



UFC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MONIQUE MOURÃO PINHO

**ANÁLISE DOS SOLOS E DO NDVI POR SENSORIAMENTO REMOTO DO
MUNICÍPIO DE PORANGA-CE**

FORTALEZA

2022

MONIQUE MOURÃO PINHO

ANÁLISE DOS SOLOS E DO NDVI POR SENSORIAMENTO REMOTO DO
MUNICÍPIO DE PORANGA-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Raul Shiso Toma

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P724a Pinho, Monique Mourão.
Análise dos solos e do NDVI por sensoriamento remoto do município de Poranga-CE / Monique Mourão Pinho. – 2022.
35 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Raul Shiso Toma.

1. Semiárido. 2. Caatinga. 3. Landsat. I. Título.

CDD 630

MONIQUE MOURÃO PINHO

ANÁLISE DOS SOLOS E DO NDVI POR SENSORIAMENTO REMOTO DO
MUNICÍPIO DE PORANGA-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 04/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raul Shiso Toma (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Marcio Regys Rabelo de Oliveira, Msc.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Thiago Costa dos Santos, Msc.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Jaeger Pinho e Mônica
Mourão.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar os principais tipos de solo e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do município de Poranga-CE para os anos de 2014, 2016, 2018 e 2020, utilizando técnicas de sensoriamento remoto como forma de subsídio para o conhecimento, uso e conservação dos solos presentes na área. Para que pudéssemos analisar os solos e a vegetação, foi necessário o desenvolvimento de mapas de solos, declividade e NDVI através de imagens do satélite Landsat8, sensor OLI, Modelos Digitais de Elevação (MDE) e de Shapefiles. Os processos de criação dos mapas foram realizados dentro de dois ambientes SIG: o Qgis versão 3.16 e o Global Mapper v.11. Também foram coletados dados de pluviosidade média anual dos anos de 2014 a 2020 para ajudar a analisar o comportamento da vegetação nos resultados de NDVI, já que se trata de uma região com clima e vegetação característicos do Semiárido. Os mapas e os dados de pluviosidade possibilitaram analisar e chegar à conclusão de que os principais solos que ocorrem na área de estudo pertencem às classes de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, LATOSSOLOS AMARELOS, PLANOSSOLOS HÁPLICOS e os ARGISSOLOS VERMELHOS com predominância dos relevos Plano, Suave Ondulado e Ondulado, e que a cobertura vegetal do município aumentou devido aos níveis crescentes de precipitações a partir de 2014.

Palavras-chave: Semiárido; Caatinga; Landsat.

ABSTRACT

The present work aimed to analyze the main types of soil and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of the municipality of Poranga-CE for the years 2014, 2016, 2018 and 2020, using remote sensing techniques as a form of subsidy. for the knowledge, use and conservation of the soils present in the area. So that we could analyze the soils and vegetation, it was necessary to develop soil maps, slope and NDVI through Landsat8 satellite images, OLI sensor, Digital Elevation Models and Shapefiles. The maps creation processes were carried out within two GIS environments, Qgis version 3.16 and Global Mapper. Average annual rainfall data from 2014 to 2020 were also collected to help analyze the behavior of vegetation in the NDVI results, since it is a region with a climate and vegetation characteristic of the semiarid region. . The maps and rainfall data allowed us to analyze and reach the conclusion that the main soils that occur in the study area belong to the classes of NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, LATOSSOLOS AMARELOS, ARGISSOLOS VERMELHOS and PLANOSSOLOS HÁPLICOS with a predominance of Plano, Suave Ondulado and Ondulado reliefs, and that the vegetation cover of the municipality has increased due to the increasing levels of precipitation since 2014.

Keywords: Semiárido; Caatinga; Landsat.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Características do Semiárido	10
2.2 Solos do Semiárido.....	11
2.2.1 NEOSSOLOS	11
2.2.2 LATOSSOLOS.....	12
2.2.3 ARGISSOLOS	12
2.2.4 PLANOSSOLOS	13
2.2.5 LUVISSOLOS.....	13
2.2.6 CAMBISSOLOS	14
2.3 Sensoriamento Remoto.....	15
2.3.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Shapefiles	18
3.3 Mapa de Solos	19
3.4 Fontes de dados para declividade e NDVI	19
3.5 Mapa de Declividade	20
3.6 Dados de Pluviométricos	22
3.7 Mapa de NDVI	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1 Avaliação do mapa de solos	25
4.2 Avaliação do mapa de declividade	28
4.3 Avaliação dos dados de pluviosidade.....	30
4.4 Avaliação dos mapas de NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....	31
REFERÊNCIAS	35
ANEXO A – MAPA HIPSOMÉTRICO DO CEARÁ.....	37

1 INTRODUÇÃO

Poranga, no tupí significa bonito ou bela, é um município pertencente ao estado do Ceará, localizado a uma distância de 340 Km da capital, fazendo parte da microrregião de Ipu e possui uma população estimada de 12 mil habitantes com renda salarial advindas do comércio, de cargos públicos e da agropecuária.

Fazendo parte da região semiárida brasileira, o município possui características típicas como o clima e a vegetação. As chuvas têm ocorrência, de forma concentrada, nos meses de janeiro a abril e má distribuídas ao longo do ano, com vegetação do bioma Caatinga como espécies hipoxerófilas e hiperxerófilas, ou seja, plantas sensíveis às variações pluviométricas e disponibilidade de água nos solos.

O NDVI possibilita observar o comportamento da vegetação através da reposta espectral da clorofila das plantas, após o cálculo, valores mais próximos de 1.0 representam plantas mais saudáveis, com mais biomassa e com maior atividade fotossintética, enquanto que valores próximos de 0 indicam pouca ou nenhuma vegetação. É possível, também, fazer análises espaço-temporal para que haja uma melhor observação do comportamento da vegetação ao longo dos anos, já que as espécies da Caatinga são sensíveis à disponibilidade de água.

Os solos no semiárido são, em sua maioria, classificados como rasos a pouco profundos, com baixa capacidade de armazenamento de água e quando associados a relevos mais acidentados podem ser mais susceptíveis à erosão hídrica, um dos processos que mais causam a degradação dos solos através do escoamento superficial formado à medida em que a água das chuvas desce no relevo e ganha força, arrastando com ele a parte superficial do solo e tornando-o com potencial de uso agrícola mais baixo.

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar as principais classes de solos e o comportamento da vegetação através de técnicas de sensoriamento remoto, como o NDVI, para contribuir com futuros estudos sobre o município de Poranga, e, principalmente, para que o conhecimento do ambiente proporcione o melhor uso e conservação destes para a nossa e para as próximas gerações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características do Semiárido

O município de Poranga, segundo IPECE (2017) e IBGE (2020) (Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, respectivamente), está localizado na região Noroeste do estado do Ceará e abrange uma área territorial de cerca de 1.309,27Km², com altitude que varia até 750 m, clima Tropical quente Semiárido Brando, com chuvas concentradas nos meses de janeiro a abril e vegetação dos tipos carrasco, floresta caducifólia espinhosa e floresta subcaducifólia tropical pluvial.

Considerando o clima e outras características, como a vegetação, Poranga está inclusa nos 1262 municípios que fazem parte da Região Semiárida. A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) classificou o semiárido de acordo com os fatores climáticos que regem esta região, que são: índice de Aridez de Thornthwaite (IA), representando o critério para estabelecer áreas susceptíveis à desertificação, que para esta é igual ou inferior a 0,50; possui déficit hídrico igual ou superior a 60%, e média pluviométrica anual igual ou inferior a 800mm.

As chuvas no semiárido apresentam-se de forma irregular, tendo uma má distribuição espaço-temporal ao longo do ano e ocorre na maior parte no primeiro semestre, ou melhor, nos três (ou quatro) primeiros meses do ano, este fator quando associado às temperaturas que variam de 23°C a 27°C, às taxas de insolação elevadas e as baixas amplitudes térmicas, há a redução da água armazenada nos mananciais e reservatórios (DA SILVA et al. 2010; ZANELLA, 2014).

O tipo de vegetação predominante no semiárido é a Caatinga, bioma que se estabelece somente em território brasileiro, caracterizado por ser perfeitamente adaptado ao clima do semiárido, tem ocorrência de diversas espécies florísticas como as hipoxerófilas, hiperxerófilas, lenhosas, decíduas, espinhosas e alguns estratos arbóreos que variam de acordo com a disponibilidade de água por meio das precipitações pluviométricas e das reservas no solo (CUNHA et al. 2010; IBGE 2012; DA SILVA et al. 2010; ZANELLA 2014).

A disponibilidade dos recursos hídricos no semiárido está associada ao regime pluviométrico e à geologia. Para Cunha et al. (2010) e Zanella (2014), o material geológico que recobre a maior parte do semiárido são rochas cristalinas e algumas áreas sedimentares, havendo a formação e o predomínio de solos rasos com baixa capacidade de armazenamento e disponibilidade de água em subsuperfície.

2.2 Solos do Semiárido

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2018) define que a formação dos solos acontece a partir da atuação do clima e de microrganismos sobre um material de origem qualquer que sob a ação modificadora do relevo e do tempo leva a formação do solo. Então, dependendo do tipo e da posição do material de origem na paisagem e sua interação com o clima e os organismos que habitam aquele ambiente, os diferentes tipos de solos podem ser formados.

No semiárido o clima possui menos ação de formação dos solos, pois com má distribuição das precipitações ao longo do ano, ocorre a redução do intemperismo químico provocado pela água das chuvas. Com a geologia predominante cristalina, há a resistência do material de origem tanto ao intemperismo químico quanto ao físico, condicionando a formação de solos pouco profundos e com drenagem restrita (COELHO et al., 2019). Mas segundo Barbosa et al. (2017) há a presença de solos mais profundos e com boa capacidade de armazenamento de água em regiões de relevo plano com altitude superior a 600m.

