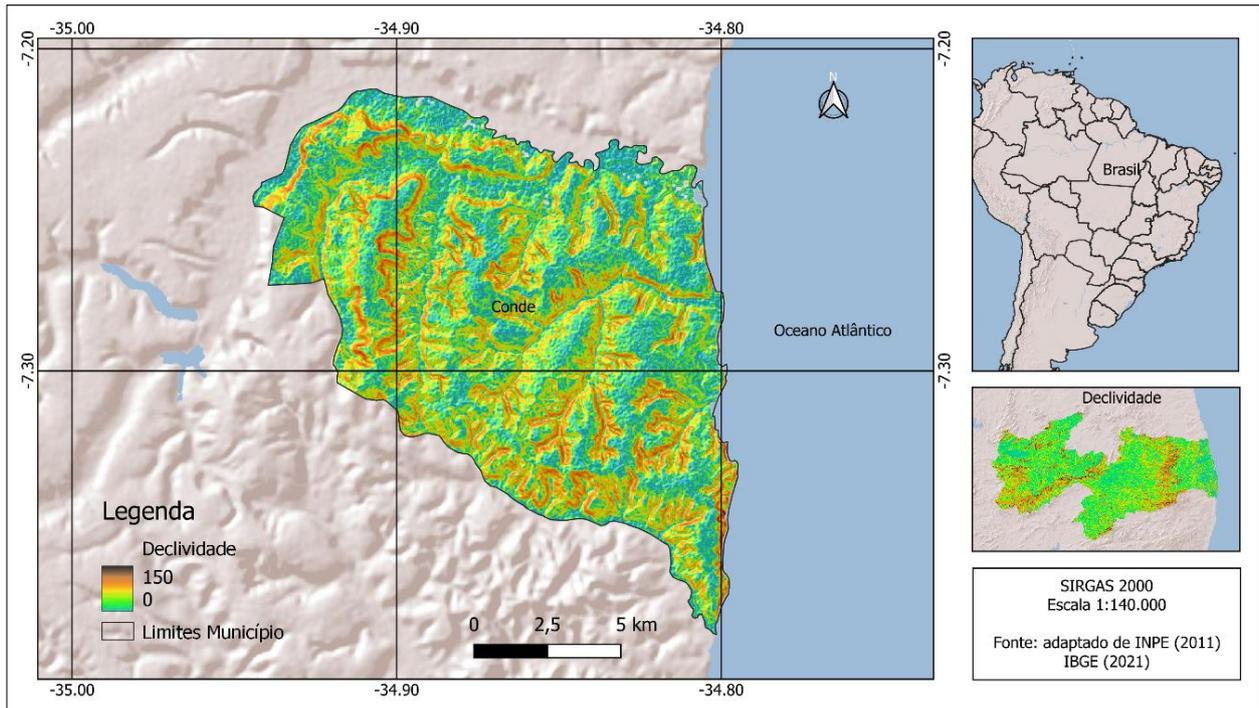


Figura 8. Declividade do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); INPE (2011).

Os solos do município (Figura 9), são os Neossolos Flúvicos, atualizados por Francisco et al. (2023) até a 2.a ordem na legenda conforme EMBRAPA (2018) como RY, onde apresentam horizonte A textural, textura indiscriminada; os Neossolos Quartzarênicos Distróficos (RQ), formados sobre cordões litorâneos e pós-praia; os Gleissolos Distróficos Indiscriminados atualizado como Gleissolos Tiomórficos (GJ), textura indiscriminada, associados a Solos Orgânicos Indiscriminados, textura indiscriminada; os Espodossolos Hidromórficos, atualizado como Espodossolos Ferri-humilúvicos (ESK) localizado na retaguarda das praias de Jacumã e Carapibus; e os Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico Tb, latossólico, com horizonte A moderado, textura média, associado ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com horizonte A moderado, textura média (FURRIER, 2007; FRANCISCO et al., 2023).

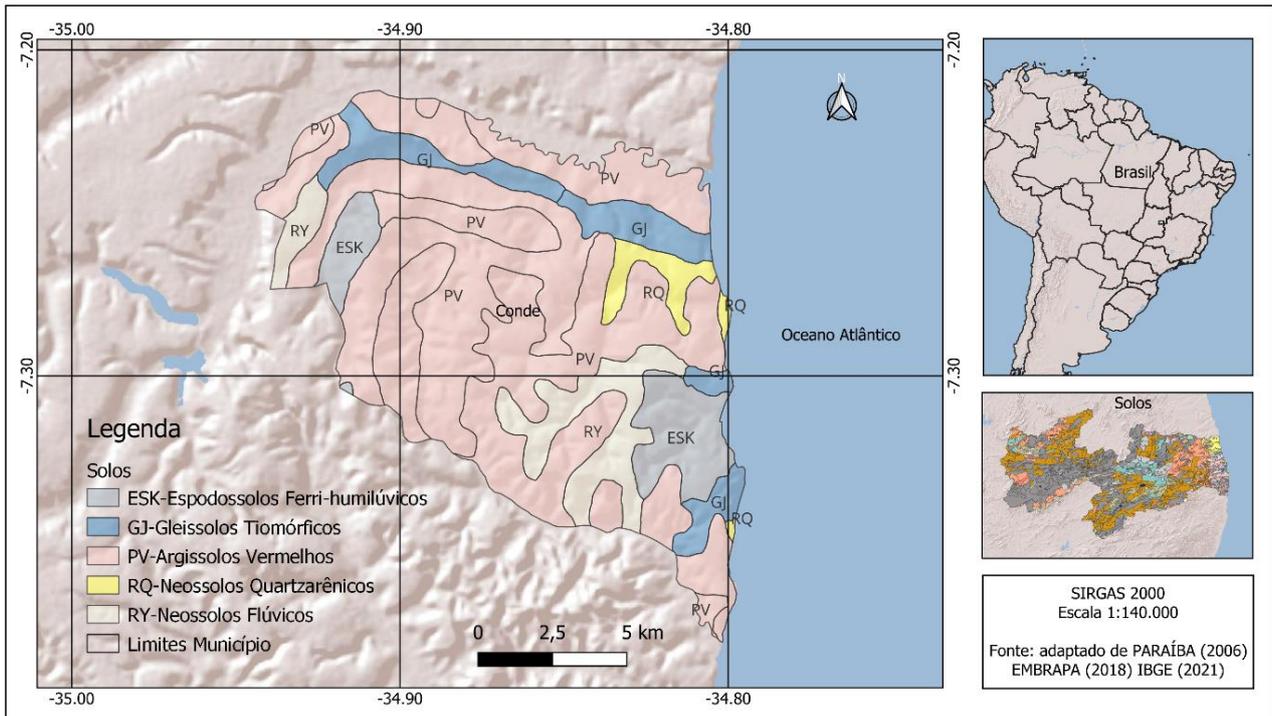


Figura 9. Solos do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006); EMBRAPA (2018).

As Classes de Capacidade de Uso consideradas foram as definidas por Lepsch (1996), sendo encontradas na área as categorias e respectivas classes conforme observa-se na Figura 10.

Pertencentes ao Grupo A: Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação; Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação; Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação; do Grupo B: - Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais; Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo; Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação; do Grupo C: Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água (PARAÍBA, 1978).

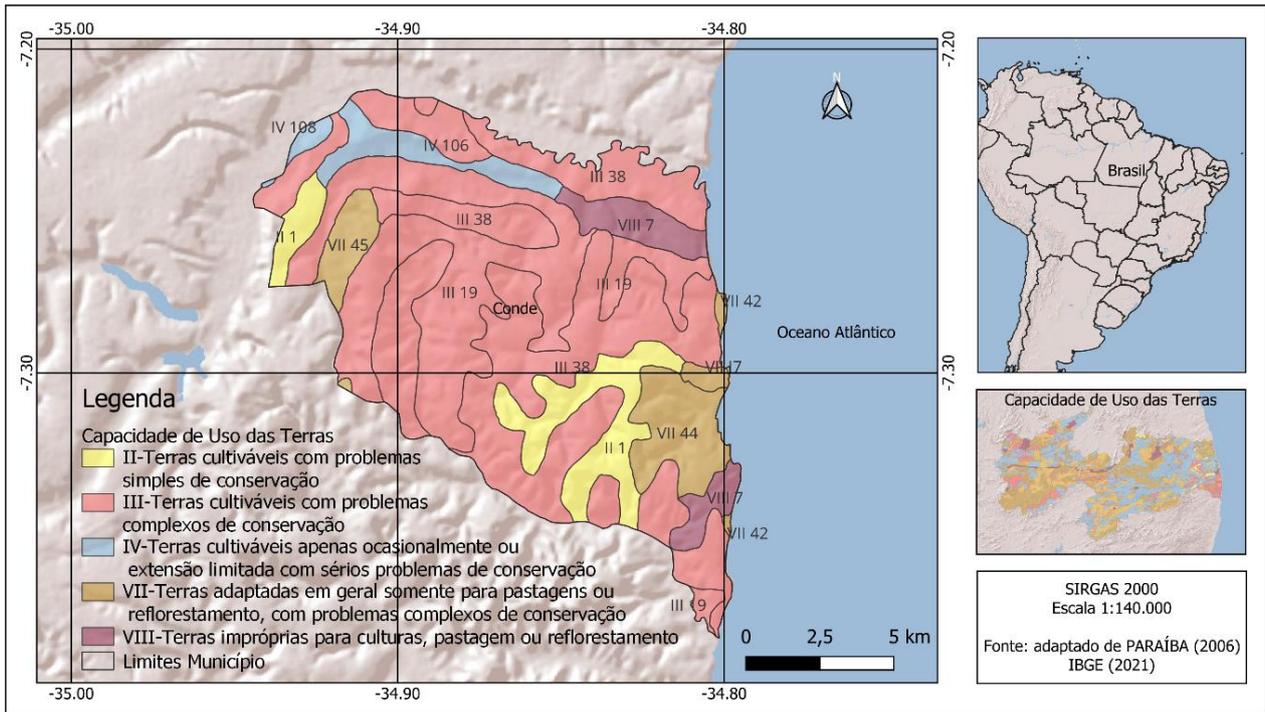


Figura 10. Capacidade de uso das terras do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006).

Com relação à vegetação florestal (Figuras 11 e 12), o município de Conde apresenta as tipologias florestais mata perenifólia/subperenifólia e floresta paludosa (manguezal), comumente conhecida como Mata Atlântica. A mata perenifólia/subperenifólia é caracterizada pela exuberância de suas árvores e riqueza em espécies. Possui árvores com até 30 m de altura, copas largas, troncos espessos com presença de epífitas e folhagem sempre verde. São espécies comuns nesse tipo de vegetação a Sucupira (*Bowdichia virgilioides*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Copaíba (*Copaifera langsdorfii*), entre outras (FURRIER, 2007).

A floresta paludosa, ou simplesmente manguezal, representa a formação mais homogênea e uniforme da área de estudo. Esse tipo de vegetação é fixado em depósitos argilo-arenosos ricos em matéria orgânica em decomposição e sujeitos ao fluxo e refluxo das marés. Portanto, é um tipo de vegetação adaptada à salinidade e escassez de oxigênio, que é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica em constante deposição (FURRIER, 2007).

Nas áreas das planícies fluviais e depressões próximas do litoral, onde dominam os Neossolos Flúvicos, sendo apenas ocasionalmente alagadas, não permanecendo a água estagnada, dominam os campos higrófilos, sendo as principais espécies, o capim-natal (*Eriolaena rósea*) e a grama-seda (*Cynodon dactylon*) (NEVES, 2003).

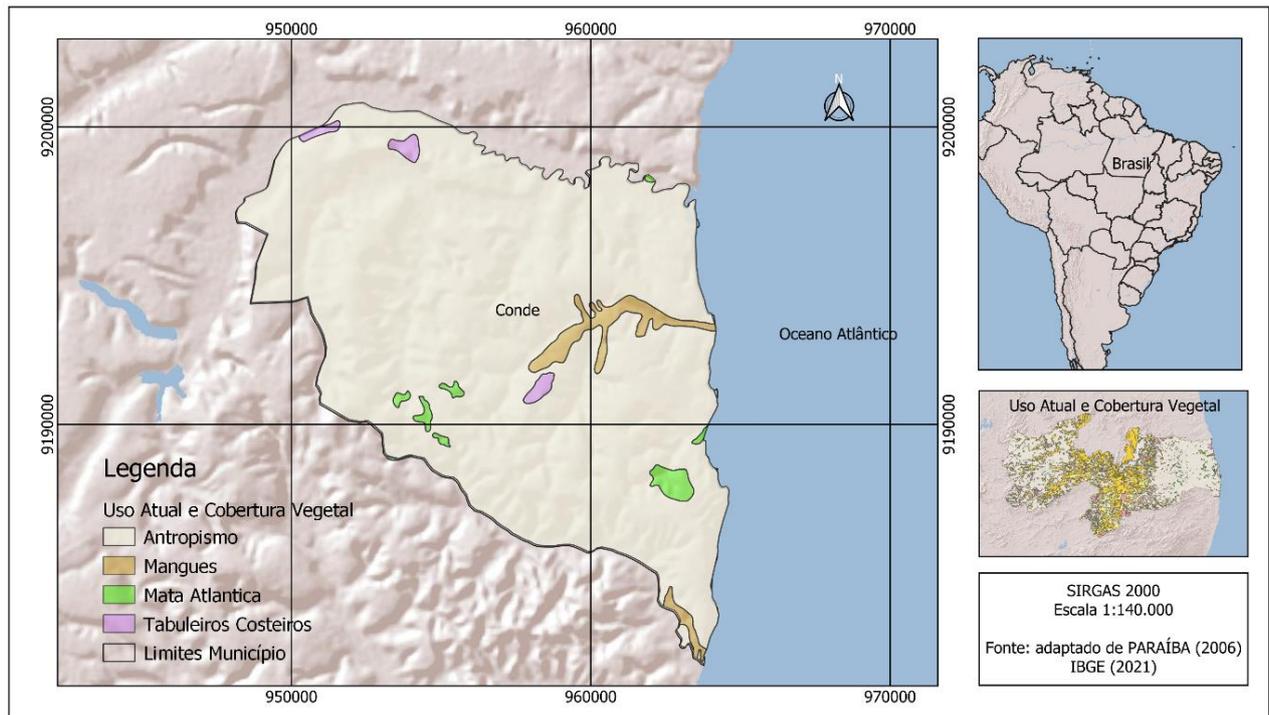


Figura 11. Uso atual e cobertura vegetal do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006).

