



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS – CCHL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
- PPGGEO



NATANIEL DE OLIVEIRA MONTEIRO

MAPEAMENTO DO RELEVO E COBERTURA VEGETAL DA FOLHA BREJO SA 23
Z-D-V, ESTADO DO PIAUÍ

TERESINA – PI
2016

NATANIEL DE OLIVEIRA MONTEIRO

MAPEAMENTO DO RELEVO E COBERTURA VEGETAL DA FOLHA BREJO SA 23
Z-D-V, ESTADO DO PIAUÍ

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Estudos Regionais e Geoambientais.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares.

TERESINA - PI
2016

Dados Internacionais de Catalogação e Publicação
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras
Serviço de Processamento Técnico

M775m Monteiro, Nataniel de Oliveira.
Mapeamento do relevo e cobertura vegetal da folha
Brejo SA 23 z-d- v, Estado do Piauí / Nataniel de Oliveira
Monteiro. – 2016.
70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade
Federal do Piauí, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares.

1. Ambiente Físico. 2. Imagens de Satélite. 3. Modelo
Digital de Elevação. 4. NDVI. 5. Relevo. I. Título.

CDD 551.41

NATANIEL DE OLIVEIRA MONTEIRO

MAPEAMENTO DO RELEVO E COBERTURA VEGETAL DA FOLHA BREJO SA 23
Z-D-V, ESTADO DO PIAUÍ

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Estudos Regionais e Geoambientais.

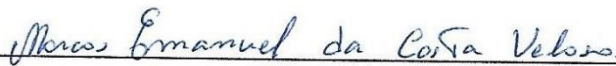
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares.

Aprovada em: 29/06/2016

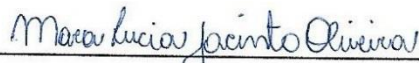
BANCA EXAMINADORA



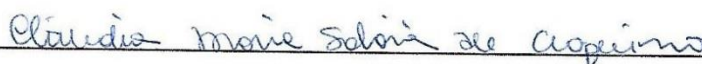
Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares (UFPI)
Orientador – Presidente



Dr. Marcos Emanuel da Costa Veloso (Embrapa Meio Norte)
Externo a Instituição



Prof. Dra. Mara Lúcia Jacinto Oliveira (UFPI)
Externo ao Programa



Prof. Dra. Cláudia Maria Saboia de Aquino (UFPI)
Interno ao programa

“A minha filha, Suellen Maria, minha companheira,
Samilly Maria, razão da minha vida, e meus familiares,
pelo incentivo e apoio”

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos, pela fé e perseverança.

A Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares, pelo convívio, pelo apoio, pelas orientações, pela compreensão e, sobretudo, pela amizade.

Aos meus pais Maria da Cruz Oliveira (de modo especial) e Paulo Sérgio Monteiro, aos meus avós paternos, Lusia Gomes e Elias Gonçalves (*In Memoriam*) e maternos, Francisca e Miguel da Cruz (*In Memoriam*), pela minha formação com base nos ensinamentos cristãos.

Aos meus irmãos Danilo, Amanda e Pauliana.

A minha companheira, Samilly Maria, e minha filha Suellen Maria, por me fazer enxergar o futuro.

Ao Dr. Marcos Emanuel, amigo, que sempre me prestou auxílio nas dificuldades.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Piauí, pelos ensinamentos e amizades.

Aos meus amigos, pela amizade e convivência fraterna em todos os momentos.

E finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, meus agradecimentos.

“É preciso lembrar que ninguém escolhe o ventre, a localização geográfica, a condição socioeconômica e a condição sociocultural para nascer. Nasce onde o acaso determinar. Por isso, temos que cuidar de todos aqueles que estão em todos os recantos deste país”

Aziz Ab’Saber

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo geral realizar o mapeamento das unidades de relevo e cobertura vegetal da Folha DSG SA 23 Z-D-V, pertencente ao estado do Piauí, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, contribuindo para um melhor entendimento da dinâmica ambiental nas unidades de relevo. Os objetivos específicos foram: (i) realizar o mapeamento geomorfológico a fim de identificar de modo detalhado as unidades de relevo da área de estudo; (ii) analisar a cobertura vegetal da área de estudo com auxílio de imagens de satélite, por meio da técnica do NDVI; e (iii) identificar as relações existentes entre as formas de relevo e a cobertura vegetal. A área de estudo localiza-se na porção Centro-Norte do estado do Piauí, situada na região dos Baixos Planaltos do Médio Baixo Parnaíba. O clima da região é caracterizado como Aw', quente e úmido. Há a presença de dois biomas, a caatinga e o cerrado. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8/OLI, órbita/ponto 219/63, datada de 17/09/2013. Por meio dos dados numéricos de altimetria, originou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir do MDE, gerou-se o mapa de relevo, hipsometria e declividade. As formas de relevo encontradas na área de estudo foram: Agrupamento de mesas, Depósitos coluviais e lacustres, Tabuleiros costeiros, Terraços e planícies fluviolacustres, Vales associados aos tabuleiros e Vales associados as mesas. Os resultados de NDVI apresentados em intervalos (-0,2 – 0; 0 – 0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,3; 0,3 – 0,4; 0,4 – 0,5) onde foram reclassificados em: água, contato água/solo, solo exposto, vegetação aberta, floresta/vegetação alterada e floresta densa. Por fim, foram feitos os mapas das formas de relevo e da cobertura das terras da área. A classe “Água” predomina em sua maior parte nos Terraços e Planícies Fluviolacustres. A classe “contato água/solo” possui maior cobertura na unidade dos Terraços e Planícies Fluviolacustres. A classe “Solo exposto” apresenta-se em maior cobertura nos Depósitos Coluviais e Lacustres. A classe “Vegetação aberta” apresenta sua maior extensão de cobertura sob os Depósitos Coluviais e Lacustres. A classe Floresta/Vegetação rala apresenta sua maior extensão de cobertura sob os Tabuleiros Costeiros, e a classe Floresta Densa apresenta sua maior cobertura sob os Tabuleiros Costeiros. Na região predomina relevo plano a suave ondulado, tendendo para ondulado; As maiores altitudes localizam-se a leste, sob os Tabuleiros Costeiros, em terrenos do Grupo Barreiras; A altitude tende a diminuir a oeste, em direção aos Depósitos Coluviais e Lacustres, Terraços e Planícies Fluviolacustres, sob a Formação Poti e Sedimentos do Quaternário.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente físico, imagens de satélite, modelo digital de elevação, NDVI, relevo.

ABSTRACT

The present work has the general objective of mapping the relief and vegetation cover units of Folha DSG SA 23 Z-D-V, belonging to the state of Piauí, using remote sensing techniques, contributing to a better understanding of the environmental dynamics in the relief units. The specific objectives were: (i) to perform the geomorphological mapping in order to identify in detail the relief units of the study area; (ii) to analyze the vegetation cover of the study area with satellite images, using the NDVI technique; And (iii) to identify the relationships between relief forms and vegetation cover. The study area is located in the Center-North portion of the state of Piauí, located in the Lower Low Plateau region of Parnaíba. The climate of the region is characterized as Aw', hot and humid. There are two biomes, the caatinga and the cerrado. Images from the Landsat 8 / OLI satellite, orbit / point 219/63, dated 17/09/2013 were used. By means of numerical data of altimetry, the Digital Elevation Model (MDE) originated. From the MDE, the map of relief, hypsometry and slope was generated. The forms of relief found in the study area were: grouping of tables, colluvial and lacustrine deposits, coastal boards, terraces and fluvial and fluvial plains, valleys associated with the boards and valleys associated with the tables. The results of NDVI presented in intervals (-0.2 - 0; 0 - 0.1, 0.1 - 0.2, 0.2 - 0.3, 0.3 - 0.4, 0.4 - 0, 5) where they were reclassified in: water, soil / water contact, exposed soil, open vegetation, altered forest / vegetation, and dense forest. Finally, the maps of the forms of relief and the covering of the lands of the area were made. The "Water" class predominates mostly in the Terraces and Fluvial-lacustrine Plains. The class "contact water / soil" has greater coverage in the unit of Terraces and Plains Fluvial-lacustrine. The class "Exposed soil" presents itself in greater coverage in the Colluvial and Lacustrine Deposits. The "Open Vegetation" class exhibits its greatest extent of coverage under the Lake and Lake Reservoirs. The Forest / Sparse class presents its greatest extent of cover under the Coastal Tracks, and the Dense Forest class exhibits its greatest coverage under the Coastal Tracks. In the region predominates flat relief to smooth corrugated, tending to corrugated; The highest altitudes are located to the east, under the Coastal Tabuleiros, in lands of the Barreiras Group; The altitude tends to decrease to the west, towards the Colluvial and Lacustrine Reservoirs, Terraces and Fluvial-lacustrine Plains, under the Poti Formation and Quaternary Sediments.

KEY WORDS: Physical environment, satellite imagery, digital elevation model, NDVI, relief.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Composição de um sensor.....	23
Figura 2	Curvas espectrais em diferentes alvos.....	24
Figura 3	Reflectância espectral de uma folha verde e sadia.....	27
Figura 4	Interação da energia eletromagnética com o objeto.....	28
Figura 5	Curvas de reflectância de uma folha verde e envelhecida (senescente)	29
Figura 6	O espectro eletromagnético.....	30
Figura 7	Localização da área de estudo.....	34
Figura 8	Mapa litológico da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	36
Figura 9	Mapa das classes de solo da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	38
Figura 10	Mapa de Hipsometria da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	48
Figura 11	Mapa de Declividade da folha DSG SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	50
Figura 12	Mapa das unidades de relevo da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	52
Figura 13	Mapa de cobertura das terras da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Unidades de relevo em consonância com a litologia, altitude e declividade.....	52
Quadro 2	Reclassificação dos intervalos por classe de cobertura.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição das unidades de relevo em km ² e porcentagem.....	51
Tabela 2	Unidades de relevo e cobertura das terras em km ² e porcentagem da folha DSG Brejo SA 23 ZDV, estado do Piauí.....	57

LISTA DE SIGLAS

CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano por Município
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PLANAP	Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da bacia do Parnaíba
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Embasamento teórico-conceitual da Geomorfologia.....	15
2.2	O Sensoriamento Remoto.....	22
2.3	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	Localização da área de estudo.....	34
3.1.1	Mapeamento litológico.....	35
3.1.2	Mapeamento de solos.....	37
3.1.3	Clima e hidrografia.....	40
3.1.4	Vegetação.....	41
3.1.5	Mapeamento das unidades de relevo.....	42
3.1.6	Mapeamento da cobertura das terras.....	44
3.1.7	Mapa de hipsometria e declividade.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Relevo, hipsometria e declividade.....	47
4.2	Unidades de Relevo.....	51
4.3	Cobertura das Terras.....	55
5	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

O relevo terrestre é formado, geralmente, por uma variedade de formas, oriundas por agentes internos que continuam a surgir, constantemente, esculpidos por agentes externos, delimitando novas formas. A superfície terrestre, portanto, é dinâmica e se compõe por formas de relevo diferentes, quanto ao tamanho, idade ou processos genéticos distintos. Este fenômeno, apresenta velocidades variadas, com maior ou menor intensidade, influenciando a sua estabilidade. Essas ações, geralmente, dependem dos fatores naturais e ações antrópicas.