Nas publicações de Correia et al. (2011) e Araújo Filho et al. (2019) estão listados como os principais solos encontrados no semiárido os: NEOSSOLOS (com destaque para os Litólicos e Quartzarênicos), LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, PLANOSSOLOS, LUVISSOLOS e CAMBISSOLOS. Segundo os SiBCS (2018), EMBRAPA (2014) e o IBGE (2015) estes solos possuem as seguintes definições, características e uso:

2.2.1 NEOSSOLOS

Os NEOSSOLOS são solos pouco desenvolvidos, principalmente por não apresentar horizonte diagnóstico B, que é o horizonte que representa a máxima expressão dos processos de formação dos solos, os processos pedogenéticos, são solos jovens em início de formação. O seu baixo grau de evolução deve-se à algumas características que estão ligadas ao material de origem, posição no relevo e ao clima da região, estes fatores podem influenciar de diversas formas no intemperismo e na formação destes solos (SiBCS 2018).

Por possuírem características morfológicas variadas, como a composição mineralógica e a profundidade, os NEOSSOLOS estão divididos em quatro subordens: os NEOSSOLOS LITÓLICOS, QUARTZARÊNICOS, REGOLÍTICOS e FLÚVICOS, sendo as duas primeiras subordens de maior importância em termos de ocupação no território semiárido.

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS possuem como principal característica o contato com a rocha (material de origem) dentro dos 50cm a partir da superfície, ou seja, são solos rasos formados a partir de qualquer rocha e o ocorre, geralmente, em regiões de relevo mais acidentado. Suas limitações ao uso agrícola devem-se a sua profundidade, à baixa capacidade de armazenamento de água, ao relevo movimentado e à sua alta susceptibilidade à erosão, porém estes podem ser utilizados como área de pastagem natural e preservação do ambiente (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015).

Já os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS podem ser formados tanto por rochas como por sedimentos, e são caracterizados por serem profundos, contato com a rocha depois dos 50cm, e de composição arenosa em sua maioria constituída por quartzo, e ocorrem em relevos planos e suave ondulado. Tem como fator limitante a sua drenagem excessiva que ocasiona a baixa capacidade de armazenamento de água e a baixa disponibilidade de nutrientes. Podem ser utilizados na fruticultura, pecuária e pastagem (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015; SiBCS, 2018).

2.2.2 LATOSSOLOS

Os LATOSSOLOS são solos em bem desenvolvidos formados a partir de diversos tipos de rochas e sedimentos com a presença do horizonte diagnóstico B Latossólico, caracterizado por ser profundo, com no mínimo 50cm, e por passar pelo processo de Ferralitização, que implica na remoção da sílica, a concentração de óxidos de ferro e alumínio e a presença dos argilo minerais do tipo 1:1, evidenciando seu alto grau de intemperismo. Estes solos possuem pouca diferenciação entre os horizontes tanto em textura como em cor, mas são subdivididos em Latossolos Brunos, Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Possuem boa capacidade de armazenamento de água e o seu uso está ligado a produção agrícola, pastagem e a silvicultura, porém com baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas devido ao seu intemperismo (EMBRAPA, 2014; SiBCS, 2018).

2.2.3 ARGISSOLOS

Os ARGISSOLOS ocorrem, geralmente, em relevos planos a suave ondulado com profundidades que variam de pouco profundo a profundos, e cores que vão de bruno-acinzentado, acinzentado, amarelo, vermelho e vermelho-amarelo. Este solo possui o horizonte B textural e passa pelo processo de Argiluviação, tendo como característica principal o

transporte e acúmulo, em subsuperfície, de argila de atividade baixa ou argila de atividade alta quando associada a baixa saturação por base ou caráter aluminico. Devido a textura que varia no perfil do solo, causado pelo processo de formação, a superfície tem textura mais arenosa que a superfície, favorecendo a susceptibilidade a erosão, fator limitante para o seu uso assim como a profundidade, relevo e drenagem. Contudo, pode ser utilizado na agricultura intensiva na pastagem e na silvicultura (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015; SiBCS, 2018).

2.2.4 PLANOSSOLOS

Estes solos ocorrem em regiões baixas de relevo plano a suave ondulado, com horizonte diagnóstico B Plânico e excessivo acúmulo e concentração de argila em profundidade. São formados horizontes superficiais e subsuperficiais que se diferenciam abruptamente em relação a textura, indo de arenoso a mais argiloso, causando restrição na permeabilidade e na drenagem da água no solo, o que em algumas épocas do ano ocasiona a formação de horizontes “pã”, responsáveis pela presença de um lençol d’água suspenso. Suas limitações devem-se ao encharcamento do solo, por serem de imperfeitamente a mal drenados, a sua profundidade efetiva, salinização, pedregosidade e o alto risco à erosão. Tem uso na pastagem, pecuária, no cultivo de subsistência e no artesanato para a fabricação de utensílios de barro (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015).

2.2.5 LUVISSOLOS

Os LUVISSOLOS apresentam horizonte diagnóstico B Textural com acúmulo de argila de atividade alta e saturação por base alta, de profundidade mediana, ou seja, são solos rasos a pouco profundos. Estes solos ocorrem em relevos planos a mais acidentados, são ricos em nutrientes para as plantas e possuem cores que variam de brunadas, acinzentadas, amareladas ou avermelhadas. Suas limitações no uso agrícola estão relacionadas a sua profundidade, relevo, pedregosidade superficial e alta susceptibilidade a erosão, e tem uso na agricultura de sequeiro, pecuária, pastagem e preservação ambiental (EMBRAPA, 2014; SiBCS, 2018).

2.2.6 CAMBISSOLOS

São solos pouco desenvolvidos, com estágio de evolução pedogenética mais avançada que os NEOSSOLOS, principalmente por possuírem o horizonte diagnósticos B incipiente. Possuem pouca variação de argila no perfil e são formados a partir de diversos tipos de rochas e sedimentos, formando características distintas como a profundidade que varia de rasos a até muito profundos, de bem a moderadamente drenados, mas com susceptibilidade a alagamento em regiões de várzeas, e na cor que varia de brunada a avermelhada (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015).

Além do risco ao alagamento, estes solos possuem limitações em termos de erosão, presença de alumínio trocável, que prejudica o desenvolvimento das raízes das plantas, pedregosidade e associação com relevo forte ondulado. São comumente utilizados na agricultura irrigada, no plantio de culturas perenes e de ciclo curto, pastagem e quando ocorrem mais acidentados, são utilizados para a preservação do meio ambiente (EMBRAPA, 2014; IBGE, 2015; e SiBCS, 2018).

Da Silva et al. (2010) diz que a relação entre as ações do homem e o meio onde vivem estão refletindo de forma negativa, principalmente na vegetação e no solo, causando sua degradação através de queimadas, desertificação, salinização ou por erosão. Portanto, o conhecimento das características e limitações da região Semiárida, e as demais, precisam ser consideradas para uma melhor interação entre o homem e o meio ambiente.

De acordo com o IBGE (2001 e 2019) técnicas de Sensoriamento Remoto auxiliam na obtenção de informações sobre a superfície da terra, utilizando ambientes SIG (sistemas de Informação Geográfica) e softwares como o QGIS e Global Mapper, é possível o mapear e avaliar os recursos naturais, permitindo sua análise e o seu monitoramento ao longo dos anos.

No mapeamento de solos alguns fatores devem ser levados em consideração, as Unidades Taxonômicas e as Unidades de Mapeamento. As Unidades Taxonômicas representam as classes de solos presentes na área de acordo com a classificação estabelecida pelo SiBCS (2018), de forma individual. Já as Unidades de Mapeamento agrupam classes de solos e tipos de terreno, como dunas e afloramentos rochosos, que ocupam a região com relação à sua posição na paisagem, servindo como base para configurar as extensões, tipos e distribuição espacial dos solos, ou terrenos, no mapa (IBGE 2015).

As Unidades de Mapeamento podem ser divididas em Simples e Combinadas. Na Unidade Simples, trabalha-se com apenas uma classe de solo que representa, no mínimo, 70% da área, possuindo inclusões de outros solos menos representativos no local. As Unidades

Combinadas são representadas por componentes de classes de solos com expressão de 20% na área, podendo haver de duas ou mais Unidades Taxonômicas, estando presentes, também, as inclusões em menores áreas. Desta forma pode-se obter, através de técnicas de sensoriamento remoto e da averiguação em campo, um mapeamento mais heterogêneo das classes de solos, utilizando níveis de levantamento como o Detalhado que com escala de 1:10.000 ou invés do Exploratório que utiliza escala de 1:1.000.000 que dificulta a distinção das classes de solos (IBGE 2015).

2.3 Sensoriamento Remoto

Segundo o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) o Sensoriamento Remoto baseia-se na utilização de sensores ativos que geram sua própria radiação, como o radar, ou na utilização sensores passivos, como os satélites, que recebem radiação eletromagnética de outra fonte, principalmente do sol. Estes sensores obtém os dados de forma remota considerando os materiais com temperatura maior que zero absoluto, que emitem, absorvem, refletem ou transmitem Radiação Eletromagnética. Estes dados são utilizados na realização de estudos sobre os recursos naturais da terra, como índices de vegetação, acompanhamento de queimadas e áreas em desertificação (IBGE, 2001),

Os sensores coletam dados a partir da energia eletromagnética fornecida pelo sol ou pelo próprio calor do alvo. Quando os dados são processados, os sensores transmitem informações sobre as características dos objetos imageados pelo satélite, como por exemplo os MDE, desenvolvidos pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) numa missão utilizando o radar global Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com o intuito de fornecer bases de dados que podem auxiliar em estudos de análise de declividade e altimetria do terreno através de dados matriciais, ou seja, imagens ou pixels.