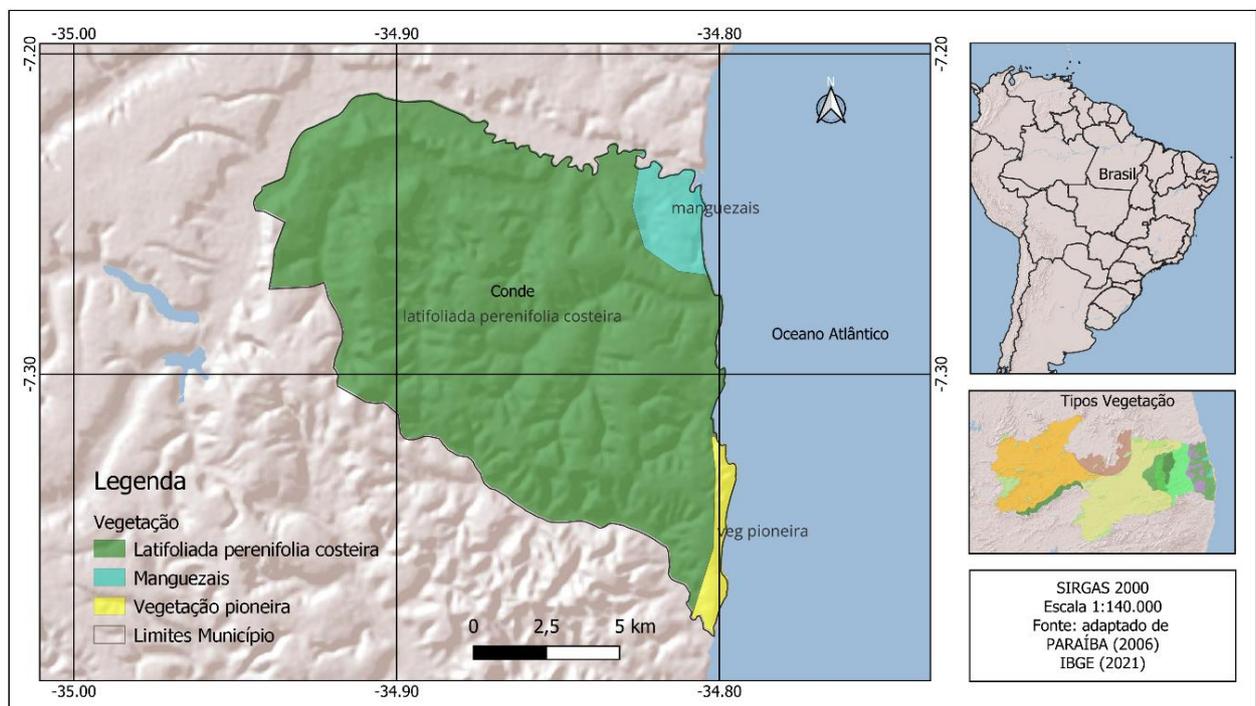


Figura 12. Tipos de vegetação do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); PARAÍBA (2006).

A vegetação pioneira ocupa estreita faixa ao longo do litoral do Conde, geralmente está presente próximo às falésias inativas da região, constituindo-se em importante indicador de estabilidade costeira, já que são sensíveis ao embate das ondas. Está composta por vegetação herbácea adaptada às condições de elevada salinidade, e as espécies comumente encontradas são a salsa-de-praia (*Ipomoea pescaprae*) e o bredo-de-praia (*Blutaparon portulacoides*) (KIYOTANI, 2011). Os manguezais possuem vegetação perenifólia que se estabelecem em ambiente fluviomarinho, suas raízes respiratórias (pneumatóforos) é uma característica forte e servem para compensar a deficiência de aeração do solo. As principais espécies encontradas são o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue de botão (*Conocarpus erectus*) e o mangue branco (*Laguncularia racemosa*) (KIYOTANI, 2011).

Na Figura 13, observa-se a cobertura e uso dos solos do município de Conde para o ano de 2021, elaborado por Francisco et al. (2023), através do produto do MapBiomias® (2021) que se utilizam das imagens de observação da terra com satélite das séries históricas, onde no mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, sendo utilizados em diversas pesquisas aplicadas para avaliar dados temporais. Pode-se verificar pela Tabela 2 que, a área apresenta um mosaico de usos representando 53,63% do município, seguida pela classe de Formação Floresta com 22,38%, indicando uma boa preservação da vegetação. Após a área urbanizada representando 10,72% do total, seguido pelas áreas de plantio de cana de açúcar em 5,44% do total.

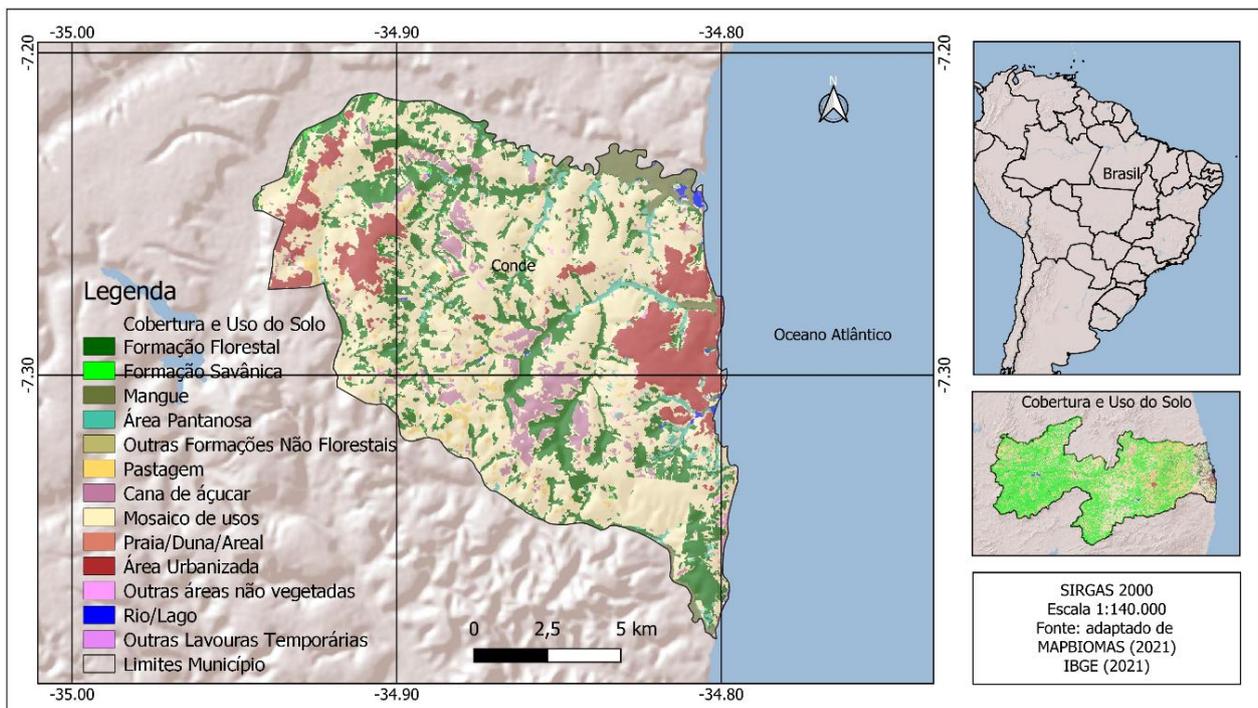


Figura 13. Uso e cobertura do solo do município de Conde.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); MAPBIOMAS (2021).



MATERIAL E MÉTODOS

BASE DE DADOS

Utilizando a metodologia proposta e utilizada por Francisco et al. (2024), foi criada uma planilha no Excel[®] onde utilizou-se dos dados dos atributos químicos e físicos de Argila (g kg^{-1}), Potencial Hidrogeniônico - pH (adimensional), Fósforo disponível - P (g kg^{-1}), Potássio - K^{2+} (g kg^{-1}), Cálcio - Ca^{2+} (cmolc kg^{-1}), Magnésio - Mg^{2+} (cmolc kg^{-1}), Sódio - Na^{2+} (cmolc kg^{-1}), Alumínio Al^{3+} (cmolc kg^{-1}), Hidrogênio H^{+} (cmolc kg^{-1}), Soma de Base - SB (cmolc kg^{-1}), Saturação por Alumínio - m (%), Saturação de Base - V (%), Matéria Orgânica - MO (g kg^{-1}), Carbono Orgânico COT (g kg^{-1}) descritos nos perfis representativos de BRASIL (1972) (Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba), PARAÍBA (1978) (Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba) e EMBRAPA (2017) (Levantamento

pedológico detalhado e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo).

ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

Para a estimativa dos dados de MOS foi utilizado os dados dos perfis representativos de PARAÍBA (1978) e a técnica da pedometria, denominada pedotransferência, que consiste em transferência de valores para solos com descrição similar e localizados na mesma região. De acordo com Coelho et al. (1998), essa ferramenta é recomendada para uso em grandes áreas, onde as propriedades físicas dos solos sejam semelhantes às dos conjuntos de dados empregados para seu desenvolvimento (FRANCISCO et al., 2024).

A partir dos dados obtidos, foram estimados a Capacidade de Troca de Cátions efetiva - CTC efetiva (cmolc kg^{-1}), CTC Total (cmolc kg^{-1}), Porcentagem de sódio trocável - PST (%) (Equações 1, 2 e 3), e a Densidade do solo - D_s (g cm^{-3}) foi estimada pelo método de modelagem por pedotransferência desenvolvido por Benites et al. (2007), que apresenta R^2 de 0,66 para os solos brasileiros ($1,36 \text{ g cm}^{-3}$) (Equação 4).

$$\text{CTC efetiva} = \text{SB} + \text{Al}^{3+} \text{ (Eq.1)}$$

$$\text{CTC Total} = \text{SB} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) \text{ (Eq.2)}$$

$$\text{PST} = \text{Na}^{2+} / (\text{CTC Total}) * 100 \text{ (Eq.3)}$$

$$D_s = 1,560 - 0,0005(\text{Argila}) - 0,010(\text{COT}) + 0,0075(\text{SB}) \text{ (Eq.4)}$$

Em que: CTC efetiva – capacidade de troca de cátions efetiva (cmolc kg^{-1}); CTC Total – capacidade de troca de cátions total (cmolc kg^{-1}); SB (Na^{2+} , K^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+}) – soma de bases trocáveis (cmolc kg^{-1}); Al^{3+} – concentração de alumínio trocável no solo (cmolc kg^{-1}); H^+ – hidrogênio (cmolc kg^{-1}); D_s - Densidade do solo (g cm^{-3}); argila (g kg^{-1}); COT - carbono orgânico (g kg^{-1}); SB – Saturação por Bases (%).

MODELAGEM

Utilizando-se o software QGIS® 3.36 foi importado arquivo digital em formato shape dos solos da área de estudo na escala de 1:200.000 fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2006), representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no Estado e seus limites atualizados (IBGE, 2021). Em seguida, utilizando a tabela de atributos os polígonos dos solos foram classificados com os valores obtidos e após classificados conforme a Tabela 1. Para os cálculos de áreas foi utilizada a calculadora *raster* e o *plugin* GRASS® *r.report*.

Tabela 1. Parâmetros de classificação das variáveis da fertilidade dos solos

Variável/Atributo	Qualidade (Peso)				
	Muito Baixo (5)	Baixo (4)	Médio (3)	Alto (2)	Muito Alto (1)
pH em Água	< 4,5 e > 7	4,5 - 4,8 e 6,7 - 7	4,8 - 5,1 e 6,4 - 6,7	5,1 - 5,4 e 6,1 - 6,4	5,4 - 6,1
P (cmolc kg ⁻¹)	< 10	10 a 20	20 - 30	30 - 45	> 45
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	< 0,4	0,4 - 1,2	1,2 - 2,4	2,4 - 4	> 4
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	< 0,15	0,15 - 0,45	0,45 - 0,9	0,9 - 1,5	> 1,5
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	> 2	1 a 2	0,5 - 1	0,2 - 0,5	< 0,2
K ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	< 0,15	0,15 - 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 0,12	> 0,12
SB (cmolc kg ⁻¹)	< 0,6	0,6 - 1,8	1,8 - 3,6	3,6 - 6	> 6
Ac. Pot. (H ⁺ +Al ³⁺) (cmolc kg ⁻¹)	> 9	5 a 9	2,5 - 5	1 - 2,5	< 1
CTC (pH 7,0) (cmolc kg ⁻¹)	< 1,6	1,6 - 4,3	4,3 - 8,6	8,6 - 15	> 15
CTC (efetiva) (cmolc kg ⁻¹)	< 0,8	0,8 - 2,3	2,3 - 4,6	4,6 - 8	> 8
V - Sat. Base (%)	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80
m - Saturação por Al (%)	> 75	50 - 75	30 - 50	15 - 30	< 15
*PST (%)	> 30	20 - 30	10 a 20	7 a 10	< 7
**Ds (g cm ⁻³)	> 1,85	1,34 - 1,85	1,29 - 1,34	1,25 - 1,29	< 1,25
COT (g kg ⁻¹)	< 0,4	0,4 - 1,15	1,15 - 2,3	2,3 - 4	> 4
MOS (g kg ⁻¹)	< 0,7	0,7 - 2	2 a 4	4 a 7	> 7

Fonte: Francisco et al. (2024).

CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE FERTILIDADE NATURAL DO SOLO

A classificação da fertilidade natural dos solos foi estimada para a camada superficial do solo, de acordo com Francisco et al. (2024), por modelo paramétrico simplificado denominado Índice de Fertilidade Natural do Solo, utilizando linguagem algébrica através da calculadora *raster* do QGIS® 3.36 (Equação 5).

$$IFNS = CA / NA \text{ (Eq.5)}$$

Onde: IFS = Índice de Fertilidade Natural do Solo; CA = somatória das classes de atributos: pH, P, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, K⁺, SB, H⁺+Al³⁺, CTC Total, CTC efetiva, V, m, PST, DS, COT e MOS; NA = número de atributos.

Este modelo considera que variáveis/atributos têm como pesos os valores de 1 a 5 e a resultante classe 1 indica qualidade Muito Alta, classe 2 indica qualidade Alta, classe 3 infere classe Média, classe 4 infere classe Baixa e a classe 5 denota qualidade Muito Baixa (FRANCISCO et al., 2024).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio® v.2023. Para avaliação foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 5).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \text{ (Eq.5)}$$

Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e ε_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos de Anderson-Darling (1954), Shapiro-Wilk (1965) e Lilliefors (1967).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, pode-se observar na Tabela 2 os dados dos parâmetros utilizados neste trabalho.