Em uma visão holística, a Geomorfologia trata-se de um conhecimento cuja finalidade principal é a de avaliar as diferentes formas de relevo distribuídas na terra, preocupando-se em entender os processos que ocorreram no passado, que deram origem as diferentes formas que perduram até os nossos dias.

O relevo, como objeto de estudo da Geomorfologia como ciência, é uma importante frente aos processos de ocupação do espaço, em que suas formas e modalidades respondem pelo comportamento da paisagem e suas consequências. Com o avanço da tecnologia, o homem busca novas formas de ocupação do espaço em variadas regiões, que com o tempo percebe-se a mudança na paisagem, o que acarreta também por modificar a biota local, alterando a fauna, a vegetação, o solo, os recursos hídricos, afetando o ambiente em geral. Para fins de uma melhor avaliação do relevo, o sensoriamento remoto, atualmente, é uma das mais bem sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para fins de levantamento e monitoramento de recursos terrestres em diferentes escalas.

O Estado do Piauí apresenta, geralmente, os mapas de relevo em pequenas escalas, onde se faz necessários da construção de mapas em escalas maiores, contribuindo para um adequado planejamento em nível municipal. Este trabalho se justifica pela necessidade de se gerar carta das feições geomorfológicas em escala maior (1:100.000), que pode ser utilizada por órgãos públicos ou privados em suas mais diversas necessidades.

O “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, (NDVI)”, é uma técnica de análise/avaliação da cobertura vegetal que pode ser empregada para a comparação da vegetação em diferentes datas e lugares. Este índice bastante utilizado em pesquisas, por exemplo, para fins de análise e monitoramento vegetal.

O presente trabalho, consta inicialmente de uma introdução, de referências ao embasamento conceitual e a importância da geomorfologia, sensoriamento remoto, NDVI, enfocando a evolução da ciência. A metodologia empregada está diretamente ligada a

fundamentação teórica, que por sua vez, se define por nortear a pesquisa, enquanto que as técnicas são meios para gerar o trabalho e alcançar os objetivos. Nos resultados e discussões do trabalho há o cruzamento dos mapas elaborados que permitiram ao final estabelecer as conclusões (ROSS, 1992).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo geral realizar o mapeamento geomorfológico com foco para as unidades de relevo e cobertura vegetal da Folha DSG SA 23 Z-D-V, pertencente ao estado do Piauí, utilizando imagens de satélite e a técnica NDVI, contribuindo para um melhor entendimento da dinâmica ambiental nas unidades de relevo.

Os objetivos específicos foram: (i) realizar o mapeamento geomorfológico a fim de identificar de modo detalhado as unidades de relevo da área de estudo; (ii) analisar a cobertura vegetal da área de estudo com auxílio de imagens de satélite, por meio da técnica do NDVI; e (iii) identificar as relações existentes entre as formas de relevo e a cobertura vegetal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Embasamento teórico-conceitual da Geomorfologia

Historicamente, descobrir como ocorreu o surgimento e a evolução das formas de relevo terrestre são indagações levantadas pelo homem. Geralmente, a principal resposta para os questionamentos era que, tudo ocorria por causa das forças divinas. Nesta época, na sociedade predominavam os pensamentos religiosos. Portanto, explicar o surgimento das grandes elevações, cadeia de montanhas e as áreas rebaixadas, as depressões, tornou-se um desafio para os professores e pesquisadores da época. Neste período, as pessoas procuravam habitar, geralmente, nos vales férteis, que eram próximos aos rios, no intuito de facilitar a produção alimentar e para o consumo da água.

No período do Renascimento, por meio de Leonardo da Vinci, algumas informações sobre o relevo foram esclarecidas. Da Vinci (1452-1519) trouxe novos conceitos sobre erosão e deposição fluvial, quando constatou que os vales eram formados pela ação da água, em função da ação dos rios que corriam entre os vales (CHISTOFOLETTI, 1980). Nesta época, começaram a surgir novas ideias acerca das ciências da terra, dadas por Bernard Palissy (1510-1590). Para Da Vinci,

“Cada vale foi escavado pelo seu rio e a relação entre os vales é a mesma que entre os rios. No entanto, para Palissy, os conceitos básicos acerca da geomorfologia, tais como o antagonismo entre as ações internas, que criam o relevo, e as externas, que tentam destruí-lo; o antagonismo entre o escoamento e a vegetação, expressando claramente a ideia de que plantar árvores ameniza a erosão; a importância dos fenômenos externos no fornecimento dos materiais constituintes das rochas, e a relação existente entre os fenômenos geomorfológicos e a geomorfologia, tornaram-se importantes para se compreender os processos que constroem e modelam o relevo” (CHISTOFOLETTI, 1980, p.14).

Da Vinci e Palissy passaram a compreender a importância de alguns processos subaéreos, tal como o fluvial por exemplo, na modelagem nas formas de paisagem. Contudo, a partir do século XVIII a geomorfologia ganha força com as ideias de James Hutton e John Playfair, marcando o início do século, como também as contribuições de Abraham Gottob Werner contribuindo ao postular a ideia de um oceano único que continha todos os princípios minerais da crosta terrestre.

Hutton (1726-1797), considerado como um dos fundadores da geomorfologia moderna (CHISTOFOLETTI, 1980), que por meio dos seus pensamentos voltados para as questões naturais, se propõe a descrever de maneira científica e coerente uma história natural

da terra. Tal raciocínio explicava que as ações ocorridas na superfície terrestre eram responsáveis por reduzir as formas de relevo e conseqüentemente, contribuía para a redução das montanhas. Por outro lado, John Playfair (1748-1819) fez-se críticas construtivas comentando que, o trabalho era voltado para as áreas de clima temperado, descrito pela necessidade de um rápido soerguimento do relevo, seguido de um extenso período de estabilidade tectônica, contribuindo par o desenvolvimento dos estudos geomorfológicos (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Na obra “Illustrations of the Huttonian theory of the earth” (1802) Playfair contribui com James Hutton, acrescentando a formação e como se comporta uma rede de drenagem, que segundo ele,

“Cada rio consiste em um tronco principal, alimentado por um certo tamanho, e o conjunto forma um sistema de vales comunicantes com declividades tão perfeitamente ajustadas que nenhum deles se une ao vale principal em um nível demasiado superior ou inferior; tal circunstância seria infinitamente improvável se cada vale não fosse obra do rio que ocupa” (CHISTOFOLETTI, 1980, p.14).

Nesse contexto, essa observação descreve a atuação hídrica entre os vales, que movido pela gravidade e inércia, produz a erosão hídrica movendo detritos e escavando cada vale, formando uma só rede, em que no final do percurso deságua em determinado local, podendo ocorrer drenagem endorreica ou exorreica, mostrando ainda novos caminhos para os estudos de erosão e rede de drenagem. Contudo, o pensamento em citação acima, é considerada como lei de Playfair ou lei das confluências concordantes.

Abraham Gottlob Werner (1779-1817), neptunista, postulou a existência de um oceano universal. Porém, essa ideia criou controvérsias com as concepções huttonianas, que com isso, foram esquecidas com o desenvolvimento dessa corrente. Werner acreditava que com a existência de um oceano universal, nele estava contido dissolvido todos os princípios minerais que explicaria a formação da crosta terrestre.

No início do século XIX havia somente três correntes de pensamento sobre a Crosta terrestre e esculturação do relevo: a dos fluvialistas, a dos estruturalistas e a dos diluvianistas, sendo que as duas últimas eram a favor de princípios catastróficos. Com o passar do tempo a corrente fluvialista foi evoluindo e começando a se impor, com a contribuição de Alexandre Surell, George Greenwood, James Dwight Dana e Jukes. Obras foram publicadas contendo conceitos e informações de trabalhos voltados para o relevo,

entre eles está o de Peschel (1869) em que aborda os princípios do desenvolvimento do relevo de maneira sistemática; a obra de Richtoffen com o mesmo princípio, entretanto com mais sucesso, em “Fuhrer fur Forschungsreisende” (1886); a obra de Noe e Margerie em 1888 denominada “Les formes du terrain”, com mérito. Mas no entanto, a melhor tentativa foi a de A. Penck (1894), que publicou “Morphologie der Erdoberflache”, em que traz de modo genérico as formas do relevo terrestre descritas (CHISTOFOLETTI, 1980).

No final do século XIX, James Powell (1834-1902), Grove Karl Gilbert (1843-1918) e Clarence E. Dutton (1841-1912), geólogos, serviram de base para pesquisadores americanos que pretendiam reformular o pensamento geomorfológico, expondo as principais noções teóricas. Powell explorou a região do Colorado e focou seus estudos na estrutura geológica como base para classificação do relevo (CHISTOFOLETTI, 1980). Gilbert analisou os processos subaéreos e as modificações sofridas nos vales ocasionadas pela ação do rio, como também reconheceu a importância da aplanção lateral na evolução dos vales, efetuado uma tentativa ao estudo quantitativo das relações entre carga, volume, velocidade, e declividade de um rio.

A evolução do pensamento geomorfológico também ganhou destaque ainda no século XIX, quando William M. Davis (1850-1934) registrou no clássico “The Geographical Cycle” a certeza de que seu trabalho tinha o intuito de colaborar em diversos aspectos, para benefício da sociedade, no que diz respeito aos estudos geográficos mundiais (CASSETI, 2005). Ao mesmo tempo, a linhagem epistemológica anglo-americana tem como fundamento nos paradigmas propostos por Davis (1899), até a segunda guerra mundial, pois para ele o relevo tinha como fundamento a estrutura geológica, dos processos que ocorriam na terra e no tempo (CASSETI, 2005). A influência de Davis sobre a Geomorfologia foi a maior do que a de outra pessoa, sendo considerado o fundador da geomorfologia como disciplina especializada. O trabalho de Davis com suas concepções era o único capaz de explicar de maneira coerente a gênese e a sequência evolutiva das formas de relevo. Para Davis,

“O ciclo se iniciava com um rápido soerguimento, pela ação das forças internas, de superfícies aplainadas, que se elevariam, criando desnivelamentos em relação ao nível do mar. A ação da água corrente, a erosão normal, atuando sobre o relevo inicial, produziria sua dissecação e conseqüentemente a redução de sua topografia até criar uma superfícies aplainada (peneplano)” (GUERRA; CUNHA 2007, p.31).