O sensoriamento remoto possui três formas de aquisição de imagens, sendo elas por aerofotos, radar e satélites. As imagens de satélites como as fornecidas pelo LANDSAT8, lançado em 2013 e disponíveis para download no portal do Serviço Geológico Americano (USGS), fornecem imagens obtidas através de dois sensores, o OLI (Operational Land Imager) representado pelas bandas (B) 1 a 9 com resolução espacial de 15m para a banda 8 e de 30m para as demais, e o TIRS (Thermal Infrared Sensor) com resolução espacial de 100m nas bandas 10 e 11. Ambos os sensores possuem resolução temporal de 16 dias, ou seja, a cada 16 dias o satélite passa sobre o mesmo ponto gerando uma nova cena, o que favorece estudos de

monitoramento de áreas em processo de desertificação, evolução da vegetação e de queimadas (IBGE, 2015; IBGE, 2021).

Cada banda do LANDSAT 8 possui um intervalo de comprimento de onda que pode ser utilizado em diferentes ocasiões. As bandas 4 e 5, por exemplo são utilizadas para o cálculo do NDVI, e as bandas 10 e 11 em estudos que envolvem perfis térmicos como as ilhas de calor (TABELA 1).

Tabela 1 – Dados do Satélite LANDSAT 8

SENSOR	BANDAS	Comprimento de onda (μm)	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
OLI	B1	0,43 a 0,45	30	16 dias	16 bits
	B2	0,45 a 0,51	30		
	B3	0,53 a 0,59	30		
	B4	0,64 a 0,67	30		
	B5	0,85 a 0,88	30		
	B6	1,57 a 1,65	30		
	B7	2,11 a 2,29	30		
	B8	0,50 a 0,68	15		
	B9	1,36 a 1,38	30		
TIRS	B10	0,45 a 0,51	100		
	B11	0,45 a 0,51	100		

Fonte: USGS EARTH EXPLORER pela autora em 2022.

2.3.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI

O NDVI indica o estado da biomassa e a atividade fotossintética da vegetação através de imagens de satélite utilizando as bandas 4 e 5 para o Landsat 8. A aquisição do NDVI só é possível devido a assinatura espectral das plantas, ou seja, pelo o seu comprimento de onda em que a clorofila presente na biomassa absorve o espectro no vermelho (B4) e reflete no infravermelho próximo (B5), variando de acordo com a condição da planta, quanto mais saudáveis, nutridas e verdes, maior é a absorção do vermelho e maior reflectância do infravermelho (BARBOSA, et al. 2017).

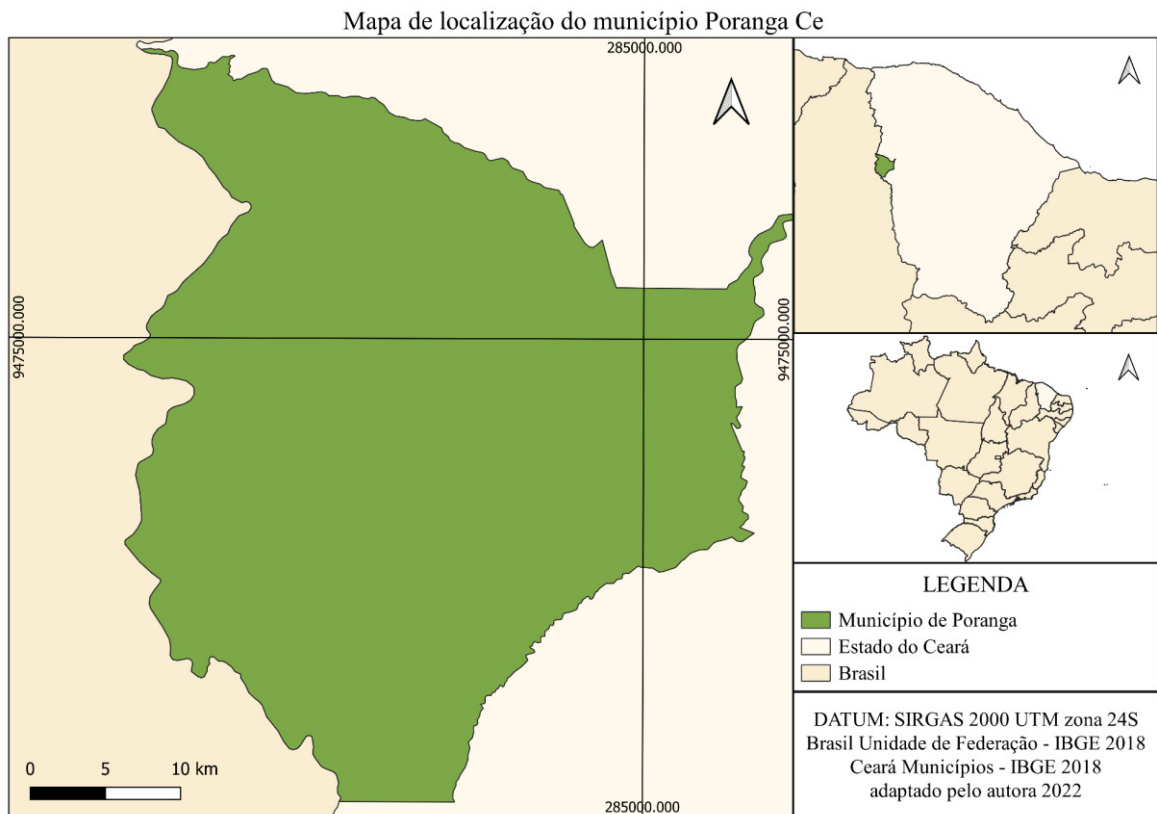
A clorofila possui comprimento de onda eletromagnética que vai do vermelho ao infravermelho próximo. Após o cálculo do NDVI os valores são representados de -1.0 a +1.0, sendo que os intervalos dos valores variam de região para região devido o comportamento da vegetação, e no semiárido com a predominância do bioma Caatinga os valores negativos de reflectância caracterizam regiões com superfícies tomadas pela água ou por sombras, valores acima de zero, mas não tão altos, por volta de 0.3 representam área de solo exposto com pouca ou nenhuma vegetação, e conforme os valores aproximam-se de +1.0 indicam vegetação com maior biomassa e atividade fotossintética (FITZ 2020; MELO 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado visando o município de Poranga, localizado na região Noroeste do estado do Ceará, abrangendo área territorial de 1.309,27Km², com altitude máxima de 750,0m com variações expressas no Anexo A. Possui características típicas não só do estado do Ceará, mas também de toda região de clima Semiárido, como a geologia, representada por rochas cristalinas e sedimentares, e a vegetação do tipo Caatinga (FIGURA 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autora, 2022.

3.2 Shapefiles

Nos ambientes SIG trabalham-se com arquivos shapefiles e rasters, portanto faz-se necessário a aquisição destes dados para a criação dos mapas de solo, declividade e de NDVI. As camadas shapefiles (shp) utilizadas para este trabalho estão disponibilizadas de forma gratuita e para download no Portal de Mapas do IBGE. Após a aquisição, os arquivos foram

visualizados no software livre Qgis versão 3.16 (64 bits) e passaram por uma conversão de Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) da camada para o SRC SIRGAS 2000 UTM zona 24S, já que este é o sistema de coordenadas oficial do Brasil (IBGE, 2019), e a zona 24S representa a localização do município de Poranga (TABELA 2).

Tabela 2 – Shapefiles utilizados no trabalho.

Shapefiles	Fonte
Ceará – Malha Municipal	IBGE (2018)
Brasil – Unidade de Federação	
Brasil - Pedologia	

Fonte: IBGE e adaptado pela autora em 2022.

3.3 Mapa de Solos

O mapa de solos foi criado a partir de duas camadas shapefile: Brasil - Pedologia com a classificação dos solos de todo território nacional, com escala de 1:250.000 e vai até o quarto nível categórico, e a camada Ceará - Malha Municipal; com os polígonos de todos os municípios do estado do Ceará, que possibilitou a criação da shp do município de Poranga, através da ferramenta Exportar feições selecionadas, do software QGIS.

Após criar a camada da área de estudo, foi realizado o recorte da shp Brasil - Pedologia para extrair somente os solos do local de interesse, e, por fim, o desenvolvimento do Layout do mapa para a averiguação das unidades de mapeamento.

Foram obtidas informações da área ocupada por cada classe de solo e seus componentes e inclusões através do portal Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA) do IBGE.

3.4 Fontes de dados para declividade e NDVI

As imagens rasters utilizadas na elaboração dos mapas de declividade e NDVI foram obtidas através da plataforma USGS EARTH EXPLORER, também disponível de forma gratuita e via download. Para o mapa de declividade foram necessárias 03 cenas de SRTM de MDE com resolução de 1 Segundo de Arco (ARC), de forma que abrangesse toda área pertencente ao município de Poranga (TABELA 3).

Tabela 3 – Modelos Digitais de Elevação utilizados para o mapa de declividade

Cena	Coordenadas (graus)	Resolução	Data de coleta
SRTM 1S05W041V3	-5; -41	1 Segundo de Arco 30x30m/pixel	23/09/2014
SRTM 1S05W042V3	-5; -42		
SRTM 1S06W042V3	-6; 42		

Fonte: USGS Earth Explorer e adaptado pela autora em 2022.

Para a criação dos mapas de NDVI foram necessárias 04 imagens do satélite LANDSAT 8 escolhidas conforme alguns critérios: cenas que ocorressem nos anos de 2014, 2016, 2018 e 2020, com menos de 10% de nuvens, fora do período chuvoso e no mesmo mês, porém, devido a nebulosidade, o ano de 2018 foi o único ano não representado no mesmo mês de agosto, mas representado por outro que fosse mais adequado.