Tabela 2. Parâmetros dos solos

Classe	Classe Nova	Argila	H ⁺	Na ⁺	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	K ⁺	SB	COT	MOS
PV11	PA	18	11	0,02	4,3	0,26	0,15	0,04	2,24	0,05	2	1,37	2,36
PV11	PA	18	11	0,02	4,3	0,26	0,15	0,04	2,24	0,05	2	1,37	2,36
PV11	PA	18	11	0,02	4,3	0,26	0,15	0,04	2,24	0,05	2	1,37	2,36
PV18	PA	3	3,6	0,02	4,3	0,25	0,09	0,04	0,90	0,03	4	0,33	0,60
PV18	PA	3	3,6	0,02	4,3	0,25	0,09	0,04	0,90	0,03	4	0,33	0,60
PV18	PA	3	3,6	0,02	4,3	0,25	0,09	0,04	0,90	0,03	4	0,33	0,60
PV18	PA	3	3,6	0,02	4,3	0,25	0,09	0,04	0,90	0,03	4	0,33	0,60
PV19	PA	7	3	0,03	4,5	0,15	0,26	0,20	0,45	0,02	13	0,50	0,86
HGd	GJ	2	1,2	0,03	5,5	2	1,00	0,80	0	0,04	61	4,00	2,36
HP2	ESK	3	2	0,03	5,7	1	0	3	0,20	0,03	15	0,41	2,36
HP3	ESK	3	2	0,03	5,7	1	0	3	0,20	0,03	15	0,41	2,36
SM1	G	2	0,2	0,25	6,1	2	1,00	5,40	0	0,02	97	1,02	2,36
SM1	G	2	0,2	0,25	6,1	2	1,00	5,40	0	0,02	97	1,02	2,36
SM1	G	2	0,2	0,25	6,1	2	1,00	5,40	0	0,02	97	1,02	2,36
SM1	G	2	0,2	0,25	6,1	2	1,00	5,40	0	0,02	97	1,02	2,36
AMd1	RQ	0	3,3	0,03	5,0	3	1,60	1,10	0,10	0,02	44	0,72	0,01
Ae1	RY	41	6,4	0,45	5,5	13	9,20	8,30	0,30	0,26	73	1,90	0,43
Ae1	RY	41	6,4	0,45	5,5	13	9,20	8,30	0,30	0,26	73	1,90	0,43

Na Tabela 3, da análise estatística descritiva das variáveis/atributos, observa-se o maior desvio padrão na Saturação por Al (m) seguida da Saturação de Base (V) e menor desvio na variável K. A Saturação de Base (V) apresenta a maior média e mediana de alcance.

Tabela 3. Análise descritiva das variáveis/atributos

Atributo/Variável	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad	Q1	Q3
H ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,20	4,28	3,45	11,00	3,71	1,40	5,70
Na ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,02	0,12	0,03	0,45	0,15	0,02	0,25
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,00	1,45	0,21	9,20	2,86	0,09	1,00
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,04	2,59	0,95	8,30	3,01	0,04	5,40
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,00	0,66	0,30	2,24	0,80	0,03	0,90
P (cmolc kg ⁻¹)	0,15	2,39	1,00	13,00	3,96	0,25	2,00
K ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,02	0,06	0,03	0,26	0,07	0,02	0,48
Argila (mm)	0,001	9,50	3,00	41,00	12,91	2,00	15,25
pH em Água	4,30	5,11	5,25	6,10	0,77	4,30	5,70
SB (cmolc kg ⁻¹)	2,00	39,11	15,00	97,00	39,94	4,00	73,00
Ac. Pot. (H ⁺ +Al ³⁺) (cmolc kg ⁻¹)	0,00	5,67	5,00	13,00	5,19	1,25	11,50
CTC (efetiva) (cmolc kg ⁻¹)	1,00	4,67	2,50	18,00	5,17	2,00	6,00
CTC (pH 7,0) (cmolc kg ⁻¹)	3,00	9,72	7,00	24,00	6,24	5,00	13,00
V – Sat. Base (%)	4,00	43,22	51,50	97,00	37,24	8,00	60,25
m - Saturação por Al (%)	0,00	39,72	6,00	90,00	43,96	0,00	88,25
PST (%)	0,00	1,28	0,50	4,00	1,64	0,00	2,00
Ds (g cm ⁻³)	1,50	1,80	1,67	2,28	0,33	1,50	2,07
COT (g kg ⁻¹)	0,33	1,08	1,02	4,00	0,90	0,41	1,37
MOS (g kg ⁻¹)	0,01	1,54	2,36	2,36	0,96	0,60	2,36
IFNS	2,00	2,94	3,00	4,00	0,80	2,00	3,75

Nos boxplots observam-se os quantis teórico e acumulado (Figura 14), onde ocorre uma distribuição normal nas variáveis SB e COT, já as demais variáveis seguem comportamento de distribuição não normal, isto devido a diversidade dos parâmetros físico-químicos dos solos da área de estudo.

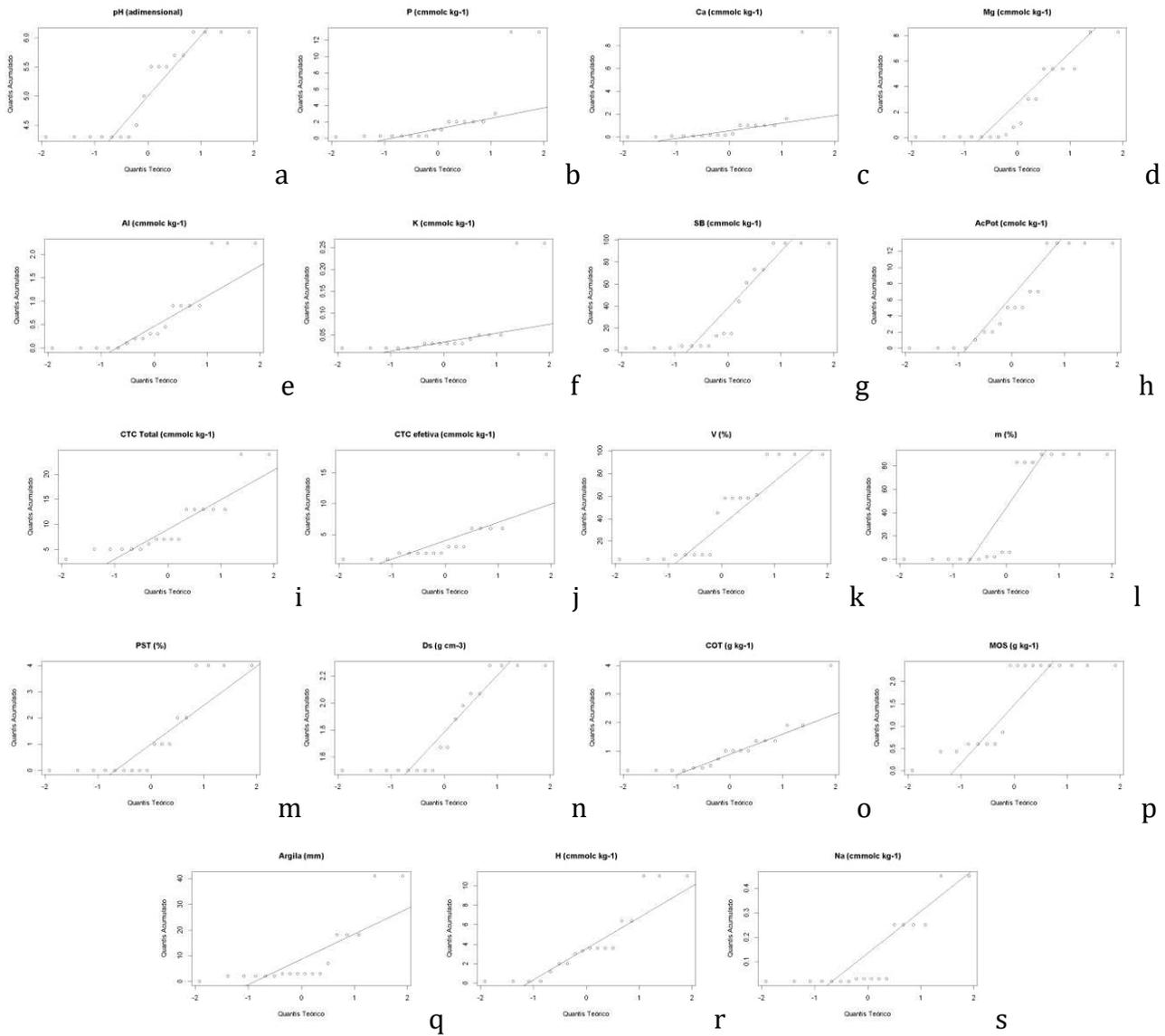


Figura 14. Boxplot das variáveis.

(a) pH do solo (adimensional); (b) P (cmolc kg⁻¹); (c) Ca²⁺ (cmolc kg⁻¹); (d) Mg²⁺ (cmolc kg⁻¹); (e) Al³⁺ (cmolc kg⁻¹); (f) K⁺ (cmolc kg⁻¹); (g) SB (cmolc kg⁻¹); (h) Ac. Pot. (H⁺+Al³⁺) (cmolc kg⁻¹); (i) CTC (pH 7,0) (cmolc kg⁻¹); (j) CTC (efetiva) (cmolc kg⁻¹); (k) V – Sat. Base (%); (l) m - Saturação por Al (%); (m) PST (%); (n) Ds (g cm⁻³); (o) COT (g kg⁻¹); (p) MOS (g kg⁻¹); (q) Argila (mm); (r) H⁺ (cmolc kg⁻¹); (s) Na⁺ (cmolc kg⁻¹).

Na Tabela 4 pode-se observar os resultados dos testes de normalidade de Anderson-Darling, Lilliefors e Shapiro-Wilk, em que apresentam semelhantes entre si, o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados.

Tabela 4. Testes de normalidade

Atributo/Variável	Anderson-Darling		Lilliefors		Shapiro-Wilk	
	A	p-valor	D	p-valor	W	p-valor
H ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	1,0869	0,00558	0,26810	0,00135	0,83511	0,00498
Na ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	2,6063	0,00070	0,39265	0,00005	0,68374	0,05199
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	3,8802	0,00000	0,39557	0,00003	0,51032	0,00099
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	1,5001	0,00048	0,24514	0,00547	0,79582	0,00133
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	1,6449	0,00020	0,22852	0,01373	0,76176	0,00046
P (cmolc kg ⁻¹)	3,3388	0,00001	0,37202	0,00034	0,55776	0,00265
K ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	4,1189	0,0000001	0,42139	0,00000	0,49038	0,00066
Argila (mm)	2,6665	0,00049	0,35938	0,00111	0,6586	0,02739
pH em Água	1,4029	0,00085	0,24151	0,00674	0,80107	0,00157
SB (cmolc kg ⁻¹)	1,5514	0,00035	0,28255	0,00051	0,7855	0,00095
Ac. Pot. (H ⁺ +Al ³⁺) (cmolc kg ⁻¹)	1,0591	0,00658	0,19893	0,05791	0,83474	0,00491
CTC (efetiva) (cmolc kg ⁻¹)	2,4932	0,00136	0,29313	0,00024	0,65102	0,02269
CTC (pH 7,0) (cmolc kg ⁻¹)	1,4556	0,00063	0,27982	0,00062	0,79425	0,00126
V – Sat. Base (%)	1,2943	0,00163	0,27231	0,00102	0,81629	0,00260
m - Saturação por Al (%)	2,6585	0,00052	0,33407	0,01013	0,68037	0,04764
PST (%)	1,9592	0,03178	0,28233	0,00052	0,73579	0,00021
Ds (g cm ⁻³)	1,5065	0,00046	0,26490	0,00165	0,78686	0,00100
COT (g kg ⁻¹)	1,2140	0,00262	0,20479	0,04444	0,76374	0,00049
MOS (g kg ⁻¹)	2,4530	0,00173	0,35996	0,00105	0,71733	0,00013
IFNS	1,3367	0,00127	0,21375	0,02907	0,81164	0,00223

Pelos resultados obtidos, pode-se observar na Figura 15 da distribuição espacial do pH do solo que, o pH se distribui em 68,55% (118,07 km²) das terras nas classes de frequência Muito Baixo, distribuída na área interior do município com ocorrência sob os Argissolos, e a frequência Muito Alto ocorrem nos solos do Litoral e na drenagem interior sob os Gleissolos e Neossolos Flúvicos; somente 3,88% da classe Média ocorre sob os Neossolos Quartzarênicos.

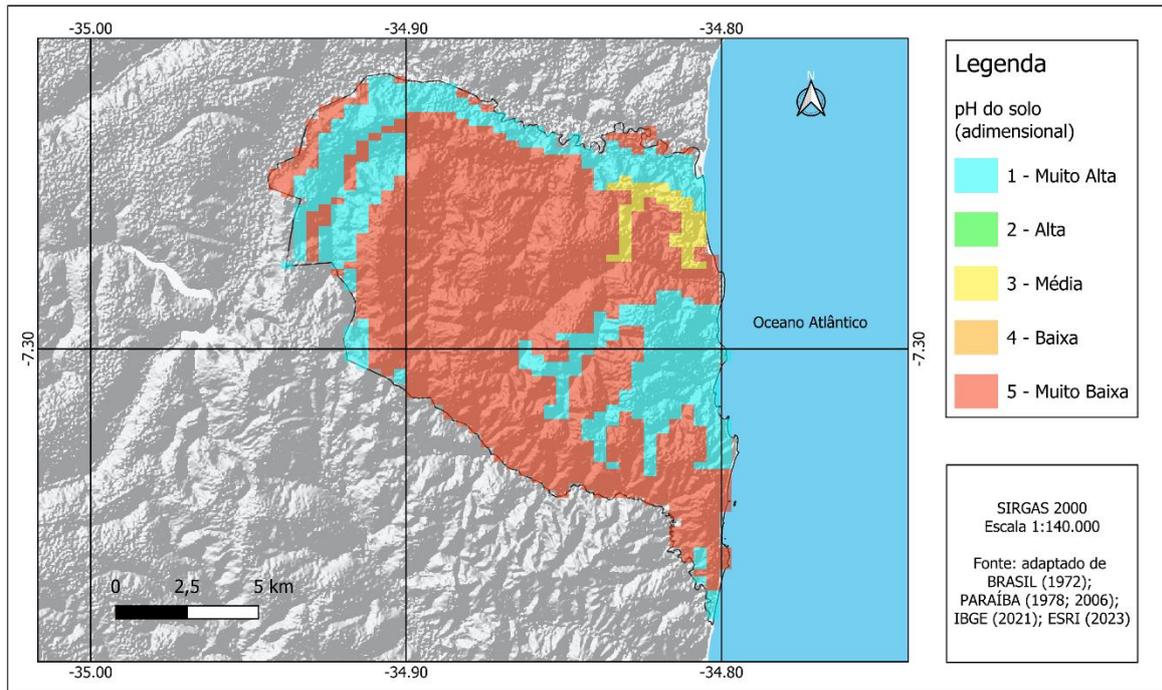


Figura 15. pH do solo (adimensional).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Na Tabela 5 pode-se observar a distribuição espacial das classes referentes aos parâmetros em estudo.