Na concepção proposta por Davis fica claro a maneira de como se dá o surgimento das formas de relevo, e que com a ação externa torna-se vulnerável a sofrer desgaste. Como uma pessoa infatigável, Davis escreveu e publicou diversos trabalhos que é resultado de suas observações, e ao mesmo tempo, ensinou em universidades americanas e européias.

As recentes contribuições de Pierre Birot, “Morphologie Structurale” (1958), e de Jean Tricart em “Géomorphologie Structurale” (1968), contribuíram para fornecer ainda um leque de estudos sobre a geomorfologia. Contudo, em um estudo mais detalhado da Morfoestrutura dos estados Unidos, William Thornbury publica “Regional Geomorphology of the United States” para um melhor detalhamento em esfera regional (CHISTOFOLETTI, 1980). No entanto, com Emanuel de Martone (1893-1955) e Henri Baulig (1877-1962) novas contribuições acerca do conhecimento geomorfológico foram surgindo, tais como as variações do nível do mar, e a Geomorfologia climática de Baulig. Para tanto, a noção de sistema aberto e equilíbrio dinâmico surgem como novas concepções, dando enfoque a Teoria Geral dos Sistemas.

No Brasil, a evolução da Geomorfologia é recente, com expansão nos últimos 50 anos. Para tanto, em termos de trabalhos publicados, ainda são poucas as obras que tratam sobre a geomorfologia. No entanto, pode-se destacar os trabalhos de Ab'Saber (1958 e 1974) e Christofoletti (1977) enfocando sobre a geomorfologia; Mendes e Petri (1971) em que seu trabalho retrata sobre a Geologia do Brasil; Monteiro (1980) abordando a geografia nos anos de 1973 a 1977; e Coltrinari e Kolher (1987), onde destaca o quaternário continental brasileiro (GUERRA; CUNHA, 2007).

O desenvolvimento histórico da geomorfologia no Brasil é reconhecido por três períodos segundo Ab'Saber (1958, 1964). O período dos predecessores (1817-1910); o período dos estudos pioneiros (1910-1940); e o período de implantação das técnicas modernas (1940-1949). O primeiro período foi marcado pelos viajantes e naturalistas, em que por onde passavam procuravam observar o percurso e a paisagem por onde passavam. Geólogos estrangeiros também foram marcantes por suas contribuições objetivas e ampla documentação cartográfica. Destacam-se Charles Frederik Hartt (1840-1878), Orville Adalbert Derby (1851-1915) e Jonh Casper Banner (1850-1922).

O segundo período é marcado pelo predomínio de pesquisadores estrangeiros com especialização em geologia e geomorfologia, como também pesquisadores brasileiros. Tal

período ganha destaque com trabalhos publicações importantes, como de Miguel Arrojado Lisboa (1909) sobre o oeste paulista e sul do Mato Grosso; Roderic Crandall sobre o nordeste oriental em 1910; e Preston James sobre o Brasil de sudeste (1933) e de Luiz Flores de Moraes Rego sobre a gênese do relevo no estado de São Paulo (1930; 1932 e 1938), entre outros pesquisadores.

O terceiro período foi marcado pelo surgimento das Faculdades de filosofia e a fundação do Conselho Nacional de Geografia em 1973. Publicações como a de Emmanoel de Martone em 1940 sobre os problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico; o de Fábio Macedo Soares de Guimarães sobre o relevo do Brasil em 1943; o de Aroldo de Azevedo sobre o Planalto Brasileiro e o problema da classificação de suas formas relevo em 1949, de certa forma, procuraram sistematizar todo o conhecimento que se acumulava sobre a geomorfologia.

A partir da década de 1950, a geomorfologia no Brasil ganha importância em relação a sua evolução, como também corresponde ao início do período contemporâneo. Em 1956 foi realizado o XVIII Congresso Internacional de Geografia do Rio de Janeiro, quando os trabalhos de campo foram comandados por Jean Tricart, Jean Dresch, e Ab'Sáber, e quando aconteceu a expansão dos cursos de geologia e geografia, seguido de várias publicações acerca da temática. Nessa época, a forte influência das concepções Davaianas foram dando lugar à geomorfologia climática. Os trabalhos de Ab'Saber e Bigarella são obras que seguem nessa direção.

Apesar disso, outro nome importante seria o de Francis Rullean, em 1952, em que durante mais de dez anos de estudo, reuniu todas as informações acerca do escudo brasileiro. Na mesma linha, em 1954, Ab'Saber e Fernando F. M. De Almeida, em 1964, publicam “Geomorfologia do estado de São Paulo” e “Os fundamentos geológicos do relevo paulista” em que reúne uma série de informações das unidades políticas do Brasil (CHISTOFOLETTI, 1980).

O grande impulso da geomorfologia no Brasil foi dado por Ab'Sáber, em 1958, quando publicou sua tese de doutorado “Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo”, onde marca um novo modo de interpretar o relevo. A geomorfologia brasileira também ganha mais força com o trabalho de Lester King, em “Problemas Geomorfológicos do Brasil Tropical”, onde fornece informações a respeito da teoria da Pediplanação. Em 1964, João José Bigarella publica “Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no

revestimento florístico do Paraná” que se torna uma referência para os estudos cronogeomorfológicos, e que pela primeira vez, no Brasil, será demonstrada as teorias da biostasia e da resistasia, onde explica a evolução do relevo brasileiro (VITTE; NIELMANN, 2009).

Em 1979, Ab'Saber, a partir de formulações elaboradas por Tricart e Cholley, publica “A teoria dos Refúgios Florestais”, em que sua elaboração consiste em considerar a compartimentação geomorfológica como sendo “sine qua non”, com a finalidade de compreender de um lado a complexidade do tecido biogeográfico brasileiro e de outro a especificidade dos ditos refúgios (VITTE; NIELMANN, 2009). Para tanto, as novas concepções teóricas surgidas têm como foco permitir uma maior fundamentação para equacionar com mais propriedade as relações do homem, com a sociedade e a natureza (GUERRA; CUNHA, 2007). Posteriormente, com a força do conhecimento geomorfológico em questão, alguns conceitos sobre o tema foram surgindo.

Para Christofolletti (1980) a geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo. Segundo o autor, as formas representam uma expressão espacial da superfície, que compõe as diferentes configurações da paisagem. Se a geomorfologia estuda as formas de relevo, tal objeto de estudo da geomorfologia seria o próprio relevo.

Cassetti (2005) enfoca que a geomorfologia é um conhecimento de cunho específico, onde a finalidade de estudar as formas de relevo, a modo de compreender atuantes no pretérito e atuais. Para o mesmo autor, o relevo é o objeto de estudo da Geomorfologia, apresentando uma forma mais específica de análise.

Guerra e Cunha (2007) reafirmam mencionando que as formas de relevo constituem o objeto de estudo da geomorfologia. Quando esse objeto é bem definido, com conteúdo coerente, com conhecimento sistematizado, com caráter prático já alcançado, faz com que a geomorfologia seja vista como ciência autônoma.

Guerra (2008) aponta que a geomorfologia estuda as formas de relevo, levando em consideração sua origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que de modo geral, são os fatores que constroem e modelam o relevo. O relevo seria uma composição de aspectos da superfície da crosta terrestre, ou seja, conjunto dos desnivelamentos da superfície do globo: microrrelevo, mesorrelevo e macrorrelevo.

No Estado do Piauí poucos estudos foram realizados e publicados com temáticas, geralmente, com enfoques abrangentes, voltadas para regiões mais restritas. Lima (1987) no período de 1982 e 1983, realizou trabalho sobre o relevo piauiense, à elaboração de uma criteriosa metodologia de fundamentação geomorfológica, compatível com a natureza do estudo. Este trabalho teve por base o Projeto de Delimitação e Regionalização do Brasil Semiárido – Estado do Piauí. Trata-se de um convênio entre o CNPq e as Universidades Federais do Nordeste, com acompanhamento pela SUDENE.

Os estudos sobre o relevo do estado do Piauí encontram-se limitados principalmente a aspectos bibliográficos, por causa dos estudos que envolvem o relevo piauiense, os quais são incluídos nos que abrange toda a região nordeste, tornando-se fragmentada. Lima (1987) propõe uma nova classificação para o relevo piauiense a partir da compartimentação regional por unidades estruturais, discutindo sobre a gênese, composição e evolução das formas de relevo locais.

No entanto, partindo do princípio de que o relevo é construído por forças oriundas do interior da terra, e modeladas pelas ações externas, pode se afirmar então que o relevo nunca foi o mesmo dos tempos antigos aos dias atuais. Portanto, analisar a Geomorfologia de qualquer área, está diretamente ligada a conhecer os princípios evolutivos que o relevo apresenta, sendo possível então obter resultados sobre os processos morfogenéticos a que foi submetido (CASSETI, 2005).

Com a evolução tecnológica, o homem tornou-se capaz de desenvolver várias atividades na superfície terrestre, em que a maioria das aplicações no campo geomorfológico, envolve o estudo de ocupação nas formas de relevo, responsável pela modificação da paisagem. Ter conhecimento sobre os processos da atuação do homem no meio ambiente torna-se fundamental para compreender como os humanos vem modificando o meio ambiente. A primeiro modo, se for oportuno, quando for aplicado qualquer conhecimento geomorfológico para tal fim, é primordial entender como a sociedade atua no que se refere aos assuntos ambientais. Isso torna-se importante pois antes de apontar alguma solução, deve-se compreender as reais condições, sendo econômica, política, tecnológica e cultural.