Os fatores de escolha podem ser definidos durante o processo de busca pela cena no portal da USGS EARTH EXPLORER. Portanto, as cenas fazem parte do segundo semestre do ano para que as nuvens e suas sombras não interfiram na leitura da cobertura vegetal, e considerando que em regiões semiáridas as chuvas são concentradas nos primeiros meses do ano e mal distribuídas no período do segundo semestre (TABELA 4).

Tabela 4 – Imagens LANDSAT utilizadas para os mapas de NDVI

Identidade da cena	Datas de coleta	Caminho Linha	Bandas
LC8218632014224LGN01	12/08/2014	218 / 63	Vermelho (4) e Infravermelho próximo (5)
LC8218632016214LGN01	01/08/2016		
LC8218632018283LGN00	10/10/2018		
LC8218632020241LGN00	28/08/2020		

Fonte: USGS Earth Explorer e adaptado pela autora em 2022.

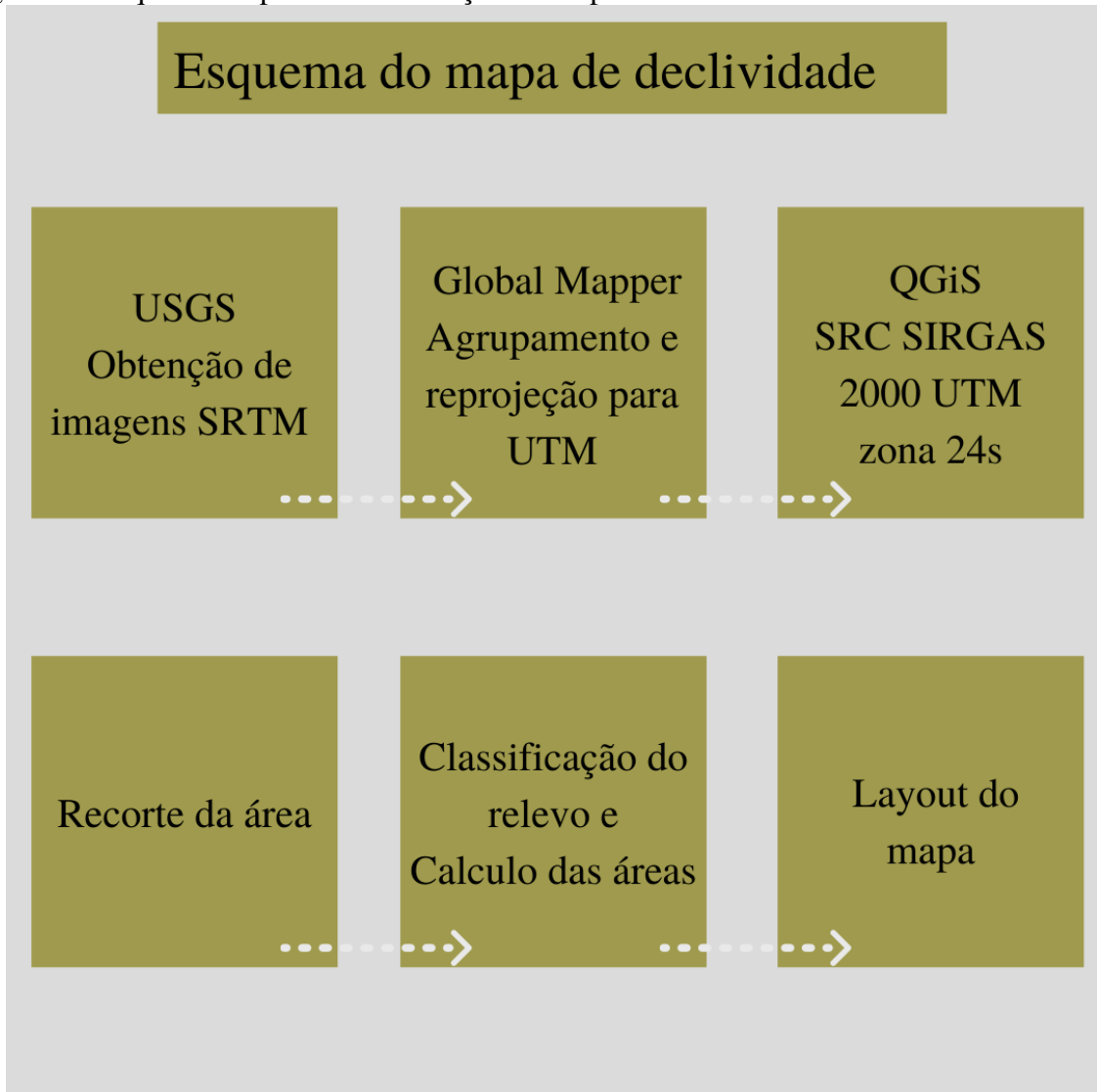
3.5 Mapa de Declividade

Os MDE descritos na seção 3.4, foram submetidos ao software Global Mapper v.11, licenciado pela Universidade Federal do Ceará, onde as três imagens de SRTM foram agrupadas, reprojetaadas para o SRC Universal Transversa de Mercator (UTM) e exportadas como um único arquivo de formato ASCII (American Standard Code for Information Interchange), o que permitiu a abertura correta dos dados de altimetria em qualquer ambiente SIG.

Através do QGIS o arquivo gerado no processo anterior recebeu o SRC SIRGAS 2000 UTM zona 24S, foi recortado de forma a representar somente a área de estudo, houve a

classificação do relevo de acordo com os critérios vistos no SiBCS (2018), por fim, o cálculo das áreas e o layout do mapa (FIGURA 2)

Figura 2 – Esquema do processo de criação do mapa de declividade.



Fonte: Elaborado pela autora em 2022.

A classificação do relevo foi realizada considerando os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e disponíveis no SiBCS (2018) (TABELA 5).

Tabela 5 – Tipos de relevo.

Classes de declividade (%)	Relevo
0 -3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Forte Montanhoso

Fonte: SiBCS (2018) e adaptado pela autora em 2022.

3.6 Dados de Pluviométricos

Considerando o que Barbosa et al. (2017) ressaltou sobre a importância das chuvas na produção de biomassa e na atividade fotossintética das plantas, principalmente, nas regiões de Caatinga, onde a vegetação é altamente sensível a disponibilidade de água, os dados de pluviosidade mensal e anual média, do município de Poranga-Ce, vão proporcionar uma base de dados para a discussão e comparação do desenvolvimento da vegetação entre os anos de estudo através do NDVI. Os dados foram coletados do Calendário de Chuvas no portal da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

3.7 Mapa de NDVI

Utilizando ferramentas do software Qgis, as imagens do satélite LANDSAT 8 descritas no item 3.4 passaram por um pré-processamento em que houve a correção atmosférica das Bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho próximo) dos anos de 2014, 2016, 2018 e 2020, através da correção do número digital em reflectância por meio da Equação 1 e da ferramenta Calculadora Raster. Após estes processos, as imagens foram convertidas do DATUM WGS84 UTM 24S para o DATUM oficial do Brasil, em seguida foram recortadas com o auxílio da camada shapefile do município de Poranga, para que pudéssemos trabalhar apenas com a área de estudo.

$$\text{Reflectância} = \text{Multiplicador} * \text{Banda} + \text{Adicionador} \quad \text{Eq.1}$$

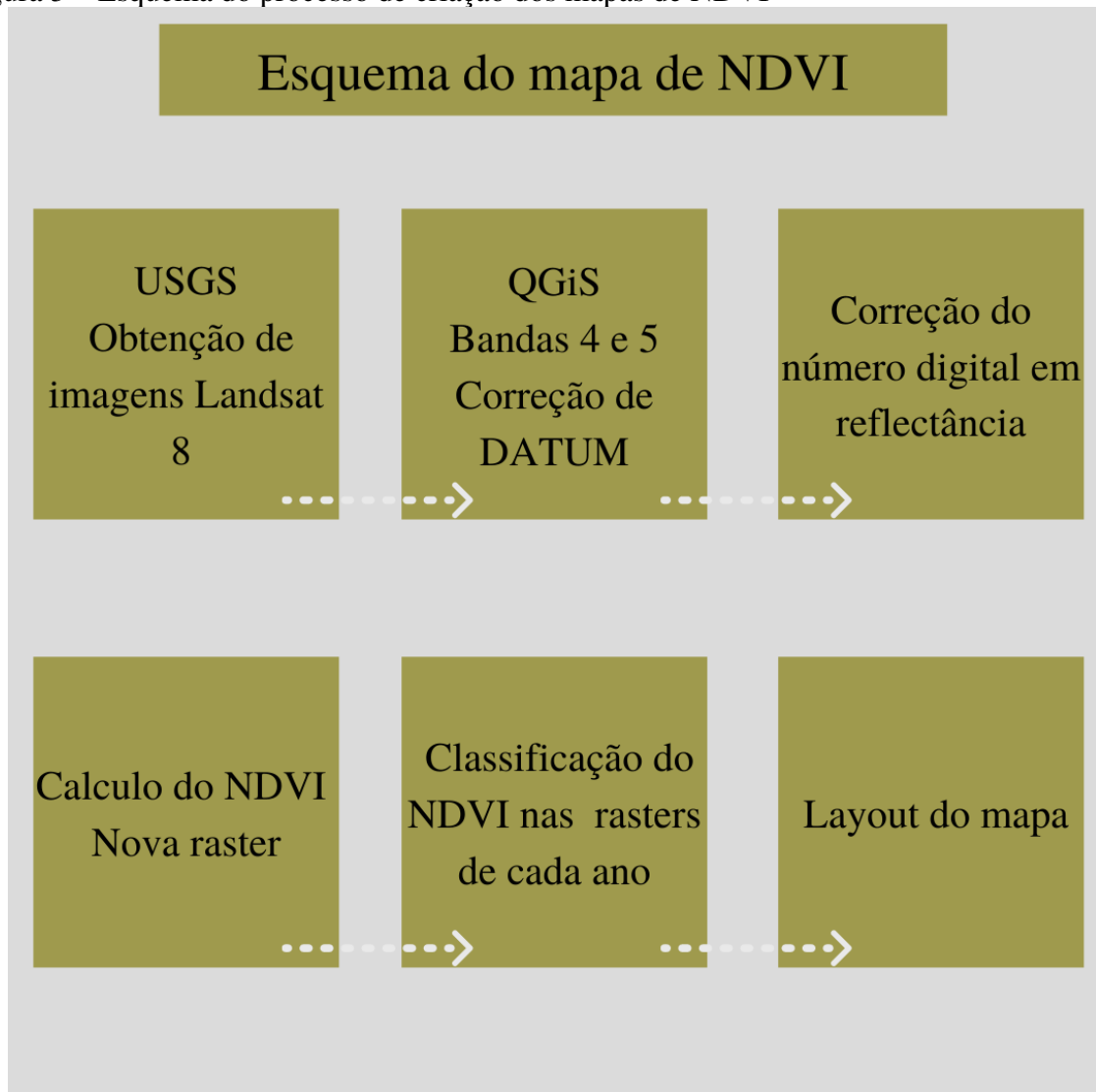
Após a correção, as bandas foram utilizadas para gerar uma raster de NDVI para cada ano com o auxílio da ferramenta Calculadora Raster e através da Equação 2. A nova raster