Tabela 5. Distribuição espacial dos atributos

Variável/Atributo	Classe de Frequência									
	Muito Baixo (5)		Baixo (4)		Médio (3)		Alto (2)		Muito Alto (1)	
	Área (km ²)	%								
pH em Água	118,07	68,55	-	-	6,68	3,88	-	-	47,49	27,57
P (cmolc kg ⁻¹)	155,64	90,36	16,60	9,64	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	134,85	78,29	16,21	9,41	6,68	3,88	-	-	14,50	8,42
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	118,07	68,55	-	-	7,63	4,43	6,68	3,88	39,86	23,14
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	51,31	29,79	-	-	66,76	38,76	31,28	18,16	22,89	13,29
K ⁺ (cmolc kg ⁻¹)	155,64	90,36	16,60	9,64	-	-	-	-	-	-
SB (cmolc kg ⁻¹)	118,07	68,55	-	-	28,99	16,83	-	-	25,18	14,62
Ac Pot (H+Al) (cmolc kg ⁻¹)	51,30	29,78	14,50	8,42	71,34	41,42	24,42	14,18	10,68	6,20
CTC (pH 7,0) (cmolc kg ⁻¹)	-	-	9,73	5,65	96,71	56,15	51,30	29,78	14,50	8,42
CTC (efetiva) (cmolc kg ⁻¹)	-	-	74,39	43,19	72,67	42,19	10,68	6,20	14,50	8,42
V - Sat Bas (%)	118,07	68,55	-	-	21,36	12,40	22,13	12,85	10,68	6,20
m - Saturação por Al (%)	118,07	68,55	-	-	-	-	-	-	54,17	31,45
PST (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	172,24	100,00
DS (g cm ⁻³)	37,39	21,71	134,85	78,29	-	-	-	-	-	-
COT (g kg ⁻¹)	66,75	38,75	29,95	17,39	65,81	38,21	9,73	5,65	-	-
MOS (g kg ⁻¹)	86,12	50,00	-	-	86,12	50,00	-	-	-	-
IFNS	-	-	118,06	68,54	6,68	3,88	47,50	27,58	-	-

Quanto ao P (Figura 16), observa-se que 155,64 km² das terras apresentam-se na frequência Muito Baixo (90,36%) distribuída na maioria dos solos com exceção dos Neossolos Flúvicos na classe de frequência Baixo (9,64%).

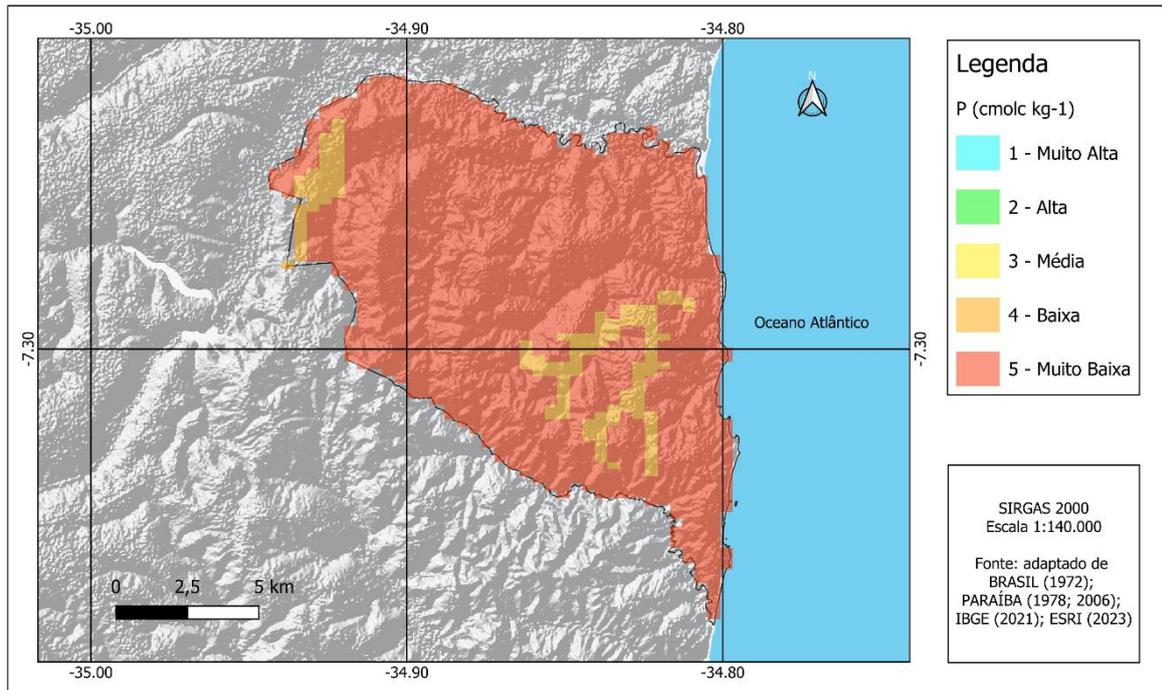


Figura 16. P (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Na Figura 17 observa-se a distribuição espacial do Ca²⁺ do solo onde se distribui em 78,29% (134,85 km²) das terras na frequência Muito Baixo onde ocorrem os Argissolos, seguida da frequência Baixo (9,41%) representando 16,21 km² sob os Gleissolos; a classe Médio representa somente 3,88% com ocorrência sob os Neossolos Quartzarênicos e a Muito Alta 8,42% da área sob os Neossolos Flúvicos.

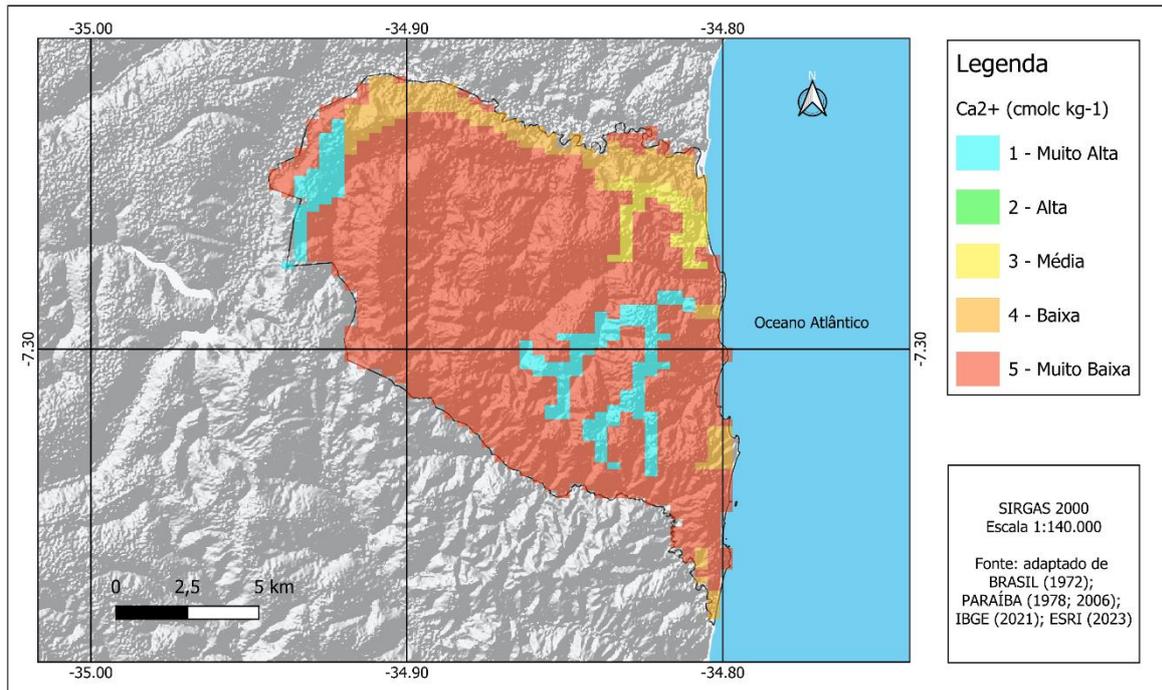


Figura 17. Ca^{2+} (cmolc kg^{-1}).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Quanto ao Mg^{2+} (Figura 18) em sua maioria, se apresenta em $118,07 \text{ km}^2$ na classe de frequência Muito Baixo em 68,55% das terras sob os Argissolos; seguida pelas classes de frequência Médio sob os Gleissolos, Alto sob os Neossolos Quartzarênicos e Muito Alto ocorrendo nos Neossolos Flúvicos totalizando 31,45% da área de estudo.

Pode-se verificar na Figura 19, a distribuição espacial do atributo Al^{3+} do solo. Observa-se que, a frequência Muito Baixo se distribui em 29,79% ($51,31 \text{ km}^2$) das terras sob Argissolos, na frequência Médio distribuída em 38,76% sob Argissolos, e a frequência Alto contempla 18,16% da área ($31,28 \text{ km}^2$) sob os Neossolos Flúvicos e Espodossolos; a classe de frequência Muito Alta ocorre sob os Gleissolos em 13,29% da área na drenagem ao norte.

Quanto ao K^+ (Figura 20), constata-se que em sua maioria, se apresenta em $155,64 \text{ km}^2$ na classe de frequência Muito Baixo em 90,36% das terras; seguida pela classe de frequência Baixo representando 9,64% ($16,60 \text{ km}^2$) da área de estudo sob os Gleissolos.

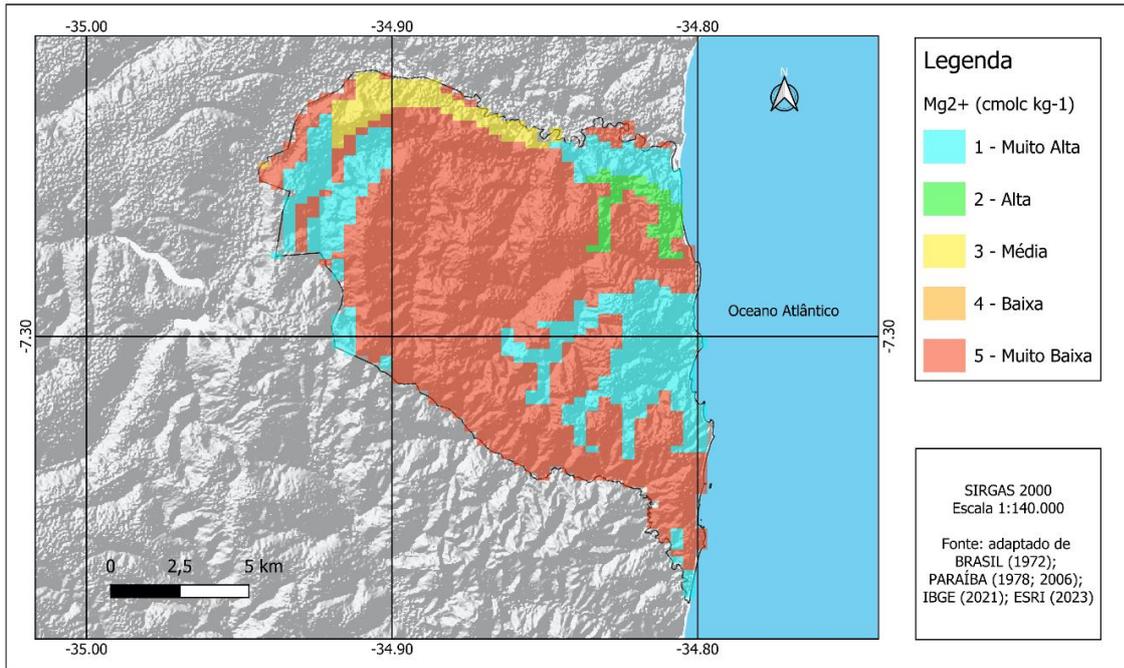


Figura 18. Mg²⁺ (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

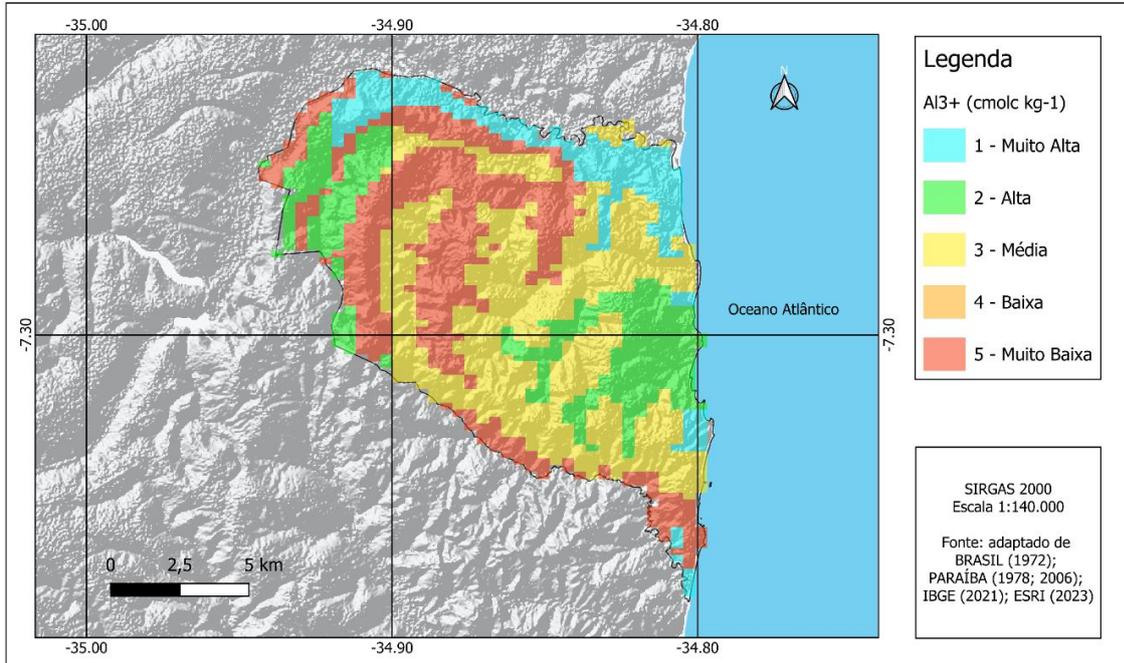


Figura 19. Al³⁺ (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

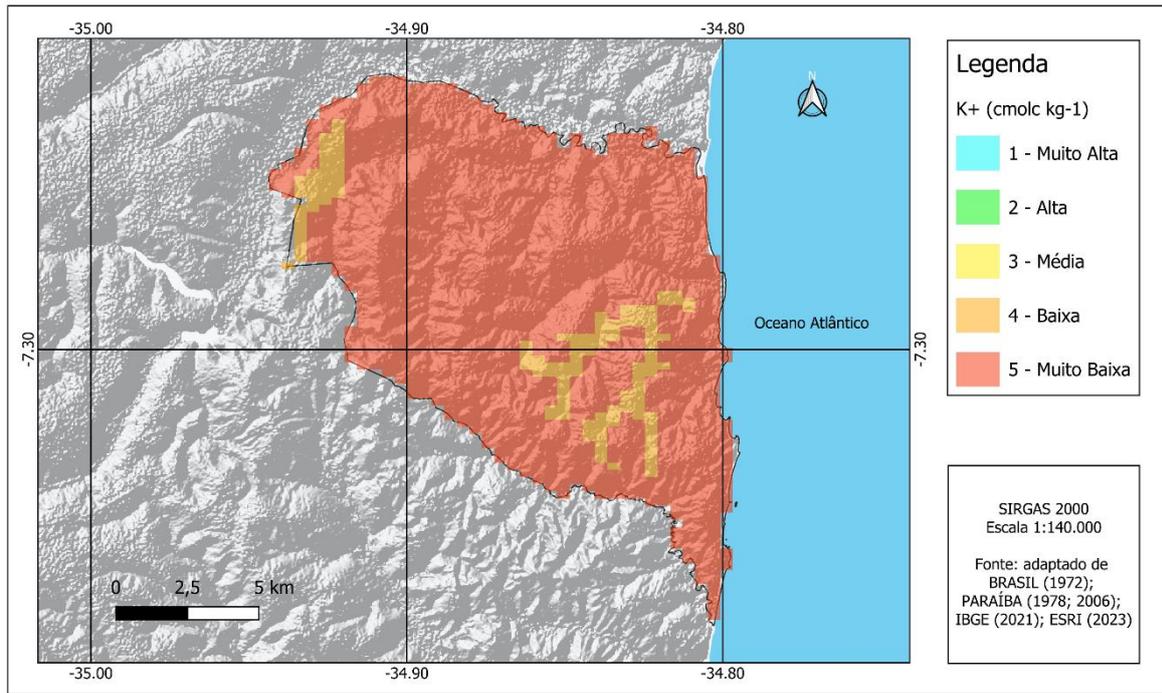


Figura 20. K^+ (cmolc kg^{-1}).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Através da Figura 21 verifica-se a distribuição espacial do atributo SB onde distribui em 14,62% (25,18 km^2) das terras na frequência Muito Alto com ocorrência sob os Gleissolos e Neossolos Flúvicos; a classe de frequência Médio em 16,83% sob os Espodossolos, Gleissolos e os Neossolos Quartzarênicos, a frequência Muito Baixo contempla 68,55% da área (118,07 km^2) com predominância dos Argissolos.