Dessa forma, um estudo geomorfológico elaborado de maneira antecipada à ocupação de qualquer porção do relevo, ou algum mapeamento, deve ser compreendido integralmente pelos planejadores, pois isso possibilita desenvolver alguma atividade em

determinada área, sem que ocorra impactos ambientais negativos (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Atualmente, existe vários trabalhos sobre a temática geomorfológica em que se refere a estudos mais aprofundados sobre as formas de relevo. No que se refere a esses estudos, num âmbito geral destaca-se Lima (1987) em “Relevo Piauiense: Uma proposta de classificação” realizado entre os anos de 1982 e 1983, como também alguns elaborados de maneira mais isolada e específica, como o “Mapeamento Geomorfológico do Município de Campo Largo do Piauí, Piauí” (CABRAL; VALLADARES, 2014); “Mapeamento Geomorfológico do Município de Porto, Piauí” (CABRAL, VALLADARES, SANTOS, 2014); “Quadro Geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí” (SANTOS, 2001); “Feições Geomorfológicas do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí” (SANTOS; PELLERIN, 2006), entre outros trabalhos que visam realizar o mapeamento por meio de imagens de satélite e auxílio de um SIG, em identificar as formas de relevo em cada região estudada.

2.2 O Sensoriamento Remoto

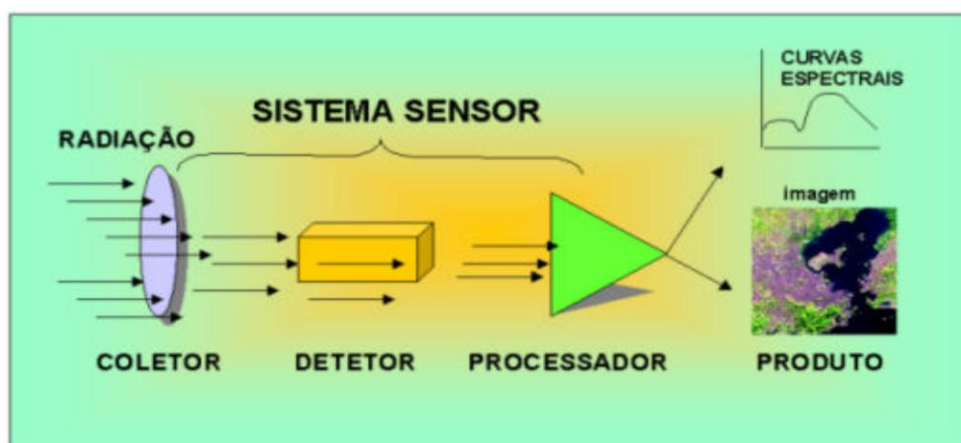
O Sensoriamento Remoto surgiu a partir da câmera fotográfica, em que foi o primeiro instrumento a ser utilizado, persistindo até os dias atuais. Era utilizada por militares para obter informações acerca do campo inimigo. No século passado, foi desenvolvido uma câmera fotográfica com disparador automático e ajustável, e carregadas com pequenos filmes em que a mesma era fixada no peito de pombos-correio no qual eram levados para locais estratégicos para que pudessem adquirir imagens da área inimiga. Muitos deles eram fuzilados ao serem percebidos, contudo, muitos retornavam ao seu local de origem com as informações. A partir desses fatos, surgiram as primeiras noções e aplicações do Sensoriamento Remoto (FIGUEREDO, 2005).

O termo “Sensoriamento Remoto” tem por base designar o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de se obter imagens da superfície terrestre a distâncias remotas. Almeida e Meneses (2005, p. 3) definem o sensoriamento remoto como sendo uma “técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre sensor e o objeto”. Para o mesmo autor, essa definição é clássica, pois considera que o sensor esteja a uma distância remota do objeto.

“O Sensoriamento Remoto constitui de tecnologias que visam o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. Desse modo, essa definição afirma que o objeto imageado é registrado pelo sensor por meio de medições da radiação eletromagnética (ALMEIDA; MENESES, 2005, p. 3).

Os sensores imageadores fazem uma cobertura do terreno de forma linear, que diferente da câmera, é feita a partir de um mecanismo instantânea de área (MENESES; ALMEIDA, 2002). Dessa forma, os produtos gerados pelos sensores foram denominados de “imagem”, pelo fato do seu processo de aquisição ser diferente do realizado pela câmera fotográfica. Para Moreira (2001), os sensores são modernos dispositivos em que são capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro magnético, em que posteriormente possam gerar informações que possam ser transformadas em um produto passível de interpretação, quer seja em forma de imagem, ou até mesmo em forma de gráficos ou tabelas. Segundo o mesmo autor, o sensor (Figura 1) tem sua característica e composição. É basicamente constituído por um coletor, no qual pode ser um conjunto de lente, espelho ou antena, e um sistema de registro em que pode ser um filme ou outros dispositivos e um processador (MOREIRA, 2001, p.4).

Figura 1: Composição de um sensor.



Fonte: MOREIRA (2001).

A década de 1970 é marcada pela revolução do Sensoriamento Remoto, com o

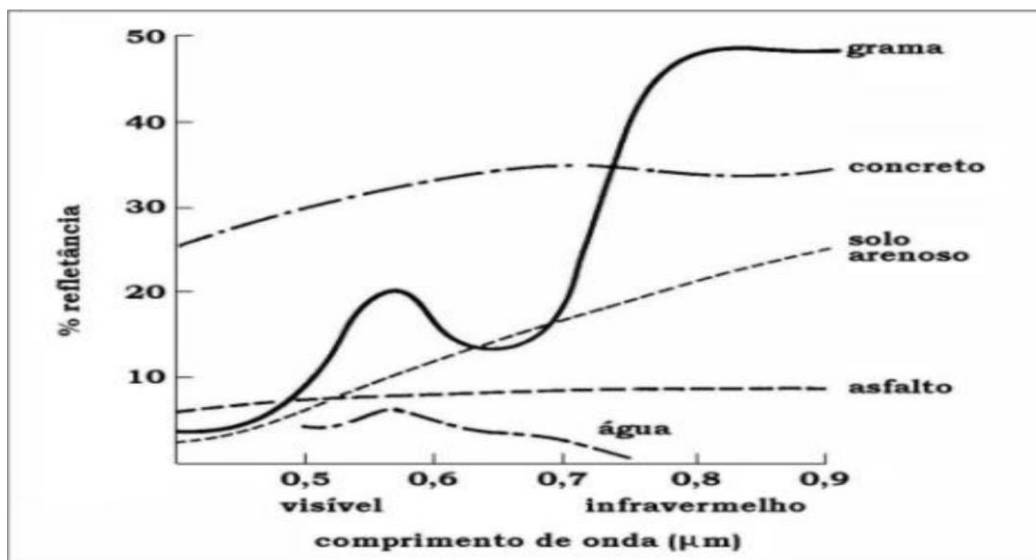
lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres. Por um lado, os satélites demandam de muita energia em seus lançamentos. Contudo, por outro lado, orbitam a terra por vários anos, e seu consumo de energia é baixo por ser mantido a altas altitudes onde a resistência do ar é zero e a força gravitacional é equilibrada pela força centrífuga do movimento orbital do satélite (FIGUEREDO, 2005).

O processo evolutivo de obtenção de imagens fez com que culminasse o processo evolutivo do Sensoriamento Remoto por Satélites. Segundo Figueredo (2005) consiste em: 1) Sensores: Instrumento de captação de imagens e dados com mais qualidade e evolução.; 2) Sistema de Telemetria: Responsável pela transmissão de dados entre o satélite e as estações na terra; 3) Sistema de Processamento: Consiste em equipamentos computacionais e softwares destinado ao armazenamento de dados; e 4) Lançadores: São bases com finalidade de lançar e pôr em órbita os satélites.

A radiação ao se interagir com corpos na superfície terrestre pode ser absorvida, refletida, transmitida e emitida a eles seletivamente. Portanto, a radiação depende dos fatores ambientais e são inerentes a cada alvo. No caso da planta, por exemplo, a energia refletida varia de acordo com seu comportamento, tais como déficit hídrico, vulnerabilidade de doenças e pragas, efeitos climáticos adversos e outros.

A partir do conhecimento do comportamento espectral da radiação refletida e/ou emitida de diferentes corpos/alvos da superfície terrestre, pode-se identificar corpos/alvos semelhantes, baseando apenas no comportamento espectral. (MOREIRA, 2001).

Figura 2: Curvas espectrais em diferentes alvos



Fonte: MORAES (2002).

Alguns corpos emitem energia, que por meio da técnica do sensoriamento remoto, esses instrumentos são capazes de medir a energia refletida ou emitida pelos alvos, vide figura 2, a grama por exemplo.

Atualmente os sistemas de telemetria são alimentados por satélites orbitais a todo momento. Para tanto, existem várias séries de satélites de sensoriamento remoto em operação, dentre esses destacam-se: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS e QUICKBIRD, que destinam-se ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais. O LANDSAT foi o primeiro a obter imagens sinóticas terrestres de média resolução. Iniciando sua operação em 1972, foi o primeiro a ser equipado com sensor “Multispectral Scanner System”, que é permitido coletar imagens separadas em bandas espectrais de formatos digital, capaz de cobrir uma área de 185 km x 185 km, com repetição a cada 18 dias (FIGUEREDO, 2005). A série passou por evoluções e aperfeiçoamentos até chegar a série LANDSAT 8.

No entanto, é com o uso da fotografia que os estudos geomorfológicos se beneficiaram para a obtenção sobre o relevo. Atualmente, com o uso do sensoriamento remoto, possibilita assim fornecer informações a respeito do relevo terrestre com maior nível de detalhamento, além de outros estudos tais como sobre a estrutura geológica, rede de drenagem, e uso e cobertura das terras. O advento e o uso da estereoscopia favoreceu a interpretação das fotos em uma visão tridimensional, e que atualmente, com melhores recursos tecnológicos, a geomorfologia dispõe de dados com uma melhor resolução de imagem (espacial, espectral e temporal) fornecidas por sensores ópticos e de radares interferométricos (SILVA; SANTOS, 2012).

Os dados obtidos pelos sensores, aliado com um SIG (Sistema de Informação Geográfica), é possível obter informações acerca da altitude, declividade, orientação de vertentes, entre outros. O Projeto TOPODATA, desenvolvido pelo INPE, que corresponde ao banco de dados Geomorfométricos do Brasil, oferece o MDE (Modelo Digital de Elevação) elaborados a partir de dados SRTM, cujo é disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). A partir desses dados, é possível, realizar trabalhos para fins de análise de relevo para qualquer área de estudo (VALLERIANO; ROSSETI; ALBUQUERQUE, 2009).

Os dados provenientes dos sensores remotos, em que são auxiliados por Sistemas de Informações Geográficas (SIG), têm sido utilizados para fins de monitoramento, mapeamento, caracterização, estudo da evolução do uso do solo, entre outras, pois fornecem informações de extensas áreas com menor custo, visto as outras técnicas (BACKES, 2010).