foi classificada com valores com valores típicos de região semiárida, de -1 a 1, conforme visto na publicação de Melo et al. (2011).

$$NDVI = \frac{\text{Vermelho} - \text{Infravermelho próximo}}{\text{Vermelho} + \text{Infravermelho próximo}} \quad \text{Eq.2}$$

O esquema na FIGURA 3 mostra o processo de criação dos mapas de NDVI.

Figura 3 – Esquema do processo de criação dos mapas de NDVI



Fonte: Elaborado pela autora em 2022.

Considerando que os valores de NDVI variam de -1 a 1 e os intervalos das respostas espectrais dos alvos mencionadas por Melo et al. (2011), os mapas gerados foram divididos em 5 classes, sendo os valores menores que zero, ou negativos, representativos de corpos hídricos e sombras, valores de 0,0 a 0,3 para áreas de solo exposto, 0,3 a 0,5 para vegetações decíduas,

ou mais rasteira, 0,5 a 0,7 para vegetações semidecíduas e valores de 0,7 a 1 representativos de áreas mais vegetadas, resistentes e saudáveis, que no caso do trabalho esta classe é chamada de vegetação perene (TABELA 6).

Tabela 6 – Classes de NDVI para a região semiárida do Brasil.

Classe	Valores de NDVI
Água ou sombras	< 0,0
Solo exposto	0,0 – 0,3
Vegetação decídua	0,3 – 0,5
Vegetação semidecídua	0,5 – 0,7
Vegetação perene	0,7 – 1,0

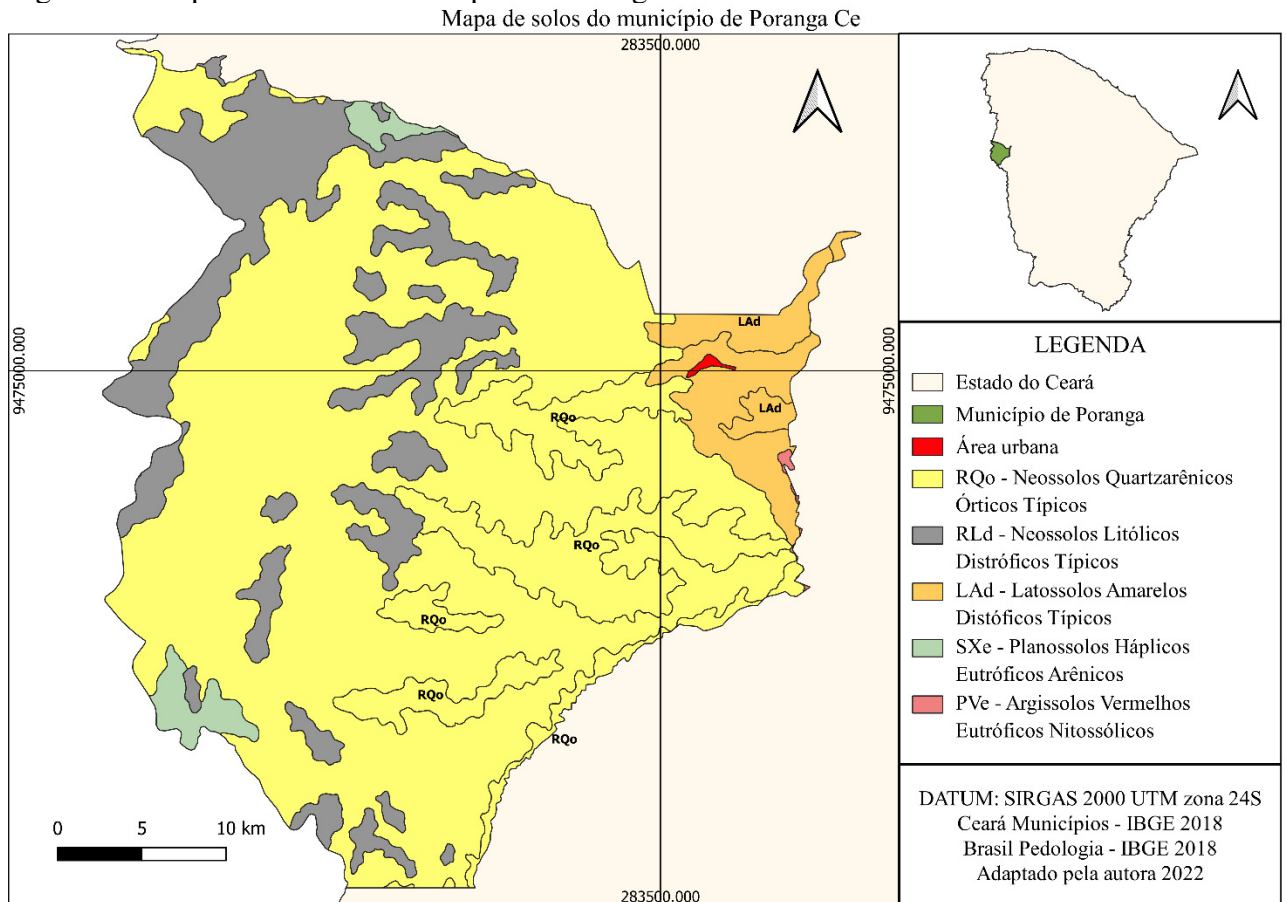
Fonte: Melo et al. (2011) e adaptado pela autora em 2022

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação do mapa de solos

Podemos observar, que o território Poranguense possui os principais tipos de solos da região semiárida. Estão presentes os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos, os NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos típicos, os LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos típicos, os PLANOSSOLOS HÁPLICOS Eutróficos arênicos e, por fim, os ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos nitossólicos (FIGURA 4).

Figura 4 – Mapa de solos do município de Poranga.



Fonte: Elaborado pela autora em 2022.

Os Neossolos Quartzarênicos podem ser utilizados na fruticultura irrigada, na pecuária e na pastagem, porém, devido a sua composição arenoquatzosa são solos excessivamente drenados e com baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo recomendado técnicas de manejo que contribuam para o enriquecimento de matéria orgânica no solo, como a adição de cobertura morta e o cultivo direto, que acarretará numa maior

disponibilidade de nutrientes e água. Já os Neossolos Litólicos são mais indicados para a conservação da fauna e da flora e para o cultivo de subsistência devido a sua profundidade e associação com relevo mais declivosos, que nesses casos é recomendado o cultivo em nível para evitar perder o solo por erosão (Portal AGEITEC; EMBRAPA, 2014).

Os Latossolos e os Argissolos têm uso na agricultura intensiva, na pastagem, na pecuária e na silvicultura, essas atividades são favorecidas pela profundidade destes solos, pela posição no relevo e à boa capacidade de armazenamento de água. A Disponibilidade de nutrientes pode ser corrigida através do uso de fertilizantes químicos ou orgânicos recomendados após análise de solo. Os Planossolos têm uso na pastagem, na pecuária, no cultivo de subsistência, no fornecimento de material para artesanato com barro e, também, são indicados para conservação e preservação da fauna e flora (Portal AGEITEC; EMBRAPA, 2014).

Através do portal BDIA do IBGE, foram coletadas informações complementares para a discussão do mapa de solos, como a área de ocupação, seus complementos e inclusões, já que se trata de um mapa gerado através da camada shapefile do IBGE produzido com escala 1:250.000 classificado com nível de levantamento de Reconhecimento de baixa intensidade (TABELA 7).

Tabela 7 – Área de ocupação dos solos e da área urbana.

Classe de solo	Área (%)	Área (Km ²)
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	75,41	984,70
NEOSSOLOS LITÓLICOS	16,71	218,18
LATOSSOLOS AMARELOS	5,89	76,92
PLANOSSOLOS HÁPLICOS	1,83	23,86
ARGISSOLOS VERMELHOS	0,08	1,05
Área urbana	0,09	1,15

Fonte: BDIA e adaptado pela autora em 2022.

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS possuem os componentes: **RQo** - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico arenosa A fraco e A moderado plano e suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico média A moderado plano e suave ondulado. Inclusão de NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico e fragmentário arenosa A moderado pedregosa rochosa suave ondulado e ondulado + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico espessarênico arenosa/média e arenosa/argilosa A moderado plano e suave ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado álico suave ondulado.