Quanto a Acidez Potencial (Figura 22), se apresenta em 41.832,34 km^2 na classe de frequência Muito Baixo em 29,78% das terras (51,30 km^2) sob Argissolos, na classe Baixo em 14,50 km^2 (8,42%) estes ocorrem sob os Neossolos Flúvicos; a classe de frequência Médio representa 41,42% (71,34 km^2) da área de estudo. Observa-se que 14,18% da área apresenta-se na classe de frequência Alto (24,42 km^2) sob os Espodossolos e Gleissolos; a Muito Alto representa 6,20% da área e ocorre nos Gleissolos próximos ao seu deságua no mar.

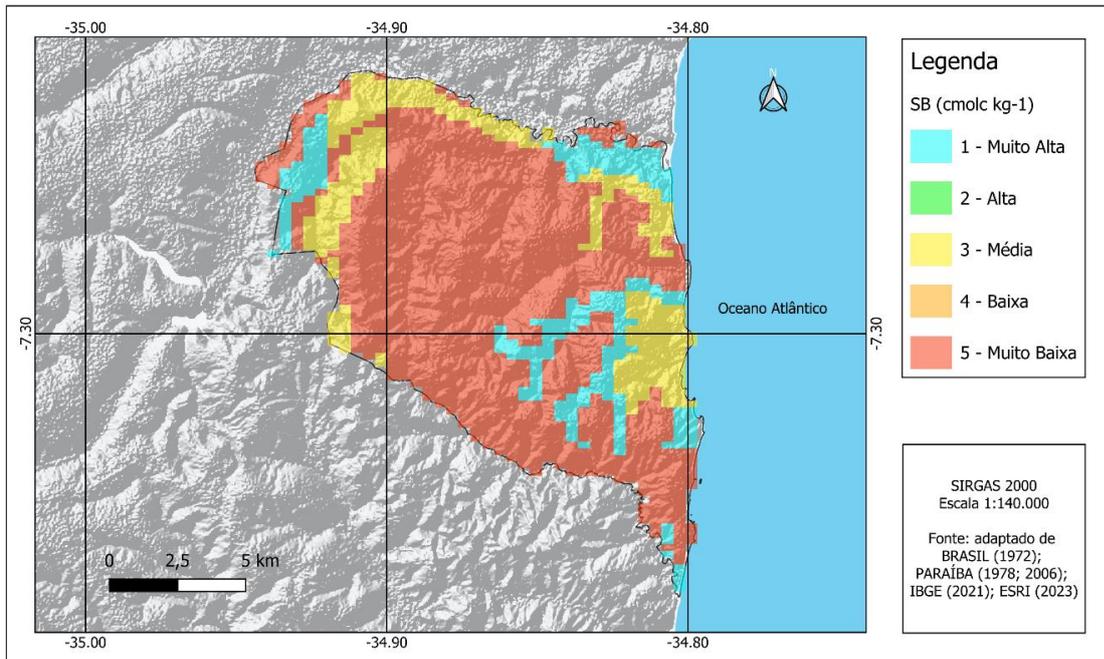


Figura 21. (a) SB (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

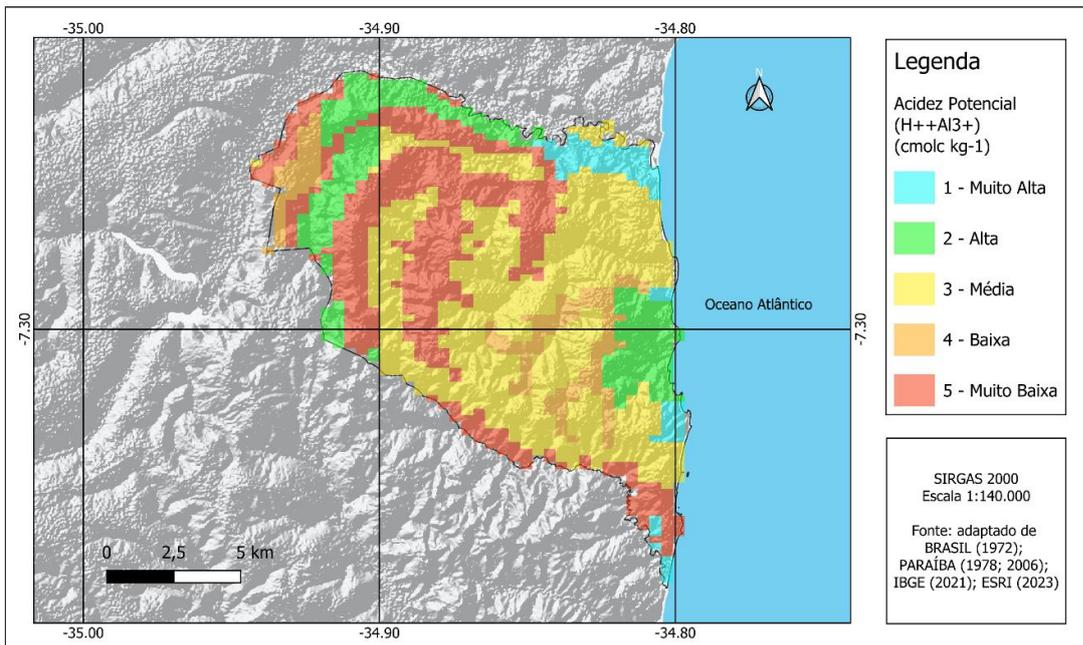


Figura 22. Ac. Pot. (H⁺+Al³⁺) (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Pode-se verificar na Figura 23 a distribuição espacial do atributo CTC Total dos solos em estudo. Observa-se que, se distribui em 8,42% (14,50 km²) das terras na frequência Muito Alto

sob os Neossolos Flúvicos; a classe de frequência Alto contempla 29,78% da área (51,30 km²) com ocorrência nos Argissolos; a frequência Médio ocorre sob os Argissolos, Espodosolos, Neossolos Quartzarênicos e parte dos Gleissolos; a frequência Baixo tem ocorrência nos Gleissolos mais interiores; já a frequência Muito Baixo não apresenta área mapeada.

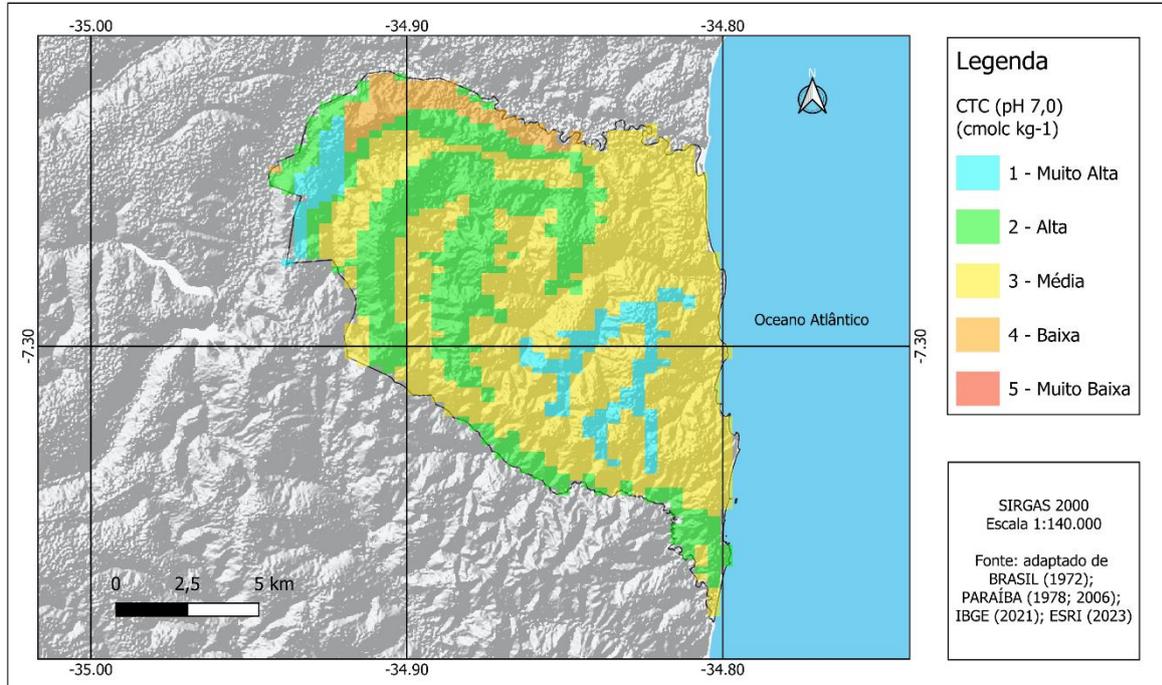


Figura 23. CTC (pH 7,0) (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Em relação a CTC efetiva (Figura 24), em sua maioria, se apresenta em 74,39 km² na classe de frequência Baixo em 43,19% das terras sob Argissolos e Gleissolos; seguida pela classe de frequência Médio representando 42,19% (72,67 km²) da área de estudo sob Argissolos e Espodosolos; quanto a classe de frequência Alto está representada sob os Gleissolos localizados na região litorânea em 14,50 km² (8,42%); e sem representação da classe Muito Baixo de frequência.

Quanto a Figura 25, pode-se verificar a distribuição espacial do atributo Saturação de Base (V) em que se distribui em 68,55% (118,07 km²) das terras na frequência Muito Baixo sob os Argissolos; a classe de frequência Médio contempla 12,40% da área (21,36 km²) sob os Espodosolos, Neossolos Quartzarênicos e Flúvicos localizado a oeste do município; a frequência Alta ocorre sob os Neossolos Flúvicos em 12,85%; e a frequência Muito Alta sob os Gleissolos litorâneos em somente 6,20% da área.

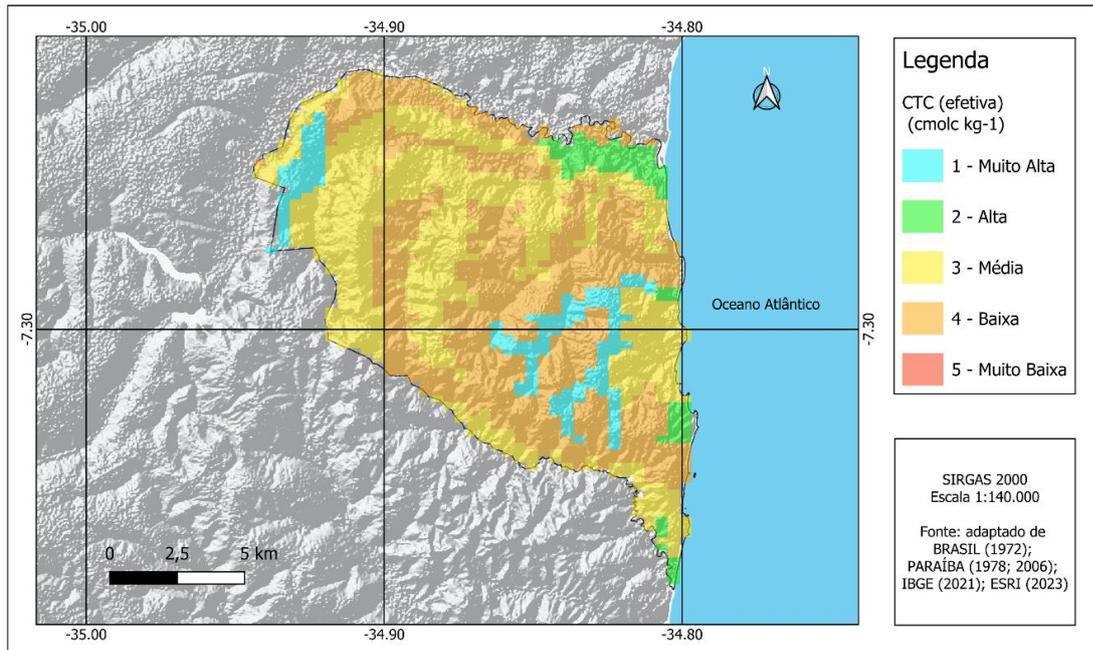


Figura 24. CTC (efetiva) (cmolc kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

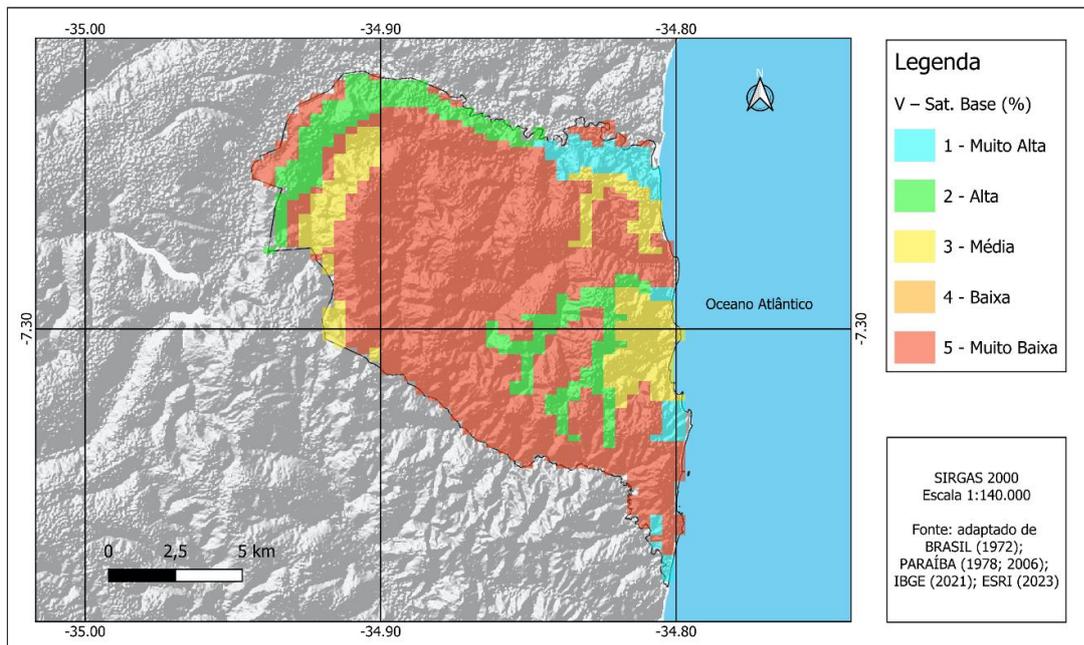


Figura 25. V - Sat. Base (%).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Em relação a Saturação por Al (m) (Figura 26), verifica-se que predomina sob os Argissolos em 118,07 km² (68,55%) na classe de frequência Muito Baixo sob os Argissolos; a classe de frequência Muito Alto apresenta 31,45% sob os demais solos; as demais classes de frequência não apresentam representação.