Ao contrário das técnicas mais antigas de obtenção de dados, tais como a utilização de aviões equipados com câmeras, balões meteorológicos, que demandam mais recursos, através dos sensores remotos é possível adquirir dados sobre uma determinada área em tempo bem reduzido, com custos simbólicos.

2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Os recursos tecnológicos foram aprimorando-se cada vez mais, especialmente com as gerações de novos satélites e equipamentos computacionais mais sofisticados, permitem ao Sensoriamento Remoto a análise e interpretação de imagens obtidas de qualquer ponto da superfície terrestre. Com isso, o uso de imagens de satélite no sensoriamento remoto torna-se uma importante ferramenta em caráter ambiental, sendo utilizadas para a interpretação dos atributos da vegetação (PORTELA, 2014).

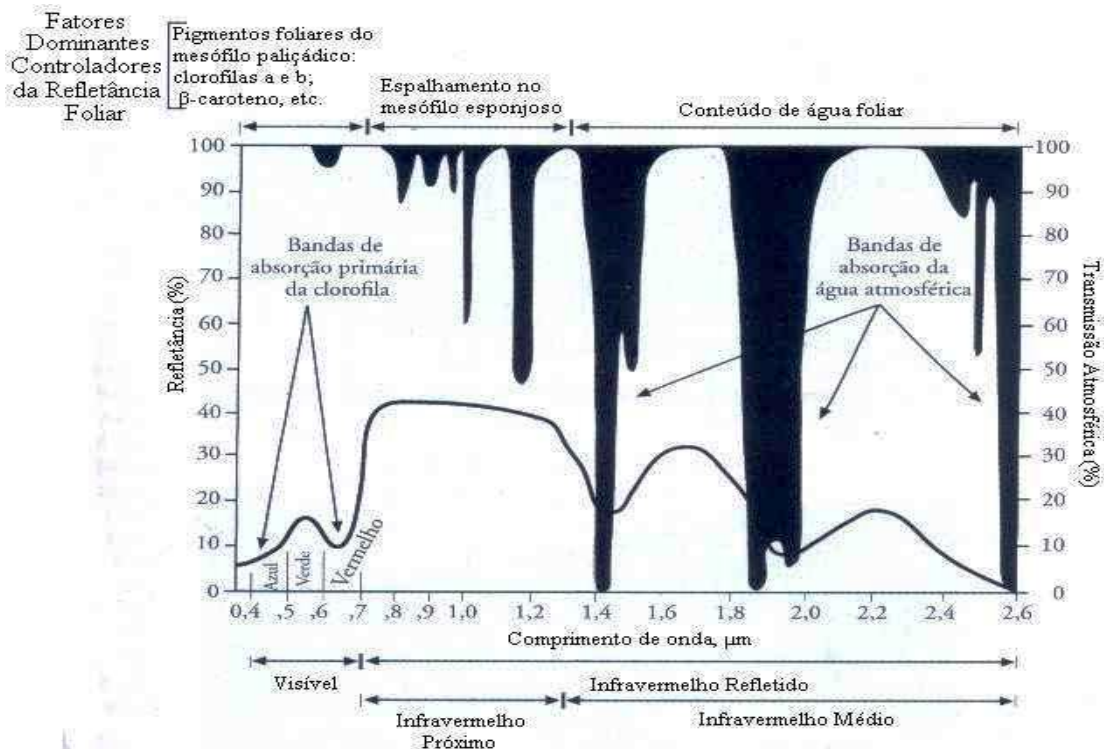
A vegetação funciona como um indicador geoambiental, pelo fato de sofrer interferência por fatores externos, tais como climáticos, edáficos e bióticos. Ao mesmo tempo, também exerce forte influência no escoamento superficial, regime hídrico e características dos solos, além de exercer um papel importante na estabilização dos geoambientes. Os índices de vegetação correspondem a modelos matemáticos para fins de avaliação de cobertura vegetal por meio da correlação entre o comportamento espectral dos alvos e parâmetros mensuráveis nos campos qualitativo e quantitativo, sendo obtidos a partir da combinação de valores de reflectância da copa ou dossel da vegetação coletados por espectro imageador, nas faixas do visível e do infravermelho (BARBOSA; DORIGON, 2014).

Os índices de vegetação funcionam como medidores de qualidade do ambiente. Partindo da ideia de que o homem ao se apropriar de uma determinada área, o mesmo poderá alterá-la da maneira que bem entender, tal como para plantio, construção de lagos artificiais, usá-la como pasto, ou até para a construção civil, por exemplo. Geralmente, nas regiões urbanizadas os valores de índices de vegetação podem variar, por causa da reduzida cobertura vegetal. Contudo, tendendo para zonas com menos urbanizadas, é percebido um maior valor de cobertura vegetal, tais como em povoados e vilas mais interiorizadas, por exemplo. No entanto, na elaboração do índice de vegetação por meio da técnica do NDVI por exemplo, o resultado final será dado em intervalos, que mostra através de cores e valores, os estágios e situação da vegetação.

Além de ser usado para áreas vegetadas, os índices de vegetação também são utilizados na determinação e estimativa do índice de massa foliar, biomassa e da radiação fotossinteticamente ativa (RAMOS et. al., 2010). Com novos recursos tecnológicos aplicados aos sensores remotos, também pode-se analisar com mais qualidade através das imagens de satélite, dados a respeito da distribuição espacial de áreas cultivadas e alterações que nelas ocorrem.

Para a obtenção dos resultados, o princípio funciona por meio do seguinte mecanismo: a radiação que atinge a superfície terrestre interage com a vegetação resultando em três frações. Parte da radiação enviada pelo sol é absorvida pelos pigmentos contidos na folha e participa na síntese de compostos ricos em energia, outra parte é refletida pelas folhas, e a última parte sofre um processo denominado de “transmissão”, através das camadas de folhas que compõe as copas das árvores e as folhas da mesma (RAMOS et. al., 2010). No processo de reflectância espectral das folhas, pode-se afirmar a influência de um elemento importante, que são os pigmentos contidos nas folhas, os espalhamentos internos e o conteúdo interno de umidade na folha (JENSEN, 2009). A figura 3 representa a reflectância de uma folha vegetal verde e sadia, relacionando com as regiões do espectro influenciados pelos elementos contidos na folha, determinando sua reflectância efetiva.

Figura 3: Reflectância espectral de uma folha verde e sadia.

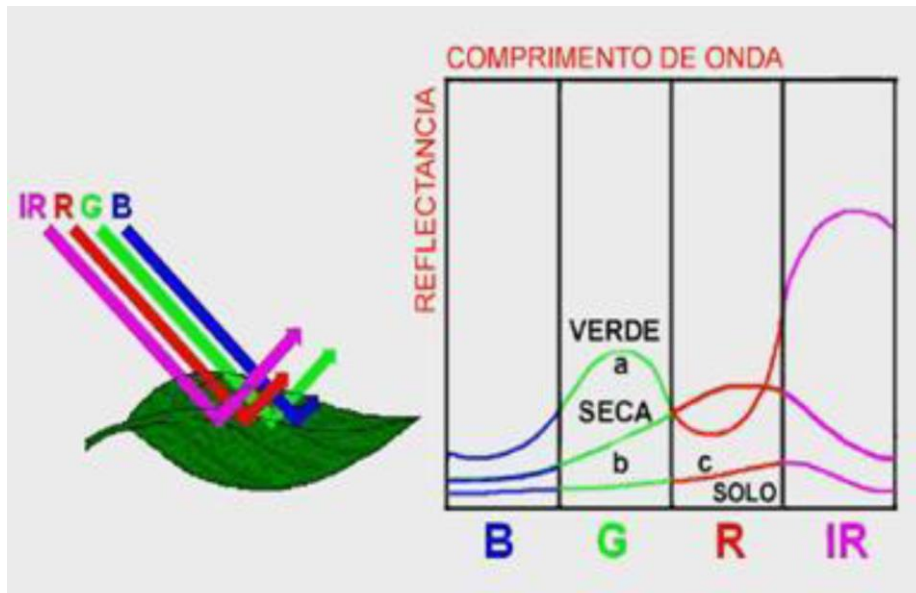


Fonte: SANTOS (2010)

Na figura 3, as bandas de absorção primária ocorrem na faixa do visível, onde refletem basicamente por causa dos pigmentos foliares. Contudo, os maiores comprimentos de onda (Infravermelho próximo e médio), refletem melhores valores de folhas mais saudáveis.

Os índices de vegetação são modelos da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélite nas bandas no vermelho e infravermelho. Segundo Moraes (2002) o comportamento espectral de um corpo (objeto) é denominado como o conjunto dos valores sucessivos da reflectância de tal objeto ao longo do espectro eletromagnético, no qual como é conhecido como assinatura espectral do objeto, em que a mesma define as feições. O objeto ao ser alvo do fluxo de energia eletromagnética, torna-se passível de sofrer interações com o material que o compõe, sendo parcialmente refletido, absorvido e transmitido pelo objeto (Figura 4).

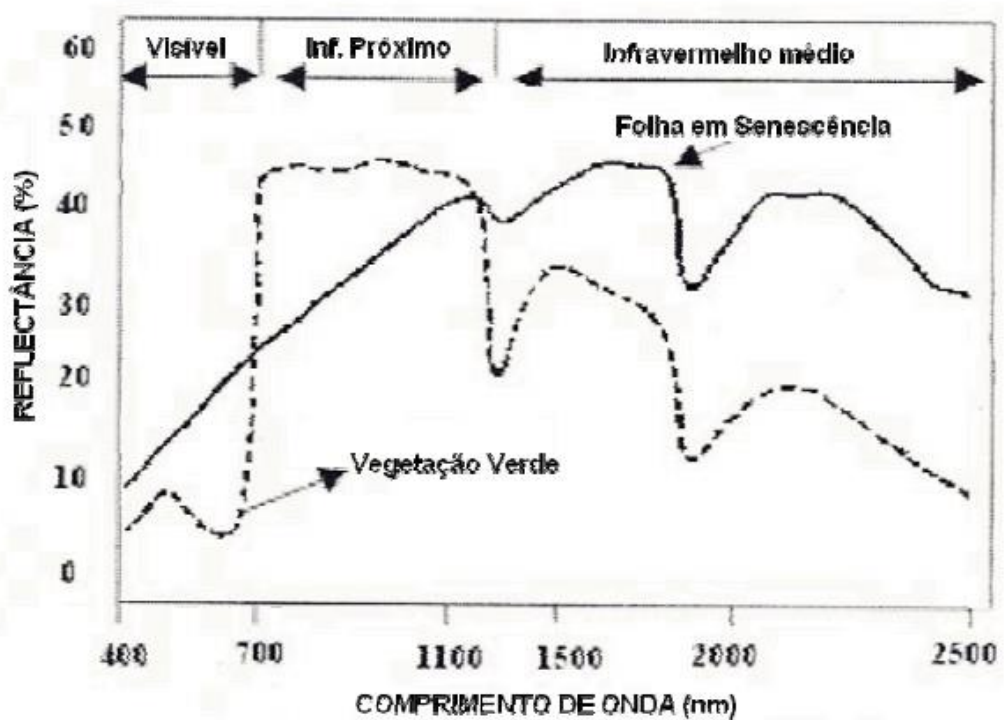
Figura 4: Interação da energia eletromagnética com o objeto



Fonte: MORAES (2002)

Cada objeto interage de maneira diferente espectralmente com a energia eletromagnética incidente, por apresentarem características físico-químicas e biológicas diferentes. No caso da vegetação sadia, a mesma apresenta alta absorção de energia eletromagnética na região do visível, onde é capturada pela clorofila para fins da realização da fotossíntese. No espectro visível, a região de fraca absorção diz respeito à coloração da vegetação. Em fase de desenvolvimento da planta, a mesma pode sofrer alterações em sua reflectância, no caso de espécie para espécie, sendo também fortemente influenciado pelo teor de água contido na planta, e o manejo adequado (Figura 5).