As faixas de Neossolos Quartzarênicos com rótulos RQo no mapa, têm os componentes: **RQo** - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico arenosa e média A moderado suave ondulado e plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico arenosa e média pedregosa rochosa suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico média A moderado suave ondulado e plano. Inclusões de ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupático arenosa/argilosa A moderado suave ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico arênico arenosa/média A moderado plano e suave ondulado.

Seguidos pelos NEOSSOLOS LITÓLICOS componentes: **RLd** - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico arenosa e média A moderado pedregosa rochosa suave ondulado, ondulado e forte ondulado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico arenosa A moderado suave ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS escarpado. Inclusões de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico média A moderado plano e suave ondulado + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico arênico, solódico arenosa/média A moderado plano e suave ondulado.

Os LATOSSOLOS AMARELOS sem rótulo possuem os componentes: **LAd** - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico média e argilosa A moderado e A proeminente álico não pedregosa não rochosa suave ondulado e ondulado não erodida não assoreada + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico arenosa A moderado suave ondulado. Com inclusões de NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico arenosa A moderado pedregosa rochosa ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico média A moderado plano. Os LATOSSOLOS AMARELOS com rótulo LAd no mapa, possuem os mesmos componentes que o anterior, mas com inclusões do tipo: NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico arenosa e média A moderado pedregosa rochosa suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico média cascalhenta A moderado álico suave ondulado.

Os PLANOSSOLOS HÁPLICOS possuem os componentes: **SXe** - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico arênico, solódico arenosa/média A moderado plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico arenosa A moderado pedregosa rochosa plano e suave ondulado + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico arênico arenosa/média A moderado plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico arenosa A moderado plano e suave ondulado. Inclusões de AFLORAMENTOS DE ROCHAS plano.

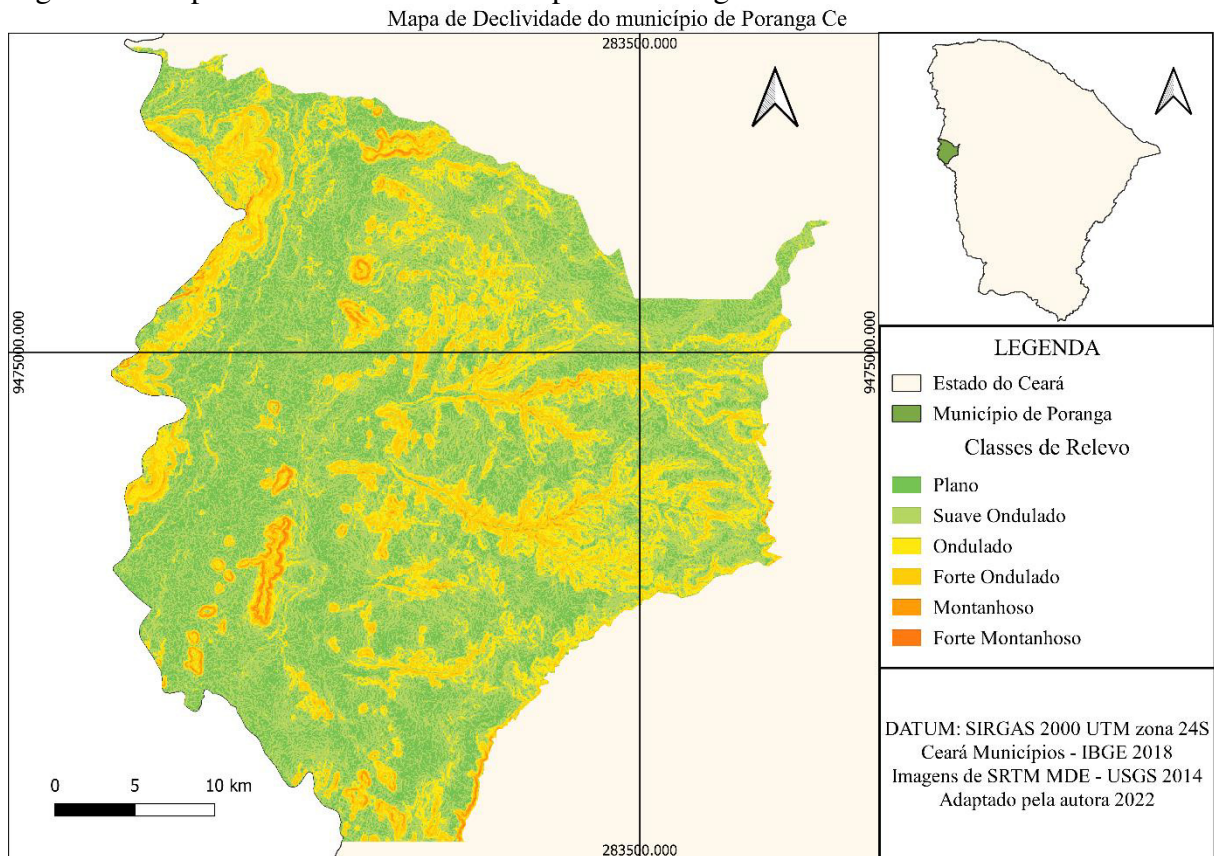
Em quinto lugar estão os ARGISSOLOS VERMELHOS com componentes: **PVe** - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico nitossólico média/argilosa A moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico média A

moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico média A moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHAS escarpado. Inclusões de PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico arenosa/média e arenosa/argilosa A moderado plano + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico argilosa A moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico média/argilosa A moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso.

4.2 Avaliação do mapa de declividade

Feito o mapa da declividade com base nos percentuais e observando o mapa de hipsometria no Anexo A, podemos perceber que o território apresenta, em sua maior parte, relevos Plano a Ondulado, e em menores proporções tem-se os relevos mais acidentados como o Forte Ondulado, Montanhoso e Forte Montanhoso, distribuídos nas altitudes com intervalos de 201m a 900m (FIGURA 5).

Figura 5 – Mapa de declividade do município de Poranga.



Fonte: Elaborado pela autora em 2022.

Os valores encontrados na Tabela 8 mostram que a condição de declividade da área estudo está representada, principalmente, pelo relevo Suave Ondulado com 46,70%, seguido pelo relevo Plano com 24,36%, Ondulado com 19,45%, Forte Ondulado 8,42%, Montanhoso 0,95% e, por fim, o relevo Forte Montanhoso com 0,09%.

Tabela 8 – Área de ocupação dos solos e da área urbana.

Classe de Declividade (%)	Relevo	Área (%)	Área (Km ²)
0 - 3	Plano	24,36	319,1004
3 - 8	Suave Ondulado	46,70	611,6922
8 - 20	Ondulado	19,45	254,8449
20 - 45	Forte Ondulado	8,42	110,3832
45 - 75	Montanhoso	0,95	12,5532
> 75	Forte Montanhoso	0,09	1,2438

Fonte: SiBCS (2018) e adaptado pela autora em 2022.

Considerando a classificação e descrição dos solos, o mapa de solos e de declividade do município de Poranga, podemos correlacionar as classes de solos com o relevo de ocorrência na área.

Nas áreas de relevo Plano, Suave Ondulado e Ondulado, há a presença dos ARGISSOLOS VERMELHOS, LATOSSOLOS AMARELOS, NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e os PLANOSSOLOS. Nas áreas mais declivosas (Forte Ondulado, Montanhoso e Forte montanhoso) estão associados os NEOSSOLOS LITÓLICOS e as menores faixas de **RQo** que possuem como componentes os NEOSSOLOS LITÓLICOS Distrófico típico e inclusões de AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS possuem alta suscetibilidade à erosão em decorrência do seu local de ocorrência, profundidade e drenagem, o que dificulta a agricultura mecanizada e não mecanizada, sendo então recomendado para a conservação e preservação ambiental.

Os ARGISSOLOS e os PLANOSSOLOS quando ocorrem em relevos Suave Ondulado ou Ondulado são mais suscetíveis à erosão, isso devido ao acúmulo de argila em subsuperfície, prejudicando a rapidez da infiltração e o armazenamento de água facilitando, assim, o escoamento superficial. Mas quando em relevos mais planos, nos PLANOSSOLOS, há a permanência periódica da água na superfície, formando pequenos lençóis d'água suspensos.

Os LATOSSOLOS AMARELOS e os ARGISSOLOS VERMELHOS estão ocupando as áreas mais altas do município de Poranga, Anexo A, com relevos Planos a Suave

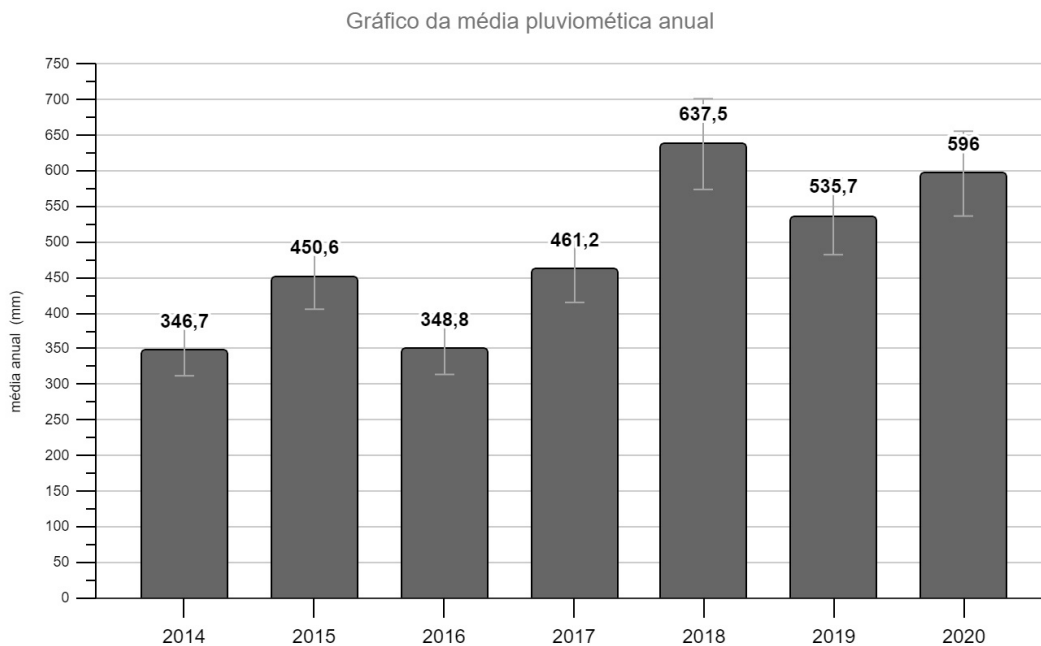
Ondulados, favorecendo o seu desenvolvimento, armazenamento de água e potencial de uso agrícola.