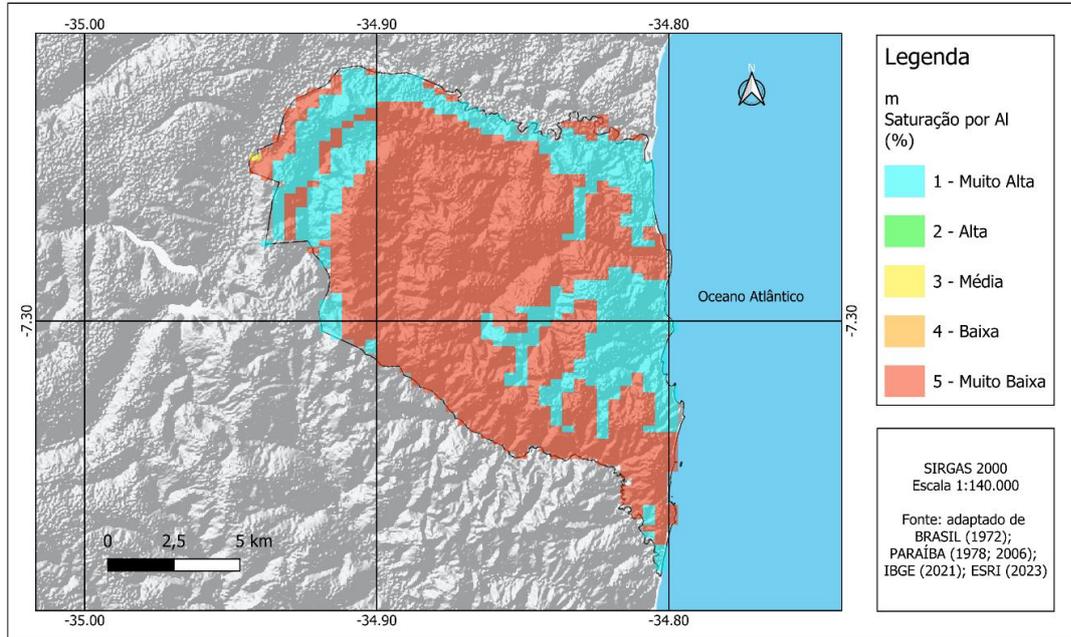


Figura 26. m - Saturação por Al (%).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Em relação ao atributo PST e sua distribuição espacial, verifica-se na Figura 27 que se distribui em sua totalidade das terras na frequência Muito Alto.

Quanto ao Ds (Figura 28), predomina por toda a área a classe de frequência Muito Baixo em 37,39 km² (21,71%) sob os Gleissolos e Neossolos Flúvicos, e frequência Baixo em 134,85 km² (78,29%) com ocorrência sob os demais solos.

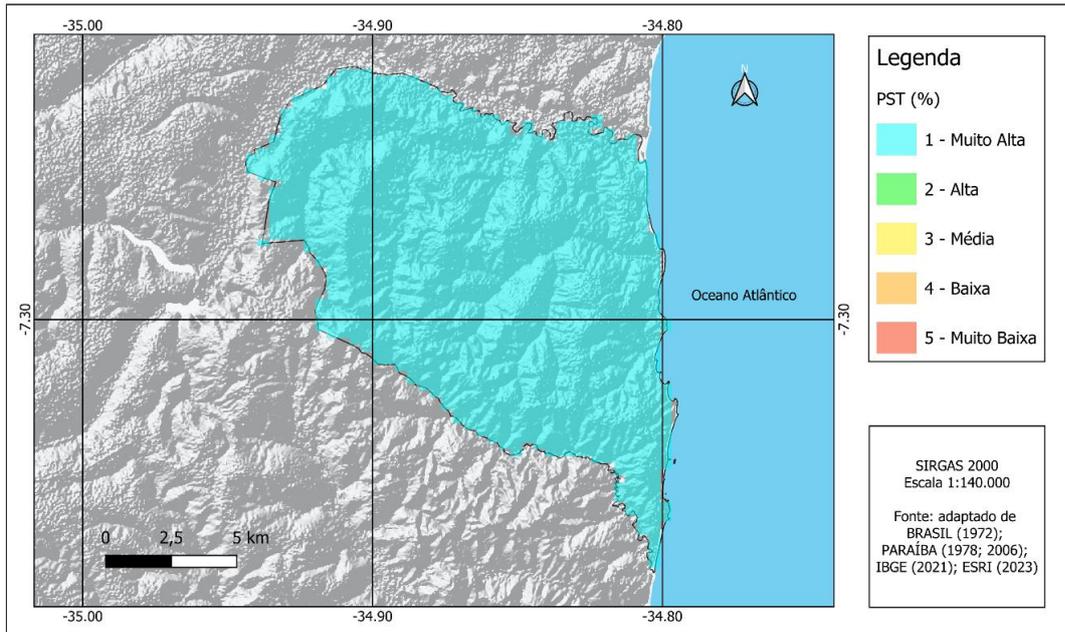


Figura 27. (a) PST (%).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

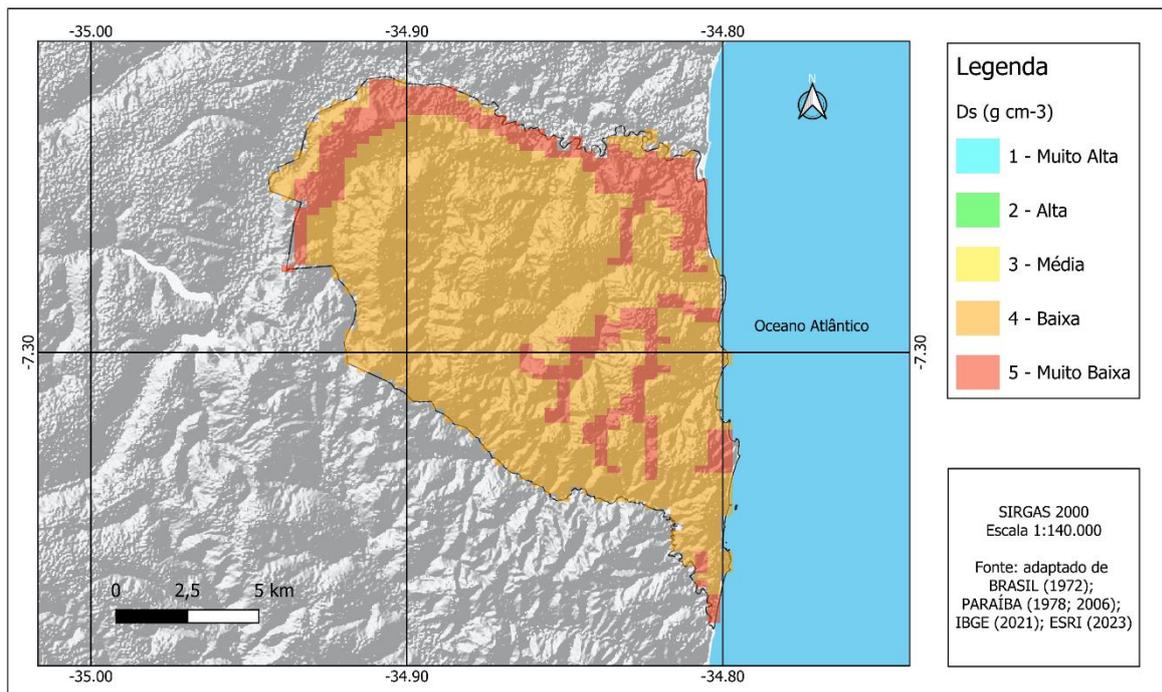


Figura 28. Ds (g cm⁻³).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Na Figura 29 pode-se verificar a distribuição espacial do atributo COT onde se distribui em 38,75% (66,75 km²) das terras na frequência Muito Baixo sob os Argissolos, seguida da

frequência Baixo em 29,95 km² (17,39%) sob os Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos litorâneos, seguida da classe de frequência Médio em 38,21% das terras com ocorrência em parte dos Argissolos e Neossolos Flúvicos; na classe Alta ocorre sob os Gleissolos interiores em 5,65% das terras.

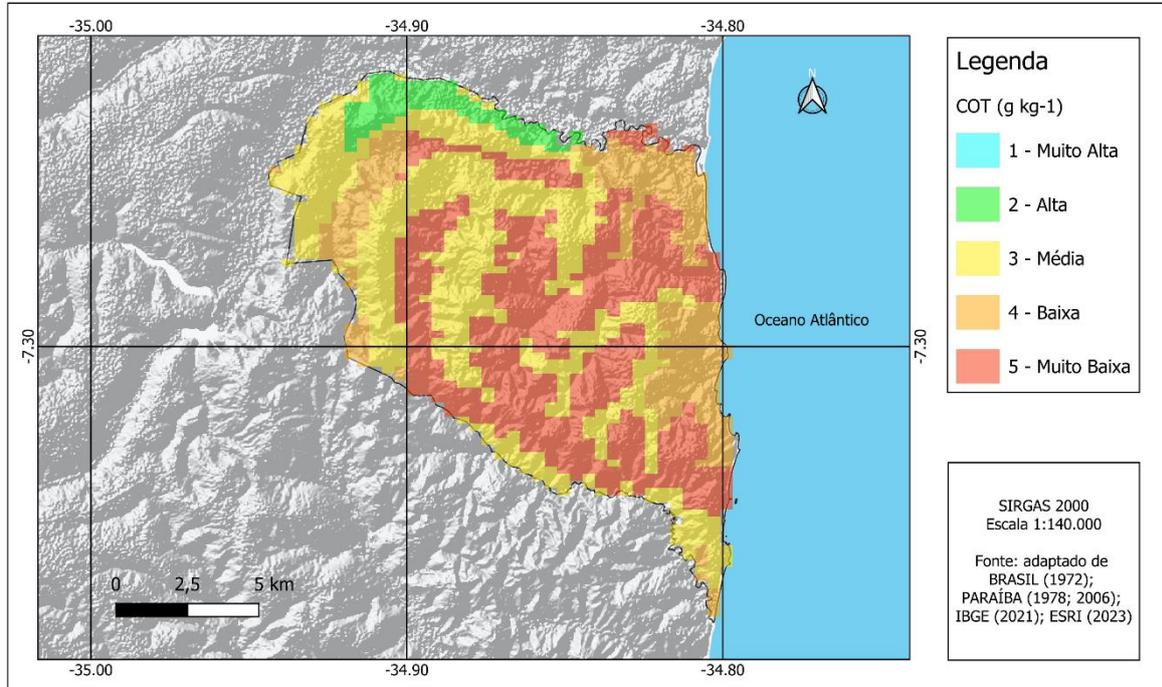


Figura 29. COT (g kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

Quanto a MOS (Figura 30), se distribui em 50% da área na classe de frequência Muito Baixo sob parte dos Argissolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos; e na frequência Baixo os demais 50% nos Gleissolos, Espodossolos e parte dos Argissolos.

Na Figura 31, representativa da distribuição espacial da fertilidade natural da camada superficial dos solos, pode-se verificar que, a classe de frequência Baixo apresenta maior representatividade na área em 118,06 km² (68,54%) sob os Argissolos; a classe de frequência Médio distribuída em 6,68 km² (3,88%) sob os Gleissolos, Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos; a classe de frequência Alto ocorre em 27,58% (47,50 km²) sob os Neossolos Flúvicos e Gleissolos; as demais classes de frequência não apresentam ocorrência na espacialização.

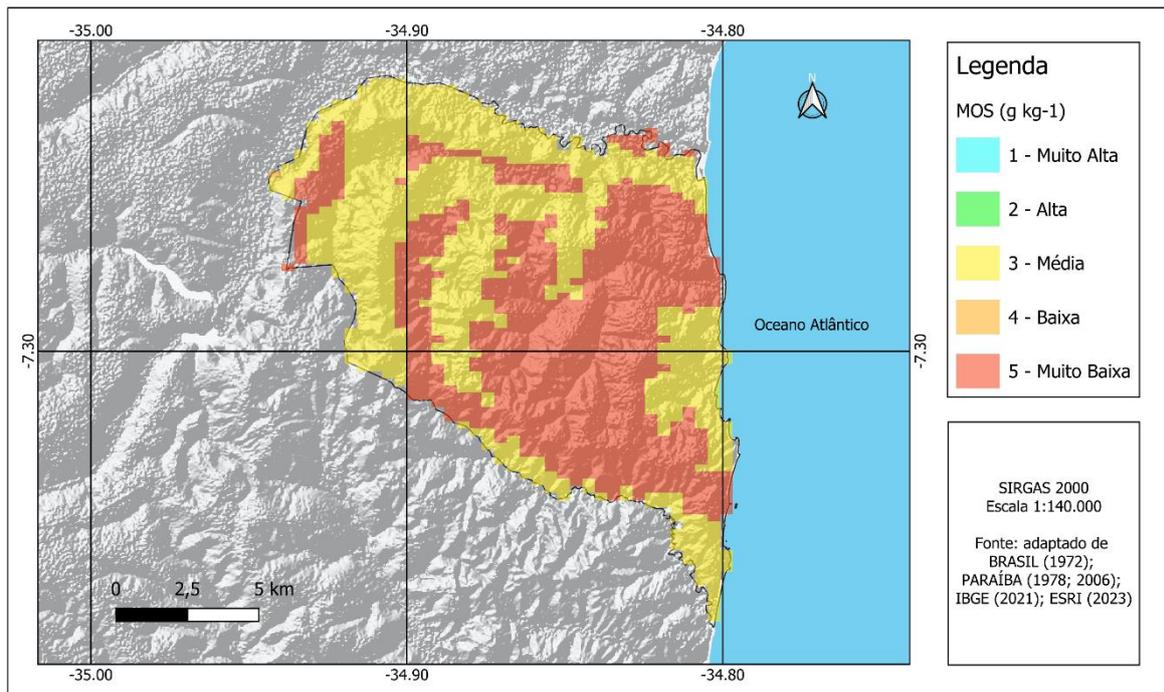


Figura 30. MOS (g kg⁻¹).

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2023).