Figura 5: Curvas de reflectância de uma folha verde e envelhecida (senescentes).



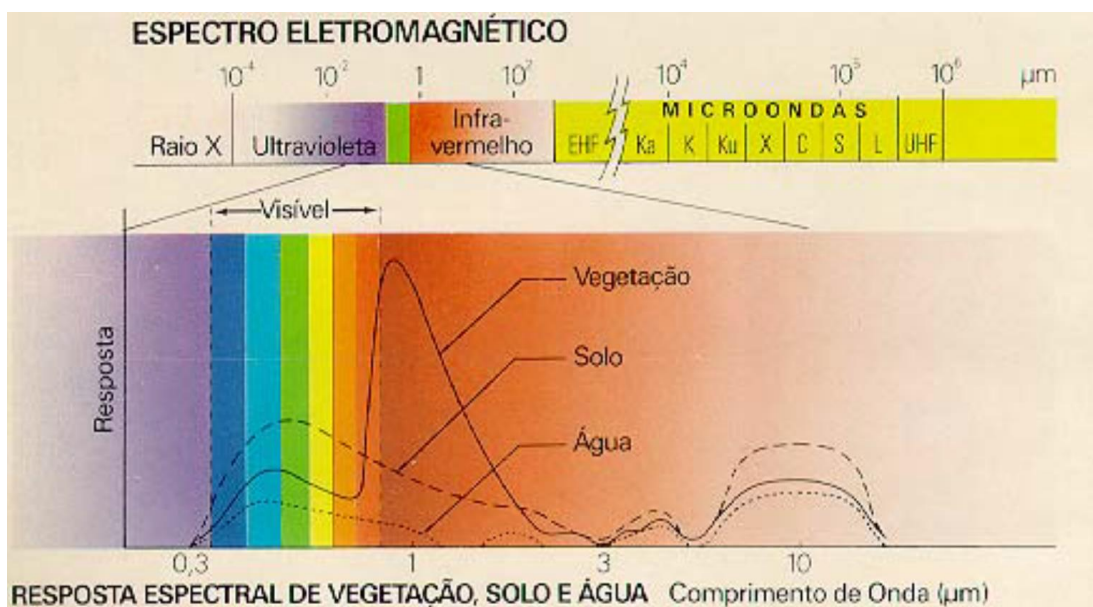
Fonte: SANTOS (2010 apud GUYOT, 1990)

A figura 5 mostra que a folha verde apresenta um padrão de reflectância da seguinte forma: identificadas bandas na região do visível por causa da presença dos pigmentos foliares, elevada reflexão na região do infravermelho próximo pelo motivo da presença da

estrutura celular, e bandas de absorção do infravermelho médio, devido à presença de umidade na folha.

Quanto ao infravermelho próximo (>700 a 1300 nm) (Figura 5) justifica-se por causa da estrutura celular, pois sendo a partir deste comprimento de onda, é o conteúdo da água na vegetação quem modula as bandas de absorção presentes no comportamento espectral desta (MORAES, 2002, p. 17). Contudo, o conhecimento espectral dos objetos terrestres torna-se importante para a escolha da região do espectro sobre o qual deseja aplicar estudo. A figura 6 a seguir demonstra os espectros de refletância de alguns objetos.

Figura 6: O espectro eletromagnético



Fonte: MORAES (2002).

Comparando a vegetação, o solo e a água, a primeira é que apresenta maior refletância na faixa do infravermelho, que diferente dos demais, pouco são refletidas. No caso do solo, um fator seria a o tipo de cobertura, em que locais mais claros refletem mais que os opacos. A água depende da profundidade, quantidade e turbidez para designar sua refletância.

Para se obter uma melhor forma de análise de imagens de satélite, muitos dos

pesquisadores têm se dedicado a obtenção de análise de medidas da refletância dos objetos terrestres, em pesquisa de campo e laboratório, afim de uma melhor compreensão do comportamento espectral dos objetos e suas propriedades.

A respeito da vegetação, desde a década de 60, os cientistas adquirem parâmetros biofísicos da mesma, tais como a avaliação da cobertura vegetal. Por meio dos índices de Vegetação, a exemplo do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), é possível extrair informações a respeito do estado da vegetação em qualquer região, que tenha como foco de trabalho.

Entretanto, entre as metodologias empregadas para se avaliar a cobertura vegetal destaca-se o “NDVI”, que é o Índice de vegetação por Diferença Normalizada, onde consiste num modelo da combinação dos níveis de refletância em imagens de satélite, obtidas a partir de uma equação entre as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho. A equação se resume da seguinte forma (AQUINO, 2012):

NDVI =	NIR - R
	NIR + R

Em que:

NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR: Reflectância do Infravermelho Próximo;

R: Reflectância do Vermelho Próximo.

Desse modo, a partir da equação acima, a vegetação é caracterizada por uma intensa absorção por causa da presença de clorofila na região do vermelho (0,63 a 0,69 μm) e por uma grande quantidade de energia refletida do infravermelho próximo (0,76 a 0,90 μm), causada pela estrutura celular das folhas (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011). Tal índice permite avaliar o comportamento da vegetação ao longo do tempo, como também realizar uma análise em evolução temporal da vegetação.

O “Normalized Difference Vegetation Index”, (NDVI), é um dos índices mais utilizados em trabalhos científicos a fim de buscar resultados sobre a vegetação. Os valores de NDVI variam de -1 a 1, sendo que os valores próximos a 1 referem-se ao de maior biomassa, e os valores próximos a 0, ou negativos referem-se a pouca, ou até ausência de vegetação, ou seja, os valores negativos são os que refletem mais intensamente na região do vermelho, em comparação com o infravermelho próximo (SANTOS, 2010).

Segundo Backes (2010), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi proposto por Rouse et al.(1974), partindo da premissa do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 à 1, consiste numa relação entre as medidas espectrais das bandas do infravermelho próximo e do vermelho.

O NDVI pode ser aplicado para diferentes fins. Existe uma variedade de trabalhos tanto com fins comparativos entre modelos de aplicação de índices de vegetação, quanto para mostrar a eficiência do NDVI em alguma metodologia. Lucena et. al. (2012) aborda em seu trabalho a análise das transformações ocorridas em duas áreas do desenvolvimento industrial a partir de parâmetros do sensoriamento remoto, com a utilização do NDVI. Lombardo et. al., (2012) utiliza da técnica do NDVI como objetivo para identificar a intensidade da degradação do espaço, usando como referência os mapas temais e uso da terra. Rêgo et. al., (2012) faz uma análise comparativa entre o NDVI e SAVI a partir de imagens do satélite Landsat 5 TM para avaliar o desempenho de tais índices.

No estado do Piauí, Barbosa e Dorigon (2014) utilizaram a técnica do NDVI para avaliar a cobertura vegetal, numa escala temporal, correlacionando com a expansão urbana do município de Teresina. Santos e Aquino (2015) analisaram a cobertura vegetal e os aspectos econômicos, em Castelo do Piauí, por meio do NDVI, ao mesmo tempo relacionando aos processos de degradação ambiental/desertificação.

Aquino e Oliveira (2012) realizam o estudo da dinâmica interanual e sazonal da vegetação, no município de São Raimundo Nonato, PI. Santos e Oliveira (2015) usaram o NDVI para avaliar a cobertura vegetal do entorno do açude Caldeirão em Piripiri, a fim de diagnosticar o estado de conservação e degradação da cobertura vegetal do açude. Almeida, Aquino e Oliveira (2012) realizam o estudo da cobertura vegetal e uso da terra no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato, analisando de forma temporal, por meio de técnicas do sensoriamento remoto, a dinâmica atuante na área. Para fins de análise de fenômenos em tipos específicos de solo, destaca-se o trabalho de Oliveira, Guasselli e Suertegaray (2015) que analisaram por meio da técnica do NDVI, as áreas de arenização em