4.3 Avaliação dos dados de pluviosidade

Junto aos valores de pluviosidade média mensal e anual dos anos escolhidos para o estudo de NDVI do município de Poranga-CE, também foram adicionados os valores de 2015, 2017 e 2019, a fim de entender o comportamento das chuvas neste período.

De acordo com os dados obtidos no portal da FUNCEME, durante o período estabelecido para este estudo, o ano que mais se destacou em valores de pluviosidade média anual foi o de ano 2018, com 637,5mm, seguido por 2020 com 596 mm, 2019 com 535,7mm, 2017 com 461,2mm, 2015 com 450,6mm, 2016 com 348,8 mm e por último o ano de 2014 com 346,7 mm (GRAFICO 1).

Gráfico 1 – Distribuição da pluviosidade média anual de 2014 a 2020



Fonte: Calendário de chuvas da FUNCEME e adaptado pela autora em 2022.

Observando os valores de pluviosidade média mensal do ano de 2014, verifica-se que as chuvas ocorreram de forma concentrada nos meses de janeiro a maio, e retornando com valores de 8mm no mês de outubro e 7mm do mês de novembro. Em 2015 as chuvas foram mais distribuídas ao longo do ano tendo chuvas de janeiro a agosto com volumes mais altos que

o ano anterior. Já em 2016 as chuvas voltaram a concentrar-se nos meses de janeiro a maio (TABELA 9).

Tabela 9 – Dados de pluviosidade média mensal e anual do município de Poranga-Ce.

MESES	PLUVIOSIDADE EM mm						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	30	20,2	180,3	22,8	37,4	52,6	121,3
Fevereiro	46	117,4	16,7	262,9	197,6	74,3	26,4
Março	121,2	113,7	88,4	89,5	65,3	215,7	253,2
Abril	100,9	61,7	45,2	55,1	115,1	100,3	75,1
Mai	33,7	56,5	9,3	27,9	11,7	75	46,1
Junho	0	45	5	0,2	0	4,1	6
Julho	0	32	0	2,4	0	9,6	22
Agosto	0	4,2	0	0	0	0	0
Setembro	0	0	0	0,2	0	4,3	0
Outubro	8	0	0	0	18,9	0	5
Novembro	7	0	0	0	22,8	0	41
Dezembro	0	0	3,8	0	168,7	0	0
Anual	346,7	450,6	348,8	461,2	637,5	535,7	596

Fonte: Adaptado do Calendário de chuvas da FUNCEME pela Autora.

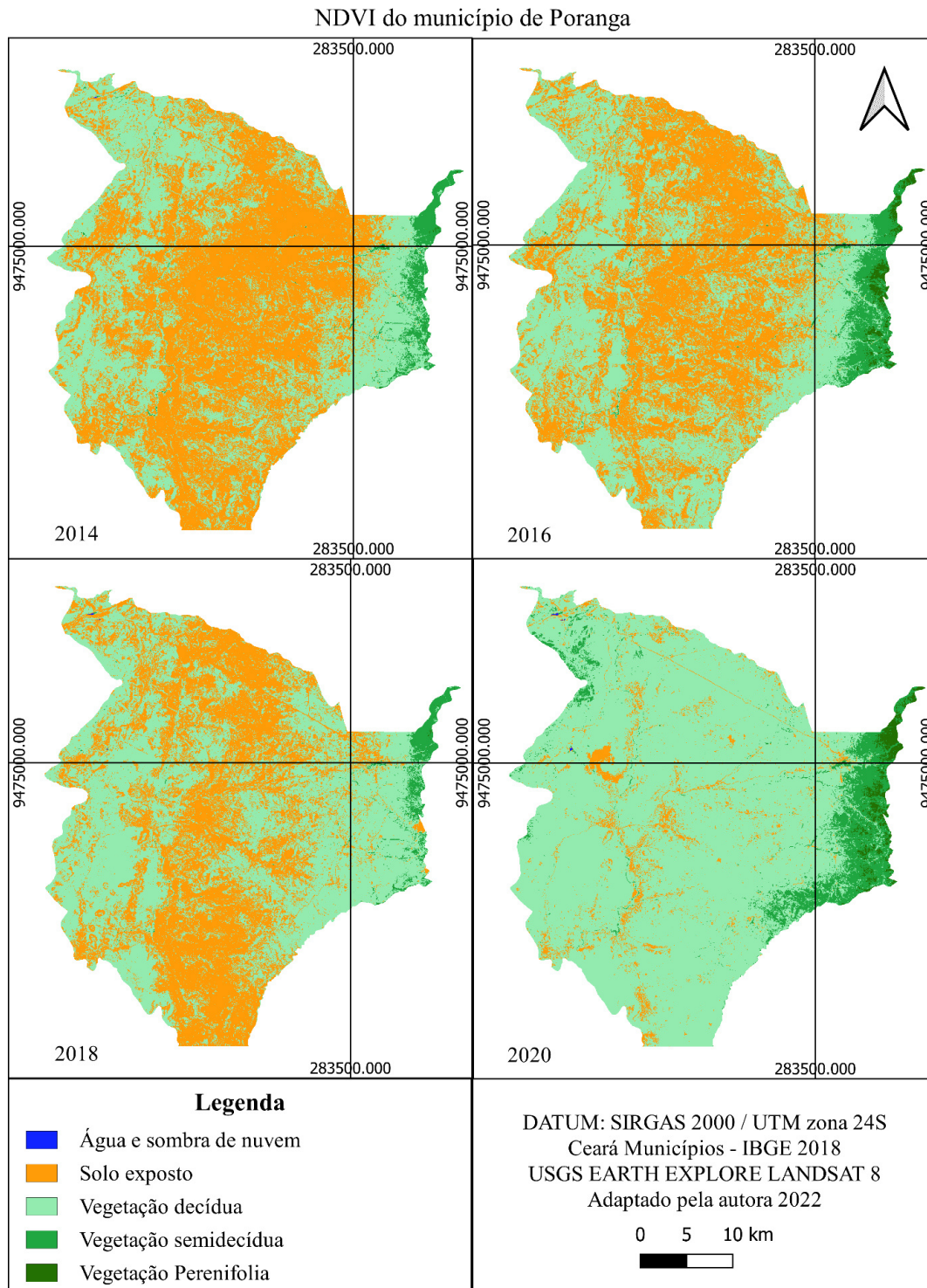
Em 2017 as chuvas distribuíram-se nos meses de janeiro a setembro com pico de 262,9 mm em fevereiro. No ano de 2018 as chuvas ocorreram nos meses de janeiro a maio, e retornaram no segundo semestre, no mês de outubro, se estendendo até setembro de 2019. Em 2020 as chuvas ocorreram nos meses de janeiro a julho, e de outubro a novembro.

Verifica-se, então, que os valores pluviométricos aumentaram ao longo dos anos, e desde o mês de outubro de 2018 as chuvas apresentaram-se de forma mais uniforme, chovendo em quase todos os meses, até o ano de 2020 favorecendo o abastecimento de corpos hídricos e o armazenamento de água no solo, proporcionando às plantas uma maior atividade fotossintética e produção de biomassa.

4.4 Avaliação dos mapas de NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O mapa de NDVI do município de Poranga mostra que para o ano de 2014, há uma vasta extensão da classe de solo exposto, seguida por áreas menores com as classes de vegetação decídua, vegetação semidecídua e água ou sombra, mostrando que houve pouca cobertura vegetal no solo, justificado pela estação chuvosa deste ano que ocorreu de forma concentrada nos meses de janeiro a maio, e a imagem foi coletada no período mais seco, no mês de agosto, afetando a produção de biomassa e a atividade fotossintética das plantas (Figura 6).

Figura 6 – NDVI do município de Poranga dos anos de 2014, 2016, 2018 e 2020.



Fonte: Elaborado pela autora em 2022.

O NDVI do ano de 2016 mostra que houve aumento na área ocupada pela vegetação decídua, semidecídua e perene, em decorrência da diminuição da área de solo exposto, sendo possível observar, no eixo central (norte-sul), que muitas áreas de solo foram este ano ocupadas com vegetação, os cursos de rios se mostram não com água, mas com a mata ciliar.

Em 2018, o NDVI mostra que houve retrocesso nas classes de vegetação semidecídua, perene e solo exposto, com o aumento da classe de vegetação decídua e água ou sombra de nuvem. Por mais que o ano de 2018 tenha tido maiores valores de pluviosidade média anual dentro do período de estudo, as chuvas ocorreram de forma concentrada de janeiro a maio, retornando no dia 16 de outubro, segundo o Calendário de Chuvas da FUNCEME, e a imagem landsat8 foi coletada no dia 10/10/2018, permanecendo num período mais seco, o que justifica a redução das classes de vegetação com mais biomassa e a permanência da classe decídua.