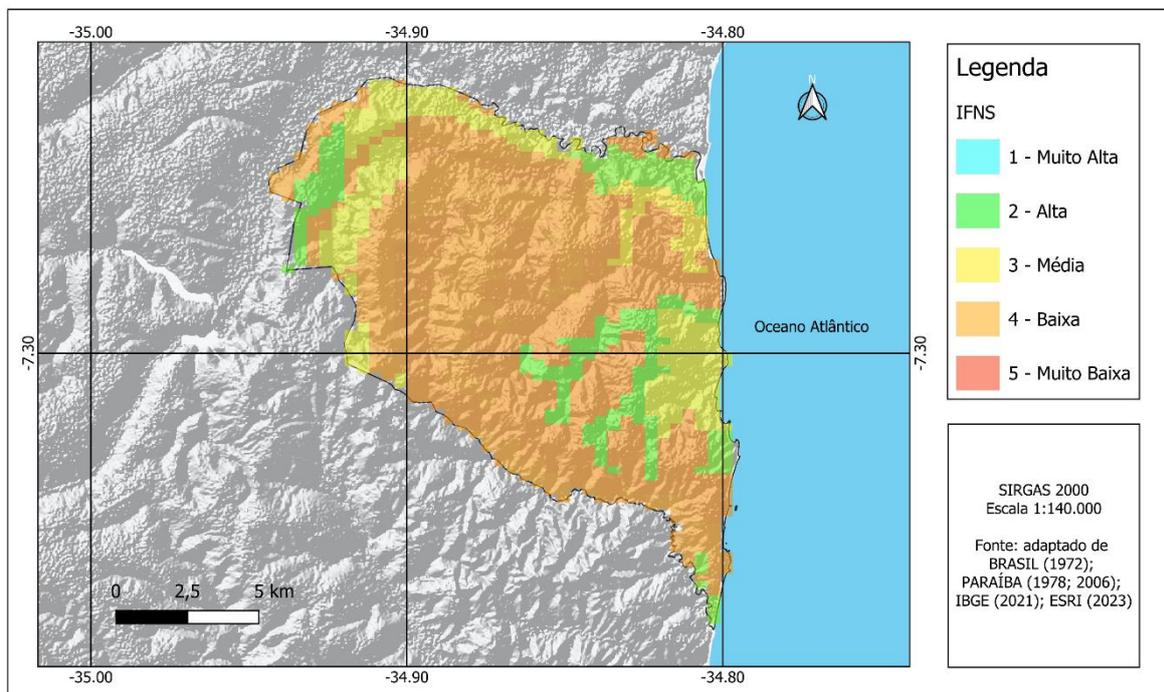


Figura 31. Fertilidade natural da camada superficial dos solos do município de Conde.

Fonte: adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1978; 2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

Observa-se que os pesos de maior frequência, no caso os atributos P, K, Ca, Mg e SB influenciam o resultado da distribuição espacial para a classe de frequência Muito Baixo, diferentemente dos demais atributos que influenciam para as demais classes de frequência Média como o Ds, CTC e MOS; e o PST influenciando para a classe Alto de frequência.

Chaves e Souza (2016) afirmam que, o aumento no teor de MOS poderá melhorar a retenção de água nos solos mais arenosos; além disso, favorece a melhoria da fertilidade dos solos, devido a disponibilização de elementos essenciais para as plantas como fósforo, magnésio, cálcio, enxofre e micronutrientes.

Os Argissolos Vermelhos distróficos típicos apresentam a limitação ao uso agrícola decorrente da baixa fertilidade natural. Necessitam, portanto, de correção de acidez e adubação para a utilização agrícola intensiva. Quanto aos Neossolos Quartzarênicos órticos típicos, as suas principais limitações à sua utilização agrícola, são a muito baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, determinada pela sua textura arenosa, que inclusive dificulta as práticas de adubação que visam a serem feitas. Demonstrando concordância com os resultados obtidos por este trabalho (CAVALCANTE et al., 2005).

Os Espodossolos Hidromórficos, são solos de baixa fertilidade, ácidos e muitas vezes ricos em alumínio trocável. Os Gleissolos Tiomórficos (GJ), possuem uma variação acentuada de atributos químicos, físicos e mineralógicos. A capacidade de troca de cátions e a saturação por bases variam desde muito baixas até muito elevadas, fato que lhes confere grande heterogeneidade do ponto de vista químico. No entanto os teores totais e relativos de Alumínio são bastante elevados em parte dos gleissolos, requerendo elevadas doses de corretivos para neutralizar os problemas de toxicidade pelo Al. Como são também solos muito pobres em nutrientes, requerem substancial adição de fertilizantes para produzirem adequadamente (CAVALCANTE et al., 2005).

Observa-se por este trabalho, quanto ao caráter físico-conservacionista, a necessidade de maior aporte de nutrientes e matéria orgânica nas áreas de ocorrência dos Argissolos, Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos, na melhoria da fertilidade dos mesmos e conseqüentemente sua conservação.



CONCLUSÃO

O uso das geotecnologias proporcionou resultados satisfatórios na espacialização dos atributos dos solos com rapidez e precisão.

O modelo paramétrico simplificado do índice de fertilidade natural do solo permitiu classificar, mapear e identificar os atributos dos solos.

Os testes de normalidade de apresentaram-se semelhantes entre si.

Foi possível identificar dados qualitativos da fertilidade dos solos na área de estudo onde os atributos dos solos considerados limitantes em que a fertilidade apresentou baixos teores de nutrientes P, K, Ca, Mg, SB e baixos teores orgânicos de MOS.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEJUWON, J. O.; EKANADE, O. A comparison of soil properties under different landuse types in a part of the Nigerian Cocoa Belt. *Catena*, v.15, p.319-331, 1988.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Crescimento de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.319-326, 1996.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.26-28.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S.; BASSOI, L. H.; SILVA FILHO, J. G. Espacialização da Porcentagem de Sódio Trocável do solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 19p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61).

- ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of t. *Journal of American Statistical Association*, v.49, p.765-769, 1954.
- ANDRADE, S. F. DE. Mapeamento digital da fertilidade do solo das regiões Norte, Noroeste e Serrana do Estado do Rio de Janeiro. 181f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental). Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2010.
- ANDRADE, S. F. DE; MENDONÇA-SANTOS, M. DE L. Predição da fertilidade do solo do polo agrícola do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.9, p.1386-1395, 2016.
- BAI, Z. G.; DENT, D. L.; OLSSON, L.; SCHAEPMAN, M. E. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management*, v.24, n.3, p.223-234, 2008.
- BARBOSA, C. C. F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 152f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1997.
- BARBOSA, T. S.; LIMA, V. F. DE; FURRIER, M. Mapeamento geomorfológico e geomorfologia antropogênica do município do Conde – Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.20, n.3, p.525-540, 2019.
- BECKETT, P. H. T.; WEBSTER, R. Soil variability: a review. *Soil Fertility*, v.34, p.1-15, 1971.
- BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey report in Brazil. *Geoderma*, v.139, p.90-97, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia 8). Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972.
- BRUINSMA, J. (Ed.). *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective*. London: Earthscan Publications, 2003. 432p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-y4252e.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- BRUINSMA, J. (Ed.). *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective*. London: Earthscan Publications, 2003. 432p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.613-622, 2011.
- CARVALHO JUNIOR, W. DE; PINHEIRO, H. S. K.; BARBOSA, T. R. P. Pedometria e mapeamento digital: contribuições na classificação e mapeamento de solos. (org.) SILVA-MATOS, R. R. S.;

- BARBOSA, L. M. P.; ARAUJO, M. B. F. In: Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias 2. 43-60p. Atena Editora, 2020.
- CARVALHO, M. G. R. F. de. Estado da Paraíba: classificação geomorfológica. João Pessoa. Editora Universitária UFPB, 1982. 72p.
- CAVALCANTE, F. de S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v.4, n.8, p.1-10, 2005.
- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1381-1396, 2007.
- CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; CHAVES, L. H. G.; Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. Revista Caatinga, v.28, n.1, p.183-195, 2015.
- CHAVES, L. H. G.; SOUZA, R. S. DE. Avaliação da fertilidade dos solos da região produtora de abacaxi do Estado da Paraíba. Enciclopédia Biosfera, v.13, n.24, p.128-134, 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1999. 236p.
- CORREA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos da região das várzeas de Sousa-PB. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.2, p.311-324, 2003.
- CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p.289-298, 1999.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea - Estado da Paraíba. Diagnóstico do Município de Conde. Recife, 2005. 21p.
- CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.5, p.539-548, 2012.
- DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. 4ª aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2001. 266p.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob

- sistema plantio direto no cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.1, p.8-19, 2011.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.1, p.8-19, 2011.
- DOBOS, E.; MICHELI, E.; BAUMGARDNER, M. F.; BIEHL, L.; HELT, T. Use of combined digital elevation model and satellite data for regional soil mapping. *Geoderma*, v.97, p.367-391, 2000.
- DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society American Journal*, v.44, p.765-771, 1980.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, v.15, p.3-11, 2000.
- DORNELLAS, P. DA C.; SEABRA, V. DA S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. DA. Estimativa de perdas de solo na bacia do Alto rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba. *Revista Okara*, v.11, n.2, p.338-350, 2017.
- DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. *Revista Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.168-189, 2009.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 412p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento pedológico detalhado (Escala 1:5.000) e estoque de carbono orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo, municípios Cabedelo e João Pessoa, PB. (Org). COELHO, M. R. et al. Rio de Janeiro, 2017. 122p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SANTOS et al. 5a. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 359p.
- ESRI. Mapa Topográfico Mundial. Disponível em: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: junho de 2023.
- FERNANDES, V. L. B. Levantamento do nível de fertilidade dos solos das vilas colonizadas da Serra do Mel. ESAM/Fundação Guimarães Duque, 1991. 66p. (Coleção Mossoroense).
- FERREIRA, C. E. G.; PRADO, R. B.; BENITES, V. de M.; POLIDORO, J. C. Proposta metodológica para o mapeamento da demanda de potássio para o Sudoeste Goiano. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32, 2009, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2009.

- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análise de solo. Jabotical: FCAV, 1990. 94p.
- FILIPPINI ALBA, J. M. Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.84-95.
- FILIPPINI ALBA, J. M. Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.84-95.
- FRACETTO, F. J. C. et al. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1545-1552, 2012.
- FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semiárido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.83-91, 2005.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. Revista Educação Agrícola Superior, v.28, n.1, p.30-35, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das Terras para Mecanização Agrícola - Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as principais culturas. EPGRAF, Campina Grande, 2017. 120p.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P. DE; RIBEIRO, G. DO N.; SILVA, V. F.; SILVINO, G. DA S. Atualização e mapeamento dos solos do Estado da Paraíba utilizando SRTM e SIBCIS. Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology, v.8, n.2, p.33-42, 2023.

- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P. DE; SILVA, V. F.; RODRIGUES, R. C. M. Índice de fertilidade natural da camada superficial dos solos do Estado da Paraíba modelado através de geotecnologias. *Revista GeoUECE*, v.X, n.X, e202200, 2024.
- FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N.; AYRES, G. D. J.; RODRIGUES, R. C. M. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do Estado da Paraíba utilizando Mapbiomas©. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, v.8, n.3, p.33-42, 2023.
- FREGONEZI, G. A. F.; PRETE, R. O.; ALMEIDA, L. H. C. Avaliação econômica da correção de solos pelo método tradicional e pela agricultura de precisão. *Synergismus Scyentifica*, v.9, n.1, p.484-497, 2014.
- FREGONEZI, G. A. F.; PRETE, R. O.; ALMEIDA, L. H. C. Avaliação econômica da correção de solos pelo método tradicional e pela agricultura de precisão. *Synergismus Scyentifica*, v.9, n.1, p.484-497, 2014.
- GIANEZINI, M.; SALDÍAS, R.; CEOLIN, A. C.; BRANDÃO, F. S.; DIAS, E. A.; RUVIARO, C. F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. *Revista Economia & Tecnologia*, v.8, n.2, p.167-174, 2012.
- HENGL, T. A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables. Luxembourg: European Commission, 2007.
- HENGL, T.; HEUVELINK, G. B. M.; ROSSITER, D. G. About regression-kriging: From equations to case studies. *Computers & Geosciences*, v.33, p.1301-1315, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas territoriais. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.79, p.9-16, 2000.
- KIEHL, E. J. Manual de Edafologia: Relação Solo-Planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.
- KIYOTANI, I. B. Turismo de segundas residências: a degradação ambiental e paisagística das praias de Jacumã, Carapibus e Tabatinga – Conde/PB. 72f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.
- KRAVCHENKO, A. N.; OMONODE, R.; BOLLERO, G. A. Quantitative mapping of soil drainage classes using topographical data and soil electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, v.66, p.235-243, 2002.

- LAGACHERIE, P. Digital soil mapping: a state of the art. In: HERTMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L. Digital soil mapping with limited data. Ed. Springer, 2008. p.3-14.
- LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B. Chapter 1. Spatial soil information system and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. *Developments in Soil Science*, v.31, p.3-22, 2007.
- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- LIMA, J. S. DE S.; SATTLER, M. A.; XAVIER, A. C.; OLIVEIRA, R. B. DE; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2634-2637, 2009.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, v.117, p.3-52, 2003.
- MINASNY, B.; MALONE, B.; STOCKMANN, U.; ODGERS, N.; MCBRATNEY, A. B. Pedometrics. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, p.1-10, 2014.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, v.264, p.301-311, 2016.
- MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.2, p.385-396, 2015.
- MOREIRA, A.; GONÇALVES, J. R. P.; PLÁCIDO JÚNIOR, C. G. Mapas da distribuição aproximada da fertilidade dos solos do Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 21p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 40).
- NAUMOV, A. S.; OLIVEIRA, R. P. de; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. Balanced fertilization for sustainable development of agriculture in the savannas of South America: towards a geographical approach. *Geography, Environment, Sustainability*, v.5, n.4, p.84-95, 2012.
- NEVES, S. M. Análise geo-ambiental do litoral sul da Paraíba: Pitimbu-Caaporã. 137f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1993.

- NEVES, S. M. Erosão costeira no Estado da Paraíba. 120f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2003.
- NOVO, E. M. L. DE M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2008. 308p.
- PALM, C.; SANCHEZ, P.; AHAMED, S.; AWITI, A. Soils: a contemporary perspective. Annual Rev. Environment Resource, v.32, p.99-129, 2007.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, 2006. 112p.
- PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy, v.67, p.1-85, 1999.
- PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. Revista Ceres, v.57, n.4, p.545-553, 2010.
- PRADO, R. B.; BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; POLIDORO, J. C.; DART, R. O.; NAUMOV, A. Mapping potassium availability from limited soil profile data in Brazil. In: HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L. (Ed.). Digital soil mapping with limited data. Wageningen: Springer, 2008. p.91-101.
- PRADO, R. B.; FERREIRA, C. E. G.; BENITES, V. de M. Proposta metodológica para mapeamento da demanda potencial de potássio para áreas agrícolas do sudoeste goiano, considerando uso, manejo e textura dos solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 32p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 195). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79152/1/BPD-195-Proposta-map-sudoeste-goiano.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. de M.; BALIEIRO, F. C.; FERREIRA, C. E. G. Mapeamento da disponibilidade de cálcio e magnésio em solos do Sudoeste Goiano. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, 2007, Gramado. Anais...Gramado, 2007.
- QGIS. Development Team. 2023. QGIS Geographic Information System. OpenSource Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 2.a ed. Rio de Janeiro: SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS, 1993. 57p.

- REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v.32, n.5, p.1805-1816, 2008.
- SÁ, T. F. F. DE; COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; BRAGA JUNIOR, J. M. Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: *Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 3, 2012, Recife. *Anais... Recife*, 2012.
- SÁ, T. F. F. DE; FRANCISCO, P. R. M.; COSTA FILHO, J. F. DA. Bacias hidrográficas e gestão ambiental integrada através de SIG. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 8, 2012, Campina Grande. *Anais...Campina Grande*, 2012.
- SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. Dinâmica da matéria orgânica no bioma caatinga. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds). *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo*. 2. ed. Porto Alegre, RS: Metrópole, 2008. p.419-441.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.
- SILVA, D. R. DA. Qualidade do solo em diferentes condições de uso no semiárido paraibano. 55f. *Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)*. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2013.
- SILVEIRA, M. M. L.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do Semiárido da Paraíba e Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.2, p.281-291, 2006.
- SILVESTRE, A. L. *Análise de dados e estatística descritiva*. Escolar Editora, 2007.
- SONON, L. S.; SAHA, U.; KISSEL, D. E. *Soil Salinity: Testing, Data Interpretation and Recommendations*. University of Georgia. UGA Cooperative Extension Circular 1019, 6. 2015.
- SOUZA, L. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. 162f. *Tese (Doutorado)*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1992.
- SRINIVASARAO, C. H. et al. Sustaining agronomic productivity and quality of a Vertisolic soil (Vertisol) under soybean-safflower cropping system in semi-arid central India. *Can Journal Soil Science*, v.92, p.771-785, 2012.
- TURETTA, A. P. D.; BACA, J. F. M.; PRADO, R. B.; BALIEIRO, F. DE C.; OLIVEIRA, R. P. DE; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. DE M. *Iniciativas para o mapeamento do potencial de fertilidade dos solos Brasileiros*. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2013. 10p. (Comunicado Técnico, 70).
- USDA. US Salinity Laboratory Staff. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agricultural Handbook No. 60. USA, 1954. 160p.

- VASCONCELLOS, M.; DIEGUES, A. C.; SALES, R. R. Alguns aspectos relevantes relacionados à pesca artesanal costeira nacional. In: Nas redes da pesca artesanal. COSTA, A. L. (Org.). Brasília: IBAMA/PNUD, 2007. v.1, n.1, p.1-45.
- VASCONCELOS, G. F. DE. Caracterização físico-geográfica das praias do município de João Pessoa/PB. 83f. Monografia (Bacharelado). DGEOC. Universidade Federal da Paraíba. 2007.
- VENDRUSCOLO, J.; BARBOSA, M. A. DA S.; ABRANTES, E. G. DE; SOUZA, R. F. DA S.; FERREIRA, K. R.; MARIN, A. M. P.; SOUZA, E. F. M. DE. Uso de geotecnologias para o manejo da fertilidade do Neossolo Litólico em agroecossistema familiar, no semiárido paraibano. Revista Científica Multidisciplinar, v.3, n.10, p.1-16, 2022.
- VETTORATO, J. A. Mapeamento da fertilidade do solo utilizando sistema de informação geográfica. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade do Estado de São Paulo. Botucatu, 2003.
- WIKIPEDIA. Conde. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Conde_\(Para%C3%ADba\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Conde_(Para%C3%ADba)). Acesso em: 11 de março de 2023.



ANEXOS

Os anexos têm como fonte de dados dos perfis descritos no Boletim do Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972).

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL — 47. SOLO ALUVIAL EUTRÓFICO textura argilosa fase floresta penerifólia de várzea relêvo plano.

Número de campo — 2 PB. — (Zona do Litoral e Mata).

Amostra de labor. n.º: 2075 a 2078.

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		pH		Equiv. de Umidade	Pasta saturada		Sat. c/ sódio 100 . Na+ T	
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)		C.E. do extrato (mmhos/cm 25°C)	Água (%)		
A _p	0- 15	0	0	5,5	4,3	31	0,8	64	2	
IIc	15- 50	0	0	5,9	4,1	29	1,0	59	4	
IIIc	50-100	0	5	6,3	4,4	18	1,4	42	13	
IVc	100-130+	0	0	7,0	5,2	48	2,9	64	31	
Ataque por H ₂ SO ₄ D = 1,47 (%)					Ki	Kr	Al ₂ O ₃	P assimil (ppm)	Equiv. de CaCO ₃ (%)	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅						Fe ₂ O ₃
19,0	8,6	7,2	0,96	0,12	3,75	2,45	1,87	13	—	
20,3	10,0	7,5	0,96	0,09	3,45	2,33	2,09	11	—	
9,5	5,0	3,5	0,51	0,05	3,23	2,24	2,23	22	—	
22,4	10,0	7,4	0,94	0,08	3,81	2,59	2,13	23	—	
Complexo sortivo (mE/100 g)								V Sat. de bases (%)	100. Al+++ Al+++ +S	
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S(soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T (soma)			
9,2	8,3	0,26	0,45	18,2	0,3	6,4	24,9	73	2	
7,2	10,1	0,17	0,96	18,4	0,5	3,8	22,7	81	3	
1,3	5,9	0,10	1,23	8,5	0,2	0,9	9,6	89	2	
2,7	9,5	0,12	5,53	17,9	0	0	17,9	100	0	
C (%)	N (%)	C/N	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Grau de Floculação (%)	%	
			Areia grossa 0-0,20 (mm)	Areia fina 0,20-0,05 (mm)	Silte 0,05-0,002 (mm)	Argila <0,002 (mm)			%Silte	%Argila
1,90	0,21	9	5	4	50	41	32	22	1,22	
0,60	0,09	7	7	4	44	45	43	4	0,98	
0,12	0,03	4	52	14	14	20	19	5	0,70	
0,30	0,07	4	13	7	30	50	50	0	0,60	
Sais solúveis (extrato 1:5)										
mE/100 g de terra fina				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼			
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,5	0,9	—	0,82	—	—	—	—	—	—	
0,6	2,3	—	5,31	—	—	—	—	—	—	
Relação textural: $\frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_2\text{)}}{\text{Média das \% de argila no A}} =$										

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL — 46. PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrado relevo plano.

Número de campo — 35 PB. — (Zona do Litoral e Mata).

Amostra de labor. n.º: 2068 a 2071.

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		pH		Equiv. de Umidade	Pasta saturada		Sat. c/ sódio $\frac{100 \cdot Na^+}{T}$
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)		C.E. do extrato (mmhos/cm 25°C)	Água (%)	
A ₁	0- 8	0	0	5,7	4,5	2	—	—	1
A ₂	8- 90	0	1	5,9	4,6	2	—	—	2
B _h	90-103	0	2	5,5	4,7	8	—	—	1
B _{hir}	103-120+	0	1	5,5	4,9	21	—	—	<1
Ataque por H ₂ SO ₄ D = 1,47 (%)					Ki	Kr	Al ₂ O ₃	P assimil. (ppm)	Equiv. de CaCO ₃ (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅			Fe ₂ O ₃		
0,7	1,0	0,3	0,50	0,02	1,19	1,00	5,23	1	—
0,5	1,0	0,4	0,43	0,01	0,85	0,68	3,92	1	—
1,4	2,8	0,7	0,59	0,02	0,85	0,73	6,28	1	—
9,1	13,0	5,6	0,80	0,02	1,19	0,93	3,64	1	—
Complexo sortivo (mE/100 g)								V Sat. de bases (%)	$\frac{100 \cdot Al^{+++}}{Al^{+++} + S}$
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S(soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T (soma)		
0,3	3	0,03	0,03	0,4	0,2	2,0	2,6	15	33
0,3	3	0,03	0,05	0,4	0,2	1,7	2,3	17	33
0,2	2	0,09	0,11	0,4	0,5	7,4	8,3	5	56
0,2	2	0,06	0,09	0,4	0,4	11,0	11,8	3	50
C (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Grau de Flocculação (%)	$\frac{\%Silte}{\%Argila}$
			Areia grossa 2-0,20 (mm)	Areia fina 0,20-0,05 (mm)	Silte 0,05-0,002 (mm)	Argila <0,002 (mm)			
0,41	0,05	8	76	19	2	3	2	33	0,67
0,20	0,03	7	67	27	3	3	1	66	1,00
1,46	0,08	18	63	24	6	7	2	71	0,86
2,24	0,08	28	58	21	11	10	4	60	1,10
Sais solúveis (extrato 1:5)									
mE/100 g de terra fina				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄		
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Relação textural: $\frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_3)}{\text{Média das \% de argila no A}} = 2,8$									

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL — 64. AREIAS QUARTZOSAS MARINHAS EUTRÓFICAS fase relevo plano.

Numero de campo — 80 B — (Zona do Litoral e Mata).

Amostra de labor. n.º: 4912 a 4914.

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		pH		Equiv. de Umidade	Pasta saturada		Sat. c/ sódio $\frac{100 \cdot Na^+}{T}$
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)		C.E. do extrato (mmhos cm 25°C)	Água (%)	
A ₁	0- 20	0	0	6,6	6,0	2	—	—	2
C ₁	20- 75	0	0	6,8	6,2	1	—	—	3
C ₂	75-130+	0	x	8,8	8,6	2	—	—	12
Ataque por H ₂ SO ₄ D = 1,47 (%)					Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_2}$	P assimil. (ppm)	Equiv. de CaCO ₃ (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅					
—	—	—	—	—	—	—	—	4	—
—	—	—	—	—	—	—	—	6	—
—	—	—	—	—	—	—	—	13	5
Complexo sortivo (mE/100 g)								V Sat. de bases (%)	$\frac{100 \cdot Al^{++}}{Al^{+++} + S}$
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S(soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T (soma)		
1,5	0,2	0,01	0,03	1,7	0	0,1	1,8	94	0
0,4	0,1	0,01	0,02	0,5	0	0,1	0,6	83	0
2,1	0,3	0,01	0,32	2,7	0	0,0	2,7	100	0
C (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Grau de Flocculação (%)	$\frac{\% \text{ Silte}}{\% \text{ Argila}}$
			Areia grossa 2-0,20 (mm)	Areia fina 0,20-0,05 (mm)	Silte 0,05-0,002 (mm)	Argila <0,002 (mm)			
0,25	0,03	8	74	25	1	x	0	—	—
0,08	0,01	8	86	13	1	x	0	—	—
0,04	0,01	4	75	21	3	1	0	0	3,00
Sais solúveis (extrato 1:5)									
mE/100 g de terra fina				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄		
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Relação textural: $\frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_3\text{)}}{\text{Média das \% de argila no A}}$ =									

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL — 46. PODZOL HIDROMÓRFICO fase cerrado relevo plano.

Número de campo — 35 PB. — (Zona do Litoral e Mata).

Amostra de labor. n.º: 206S a 2071.

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		pH		Equiv. de Umidade	Pasta saturada		Sat. c/ sódio 100 · Na+ / T
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)		C.E. do extrato (mmhos/cm 25°C)	Água (%)	
A ₁	0- 8	0	0	5,7	4,5	2	—	—	1
A ₂	8- 90	0	1	5,9	4,6	2	—	—	2
B _h	90-103	0	2	5,5	4,7	8	—	—	1
B _{hír}	103-120+	0	1	5,5	4,9	21	—	—	<1
Ataque por H ₂ SO ₄ D = 1,47 (%)					Ki	Kr	Al ₂ O ₃	P assimil. (ppm)	Equiv. de CaCO ₃ (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅					
0,7	1,0	0,3	0,50	0,02	1,19	1,00	5,23	1	—
0,5	1,0	0,4	0,43	0,01	0,85	0,68	3,92	1	—
1,4	2,8	0,7	0,59	0,02	0,85	0,73	6,28	1	—
9,1	13,0	5,6	0,80	0,02	1,19	0,93	3,64	1	—
Complexo sortivo (mE/100 g)								V Sat. de bases (%)	100 · Al+++ / Al+++ + S
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S(soma)	Al+++	H ⁺	T (soma)		
0,3	3	0,03	0,03	0,4	0,2	2,0	2,6	15	33
0,3	3	0,03	0,05	0,4	0,2	1,7	2,3	17	33
0,2	2	0,09	0,11	0,4	0,5	7,4	8,3	5	56
0,2	2	0,06	0,09	0,4	0,4	11,0	11,8	3	50
C (%)	N (%)	C/N	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Grau de Floculação (%)	%Silte / %Argila
			Areia grossa 2-0,20 (mm)	Areia fina 0,20-0,05 (mm)	Silte 0,05-0,002 (mm)	Argila <0,002 (mm)			
0,41	0,05	8	76	19	2	3	2	33	0,67
0,20	0,03	7	67	27	3	3	1	66	1,00
1,46	0,08	18	63	24	6	7	2	71	0,86
2,24	0,08	28	58	21	11	10	4	60	1,10
Sais solúveis (extrato 1:5)									
mE/100 g de terra fina				HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄		
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Relação textural: $\frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_3)}{\text{Média das \% de argila no A}} = 2,8$									



CURRICULUM DOS AUTORES

Paulo Roberto Megna Francisco: Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba-UFPB-CCA/Areia. Graduado como Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorado em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010), Graduado como Tecnólogo Agrícola (Mecanização) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atua como pesquisador, colaborador e orientador em projetos junto à UFPB Campus de Areia, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola e pedoclimática, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Foi Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC. Atualmente colabora como organizador e na comissão científica do CNMA-Poços de Caldas.

paulomegna@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

José Hugo Simplicio de Sousa: Engenheiro de Biosistemas pela Universidade Federal de Campina Grande, CDSA/Campus Sumé com ênfase em Sensoriamento Remoto e geoprocessamento. Atuou como bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica-PIBIC, em projetos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, entre 2021 a 2023 e atuou em projeto na área de secagem de alimentos entre 2020 e 2021. Ex-Membro Associado Consultor Júnior da SustumBIO Jr, Empresa Júnior do curso de Engenharia de Biosistemas da UFCG/CDSA.

hugosimplicio123@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5068-0663>

George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

José Nilton Silva: Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2009), Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), Licenciado em Química pela Universidade Estadual da Paraíba (2006). É Professor Adjunto na Universidade Federal de Campina Grande, lotado no Departamento de Engenharia Química, do Centro de Ciências e Tecnologias. Tem experiência na área de Engenharia Química, Sistemas Computacionais, com ênfase em processos e processamento de dados, atuando principalmente nos temas: modelagem, simulação de processos, projeto de processos industriais e energias renováveis. Na área de Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação é ativo em Sistemas de Inovação, Empreendedorismo Inovador, Proteção do Conhecimento, Transferência de Tecnologia, Interação Universidade-Empresa e Incubadoras de Empresas/Parques Tecnológicos. É orientador do quadro dos PPGs em Engenharia Química-UFCG e do PROFNIT- ponto focal Paraíba. Coordenou o Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia NITT/UFCG (2017-2018), e atual assessor de PI do NITT-UFCG, e em 2018, Diretor Geral da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba – PaqTcPB.

nilton@eq.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7128-8396>



978-65-01-06777-3