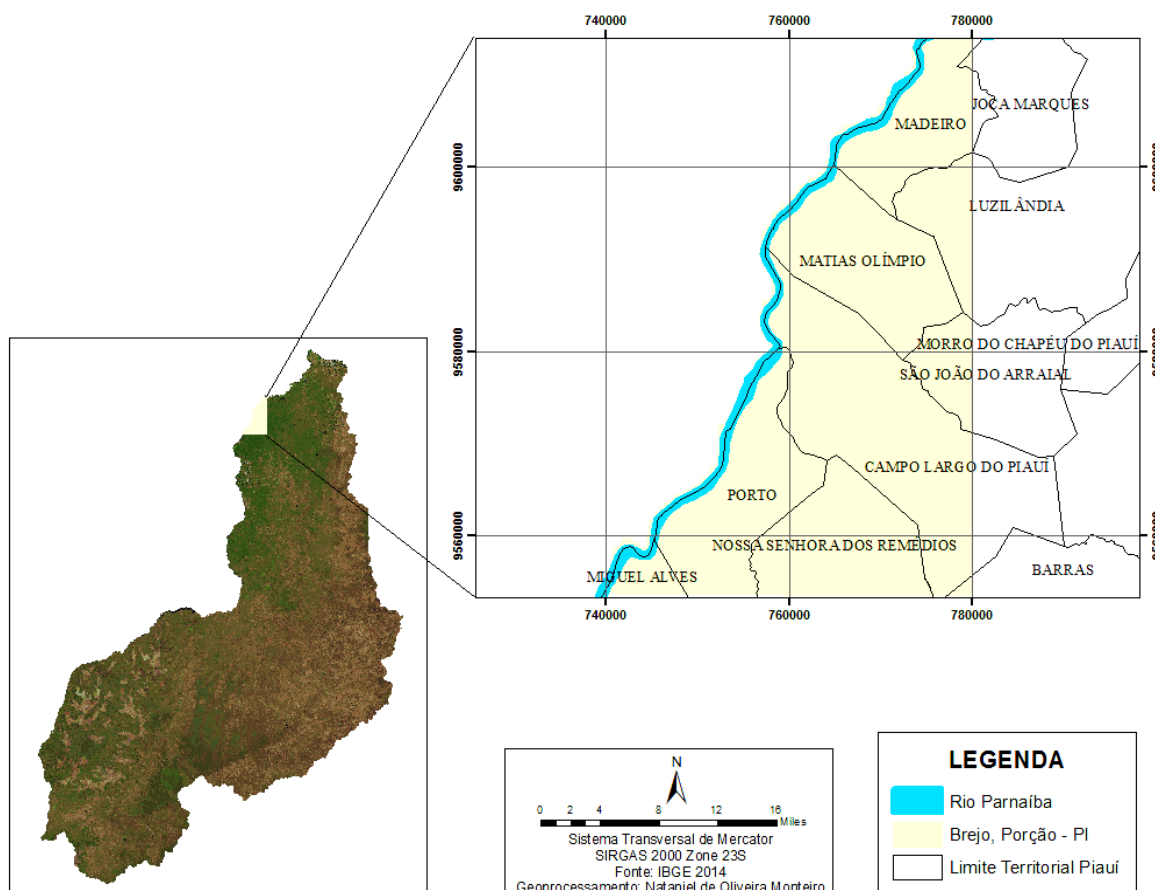
Neossolos Quartzarenicos Ôrticos, nos estados de RS, GO, TO e PI, por meio do sensor MODIS. Enfim, são inúmeros os trabalhos na ótica do NDVI, com abordagens diferentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo (Figura 7) está localizada na porção centro-norte do estado do Piauí, situada na região dos Baixos Planaltos do Médio Baixo Parnaíba (LIMA, 1987), com uma área de aproximadamente 1.184 km². Corresponde a uma porção da folha SA 23 Z-D-V, em que está inserida em território piauiense. Compreende à oeste o estado do Maranhão, tendo como limite o rio Parnaíba, e a leste os municípios de Matias Olímpio, PI; Porto, PI; Nossa Senhora dos Remédios, PI; Campo Largo, PI; com suas respectivas sedes municipais.

Figura 7: Localização da área de estudo.



Fonte: IBGE (2014). Organizado por Monteiro (2016)

3.1.1 Mapeamento litológico

Para a elaboração do mapa litológico (geológico), foram obtidos arquivos vetoriais, com escala de 1:1.000.000, através do site da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), no link GEOBANK. Os arquivos vetoriais foram trabalhados em um SIG, até obter o resultado final.

Tendo como referência mapas e bibliografias pré-existentes, foi possível obter resultados sobre as formações geológicas, tais como época de origem e composição. Com base nisso, os resultados mostram que a área de estudo apresenta as seguintes formações geológicas: Formação Poti; Formação Longá; Grupo Barreiras; e Depósitos Aluvionares, conforme ilustrada na figura 8.

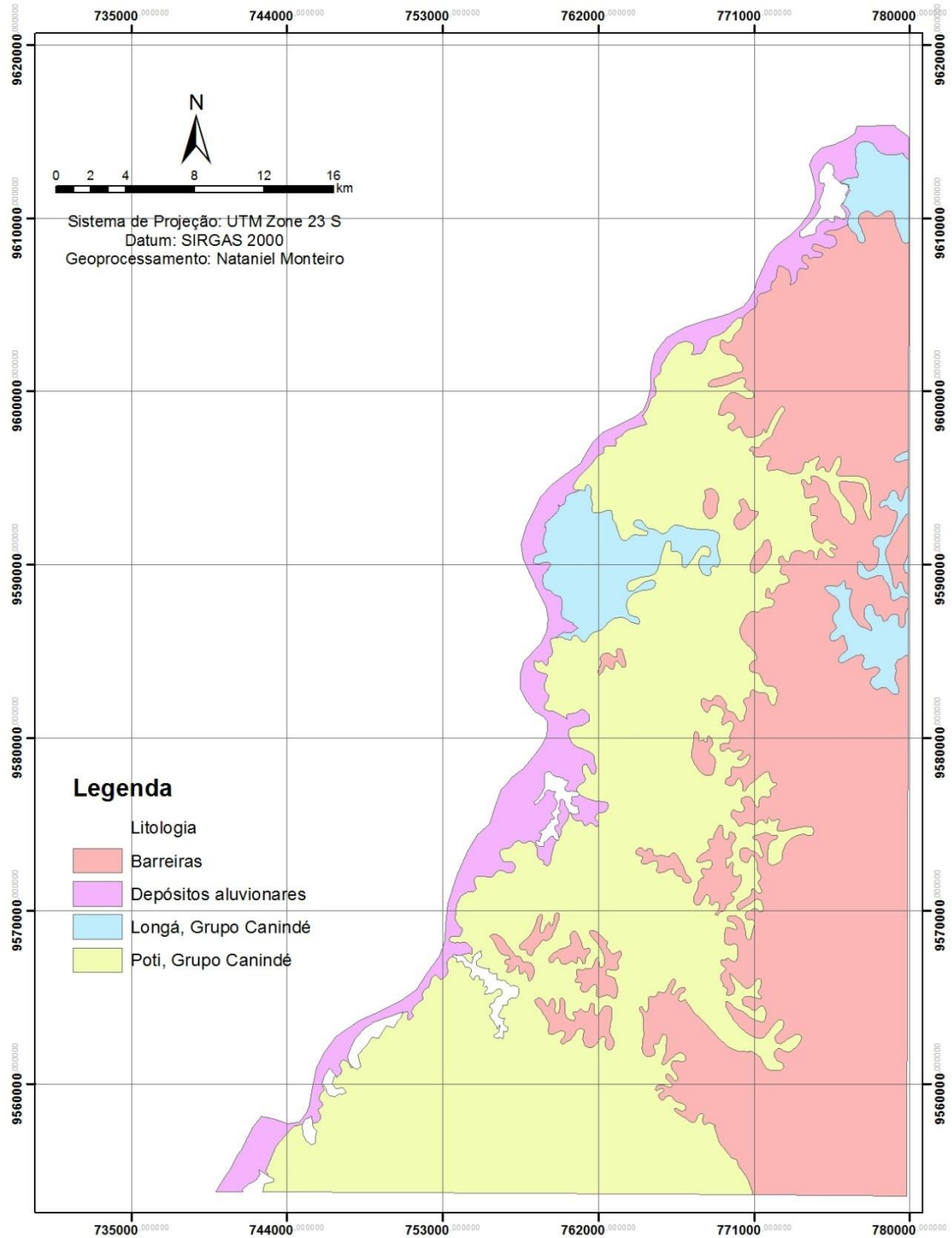
A Formação Poti, em sua maioria localizada a oeste da área de estudo, tem sua origem do Paleozóico, mais precisamente do período Carbonífero, sendo caracterizados por apresentar uma área ocupada por depósitos em ambiente deltaico, sob planícies de maré. Nesta formação são encontrados arenitos finos e médios, subangulosos de textura argilosa, com presença de siltitos cinza, micáceos, e por vezes carbonáticos (BRANNER, 1919).

Datada do Paleozóico, do período Devoniano, com porções no topo, a leste e a oeste da área de estudo, a Formação Longá apresenta uma variedade de componentes em seu ambiente. É caracterizada por apresentar folhelhos de coloração cinza-escuros, intercalados por siltitos de coloração cinza. Apresenta ainda arenitos de tipologia fina e siltitos (BRANNER, 1919).

O Grupo Barreiras que predomina em sua grande parte a porção leste da área de estudo, recebe essa denominação por causa das camadas areno-argilosas de cores e variedades diversas, em que afloram ao longo do litoral nordestino do Brasil. Essa formação é datada da era Cenozóica, mais precisamente do Terciário (BRANNER, 1919).

Os Depósitos Aluvionares predominam por toda a porção adjacente ao Rio Parnaíba, seu leito, e terraços. Constitui de uma formação mais recente datada do Cenozóico, do Período Quaternário. Apresenta em sua formação um depósito de sedimentos clásticos, tais como areia, cascalho e/ou lama, em que é formado por um sistema fluvial no leito, como também nas margens de drenagem, estando incluindo desde as planícies de inundação, com presença de material mais fino que é extravasado dos canais no período das cheias (BRANNER, 1919).

Figura 8: Mapa litológico da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.