Em comparação aos anos anteriores, o ano de 2020 teve aumento nas classes de vegetação decídua, semidecídua e perene, junto a classe de água ou sombra de nuvem, tendo a vegetação decídua ocupando quase toda a área do mapa., ao passar de que as áreas com solo exposto diminuíram expressivamente, deixando porções bem delimitadas de rodovias ou aglomerados urbanos. O que pode justificar este aumento na cobertura vegetal é o comportamento das chuvas, que desde outubro de 2018 tem se comportado de forma mais uniforme, com chuvas até setembro do ano de 2019, e em 2020 com chuvas até o mês de julho, favorecendo a reserva de água no solo e a maior atividade fotossintética.

Considerando os mapas de declividade e de solos, as áreas com NDVI representativos da classe de solo exposto encontram-se formações declivosas do tipo Forte Ondulado, Montanhoso e Forte Montanhoso, em menor ocorrência têm-se relevos Plano e Suave Ondulado, na presença de solos rasos a profundos como os Neossolos Litólicos, Quartzarênicos e Planossolos que possuem baixa capacidade de armazenamento de água e alta susceptibilidade a erosão, interferindo na cobertura vegetal.

Os Latossolos e os Argissolos possuem boa capacidade de armazenamento de água, e estão localizados na região mais alta do município de Poranga, com relevos de Plano a Suave Ondulado, deixando a vegetação por mais tempo abastecida e auxiliando na produção de biomassa, por isso da permanência da vegetação semicaducifólia e perene nestas manchas de solo.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que o trabalho alcançou seu objetivo de analisar os principais tipos de solos presentes na região do município de Poranga, assim como o NDVI para os anos de 2014, 2016, 2018 e 2020.

As técnicas de sensoriamento remoto e ambientes SIG, através do uso de imagens de SRTM e Landsat 8, com o auxílio de camadas shapefiles e softwares (QGIS e Global Mapper), foram de máxima importância no desenvolvimento dos mapas e na coleta de informações, possibilitando a chegada nos resultados e proporcionando a futuros leitores o entendimento dos solos, do relevo e do comportamento da vegetação no município e na região semiárida.

Os principais solos pertencem às classes de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, LATOSSOLOS AMARELOS, PLANOSSOLOS HÁPLICOS e os ARGISSOLOS VERMELHOS.

Os solos encontrados no município de Poranga podem ser utilizados na agricultura intensiva, na pecuária, na pastagem e na silvicultura, tendo outros solos mais recomendados para a conservação do meio ambiente. A maioria destes solos possuem baixa capacidade de armazenamento de água, com drenagem limitada e susceptíveis a erosão, portanto recomenda-se o uso mais adequado para que não ocorra a sua degradação

As formações declivosas que mais tiveram destaque em termos de área foram os relevos Plano, Suave Ondulado e Ondulado, ocorrendo, também, em menores proporções os relevos mais acidentados como Forte Ondulado, Montanhoso e Forte Montanhoso.

Os dados de pluviosidade média mensal e anual do município de Poranga, fornecidos pela FUNCEME, aumentaram no decorrer dos anos de 2014 a 2020, fornecendo reservas de água ao solo e a corpos hídricos, refletindo no aumento da biomassa e da atividade fotossintética das plantas.

Analisando os resultados de NDVI verificou-se que as classes de vegetação decídua, semidecídua e perenifólia, utilizadas para segmentar os tipos de vegetação da Caatinga, e a classe de água (ou sombra de nuvem) aumentaram ao longo dos anos estudados em detrimento das áreas com solo exposto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA AGEITEC. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

BARBOSA, Antônio Helton Da Silva; DE CARVALHO, Rodrigo Guimarães; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera. **Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na região serrana de Martins e Portalegre–Estado do Rio Grande do Norte**. Geography Department University of São Paulo, v. 33, p. 128, 2017.

CORREIA, R. C., Kiill, L. H. P., DE MOURA, M. S. B., CUNHA, T. J. F., DE JESUS JÚNIOR, L. A., & ARAÚJO, J. L. P. (2011). **A região semiárida brasileira**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE).

CUNHA, T. J. F., PETRERE, V. G., Silva, D. J., MENDES, A. M. S., de MELO, R. F., de OLIVEIRA NETO, M. B., ... & ALVAREZ, I. A. (2010). **Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE).

DA SILVA, P. C. G., de MOURA, M. S. B., Kiill, L. H. P., BRITO, L. D. L., PEREIRA, L. A., Sá, I. B., ... & GUIMARÃES FILHO, C. (2010). **Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE).

DE ARAÚJO FILHO, J. C., CORREIA, R., CUNHA, T., de OLIVEIRA NETO, M. B., ARAUJO, J., & SILVA, M. D. L. (2019). **Ambientes e solos do semiárido: potencialidades, limitações e aspectos socioeconômicos**. Embrapa Solos-Capítulo em livro científico (ALICE).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição. Brasília: EMBRAPA, 2018

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos do Nordeste**. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife: EMBRAPA, Novembro, 2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Manuais Técnicos em Geociências número 14. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. 2017 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | v.4.6.13. Acesso em: 17/12/2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Iniciação à geografia**. Documentos para Disseminação, memória institucional 27. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Manuais Técnicos em Geociências número 09. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências número 05. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. Manuais Técnicos em Geociências número 04. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências número 01. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

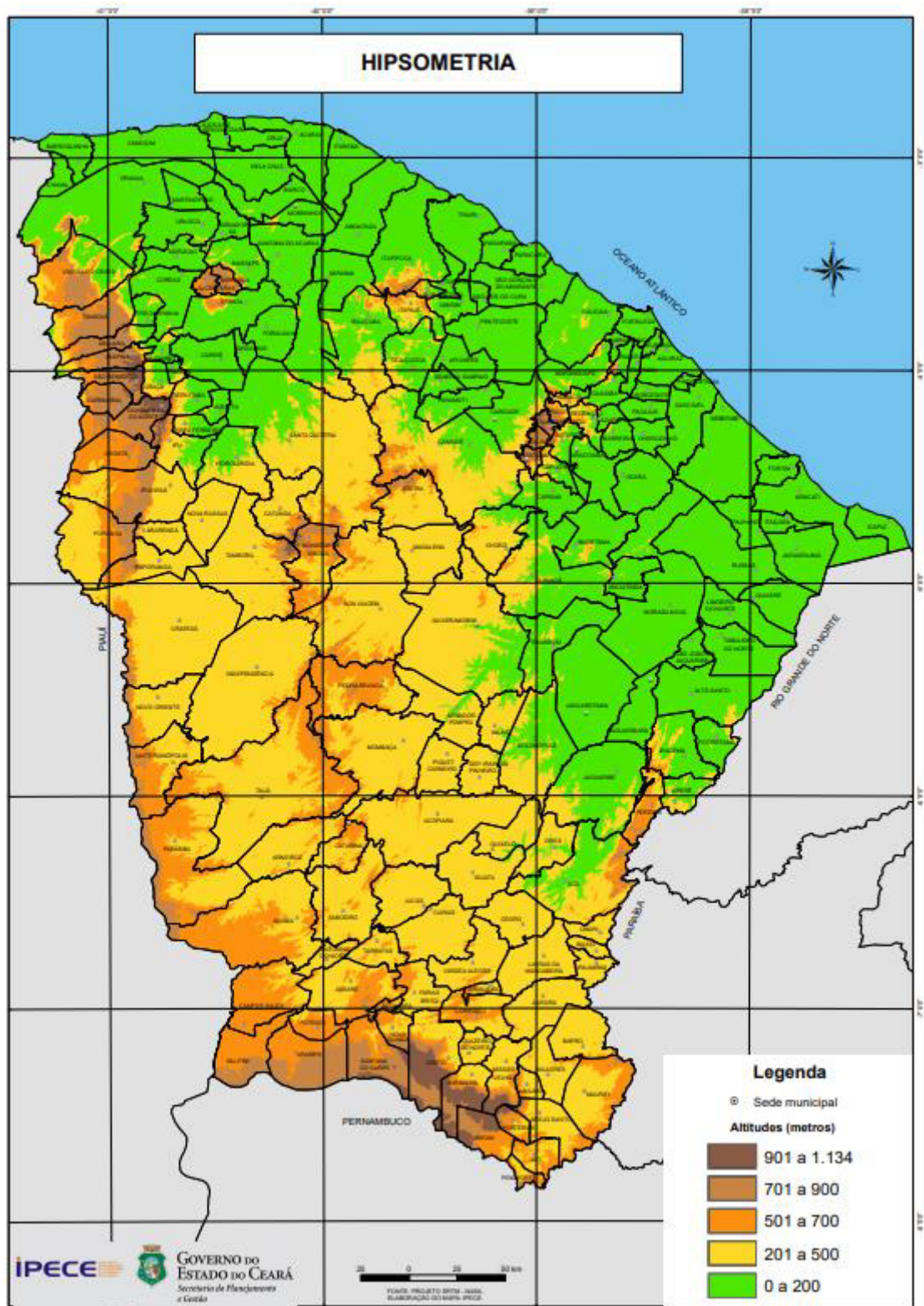
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Manuais Técnicos em Geociências número 14. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina Linhares; DE OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da micro-bacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 23, 2011.

USGS EARTH EXPLORE. Plataforma de coleta de dados. Disponível em: [EarthExplorer](https://earthexplorer.usgs.gov/). Acesso em: 10 de Outubro de 2021;

ZANELLA, Maria Elisa. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ANEXO A – MAPA HIPSOMÉTRICO DO CEARÁ



Fonte: (IPECE 2020).