Fonte: CPRM (2015). Organizado por Monteiro (2016)

3.1.2 Mapeamento de solos

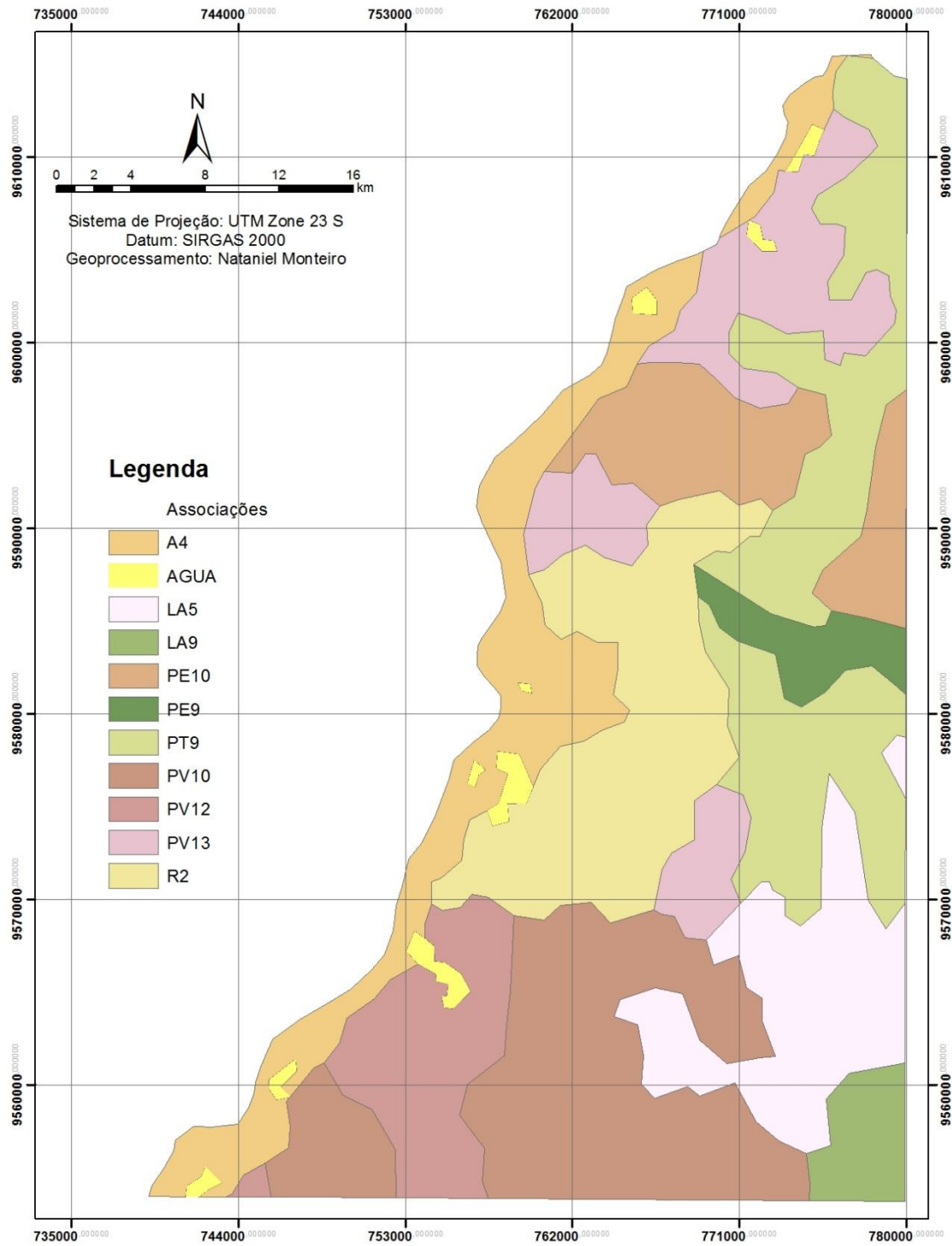
Para a obtenção do mapa de solos da área de estudo, foi utilizado o Sistema de Informação geográfica (SIG) ArcGis, onde foram utilizados os arquivos vetoriais que contém os limites dos estados brasileiros, obtido através do IBGE. Através da ferramenta “Clip” foi extraída a área a ser estudada. Posteriormente, foi atribuído um sistema de cores onde foi possível padronizar a legenda. O reconhecimento de solos foi elaborado conforme publicações da Embrapa (1981), Jacomine (1973; 1986), e IBGE (2014).

A área de estudo apresenta uma variedade de associações e classes de solos com características distintas, consistindo a sua textura e composição, que em maioria é arenosa. São essencialmente quartzozos, profundos, bem drenados nos tabuleiros e imperfeitamente drenados nas porções deprimidas e desprovidos de minerais primários e baixa fertilidade (JACOMINE et al., 1986).

A variação da tipologia pedológica está diretamente relacionada ao tempo e ao relevo. Áreas com terrenos estáveis oferecem um melhor desenvolvimento, enquanto que os menos estáveis oferecem tipos mais variados, porém, menos estáveis. Os solos localizados em diferentes superfícies estão relacionados com o substrato rochoso, ou seja, a partir da desagregação da rocha, constitui de um fator de origem do solo, distribuídas em variadas superfícies (SOUSA et al, 2010).

O esboço a seguir mostra, as associações de solo (Figura 9) encontradas na área de estudo. As classes de solo encontradas são: Podzólico Vermelho Amarelo; Plintossolo; Solos Aluviais; Latossolo Amarelo; e Solos Litólicos (EMBRAPA; SUDENE, 1983). De acordo com a nova classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013), algumas das classes citadas para a área de estudo foram atualizadas, mantendo os seguintes tipos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Plintossolo Pétrico, Neossolo Flúvico, e Latossolo Amarelo.

Figura 9: Mapa das classes de solo da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.



Fonte: JACOMINE (1986). Organizado por Monteiro (2016)

De acordo com a legenda contida no esboço (Figura 9), tem-se as seguintes associações situadas na área de estudo, conforme informações da EMBRAPA (1981), e Jacomine et al (1986):

- 1) PV10: Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Concrecionário plíntico e não plíntico, textura média e textura média/argilosa + Solos Litólicos, textura média, fase pedregosa e rochosa + Plintossolo Tb A fraca e moderada textura média e textura argilosa/média + Latossolo Amarelo A moderada textura média, todos Álico e Distrófico.
- 2) PV12: Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Concrecionário plíntico e não plíntico, textura média e textura média/argilosa + Solos Litólicos, textura média, fase pedregosa e rochosa + Plintossolo Tb A, textura argilosa e média/média e argilosa + Planossolo Ta Eutrófico solódico A fraco e moderado textura argilosa e média/média e argilosa.
- 3) PV13: Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Concrecionário plíntico e não plíntico, textura média e textura média/argilosa + Solos Litólicos, textura média, fase pedregosa e rochosa + Latossolo Amarelo A, moderada textura média. Todos Álicos e Distróficos.
- 4) PE09: Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Tb, textura média/argilosa + Terra Roxa Estruturada, textura argilosa e muito argilosa, ambos Eutróficos + Plintossolo Concrecionário Distrófico e Eutrófico A moderada e proeminente textura média/argilosa.
- 5) PE10: Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Tb, textura média/argilosa + Terra Roxa Estruturada, textura argilosa e muito argilosa, ambos Eutróficos + Brunizem Avermelhado Vértico e Não Vértico, textura média e argilosa/argilosa e muito argilosa + Vertissolo com ou sem Carbonato.
- 6) PT09: Associação de Plintossolo + Podzólico Vermelho Amarelo plíntico, ambos Concrecionários A moderada e proeminente textura média e textura média/argilosa + Latossolo Amarelo, textura média A moderada, todos Álicos e Distróficos.
- 7) A4: Associação de Solos Aluviais Eutróficos, textura indiscriminada + Plintossolo Distrófico e eutrófico, textura argilosa e média/média e argilosa + Gleissolo Eutrófico, textura argilosa, todos Ta e Tb A moderada.
- 8) LA05: Latossolo Amarelo Álico e Distrófico A moderada e proeminente textura média.
- 9) LA09: Latossolo Amarelo A moderada textura média + Plintossolo Tb A fraca e moderada textura média e textura argilosa/média, ambos Álico e Distrófico.
- 10) R02: Associação de Solos Litólicos A moderada e fraca textura média e argilosa +

Podzólico Vermelho amarelo Concrecionário plíntico e não plíntico A, moderada textura média e textura média/argilosa + Plintossolo Tb A, fraca e moderada textura média e textura argilosa/média, todos Álicos e Distróficos.

De acordo com a EMBRAPA (1999; 2006), e Jacomine (2008; 2009), tem-se a definição das classes de solo:

- 1) Argissolo Vermelho-Amarelo: São solos constituídos por material mineral apresentando como característica a presença do horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por base baixa ou caráter alético.
- 2) Plintossolo Pétrico: São solos minerais oriundos sob condição de percolação hídrica, sujeito ao efeito temporário de excesso de umidade, mal drenados, com presença expressiva de plintização com ou sem petroplintita. Apresentam horizonte concrecionário ou litoplíntico.
- 3) Neossolo Flúvico: São solos constituídos de material mineral, não hidromórfico, ou por matéria orgânica pouca espessa, sem apresentar alterações significativas em relação ao material originário devido a redução da intensidade dos processos pedogenéticos. São derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico.
- 4) Latossolos amarelo: São solos constituídos por material mineral, com rápido estágio de intemperização, muito evoluídos, tendo como resultado as enérgicas transformações do material constitutivo.

3.1.3 Clima e hidrografia

No que diz respeito ao clima e a hidrografia, foram obtidas informações do PLANAP (2006), e IBGE (1997).

Considerando que a água é um fator vital para a manutenção da vida, existem regiões que esse recurso torna-se escasso ou abundante. A distribuição espacial dos recursos hídricos está ligada a fatores, tais como clima, solo, litologia, entre outros, que tentem a facilitar ou dificultar o armazenamento. A presença ou ausência de água reflete diretamente na fisionomia da paisagem, sendo verde a vegetação ao longo do ano, em parte do ano, ou raramente nota-se a presença de clorofila na vegetação, onde pode-se notar em ambientes secos, escassos de água.

Na área de estudo, a precipitação pluviométrica média anual é definida pelo Regime Equatorial Marítimo, com isoietas variando entre 800 a 1.600 mm, variando entre cinco a

seis meses como os mais chuvosos, e o período restante de estiagem. O período mais úmido é entre os meses de fevereiro, março e abril (IBGE, 1977).

O clima da região é caracterizado como Aw', quente e úmido, dando início a estação chuvosa no verão e prolongando-se até o outono. Durante a estação das chuvas, a temperatura média fica em torno dos 26,8°C (PLANAP, 2006). A temperatura máxima alcança entorno dos 32,9°C, e a mínima, 21,9°C. A precipitação média anual varia entre 1.600 a 1.800 mm.

A área de estudo é composta por riachos, lagoas, e um rio. O rio é o Parnaíba, que ocupa toda a faixa limítrofe ocidental da área, servindo como divisa de território entre o Piauí e o Maranhão. Os riachos são: Riacho Grande, Tamanduá, Condenadas, Mata do Cavalo, Riacho Grande, e Pedra Rachada. As lagoas são: As lagoas naturais, Lagoa da Estiva, Lagoa da Taboca, e Lagoa do São Francisco (AGUIAR; GOMES, 2004).

Em termos de regime hídrico subterrâneo, é composto por dois aquíferos e um aquífero. O Aquífero Cabeças é composto de arenitos médios a grosseiros, às vezes conglomeráticos e micáceos, de cores claras, cremes e róseos, mal classificado com estratificação cruzada. O outro é o Aquífero Poti/Piauí, em que se encontram agrupados em uma só unidade hidrogeológica em função de suas semelhanças litológicas. Por fim, o Aquífero Longá, no qual este é composto por folhelhos cinza-avermelhados e roxos, com intercalações de delgadas lentes de siltitos e arenitos finos das mesmas cores (AGUIAR; GOMES, 2004)

3.1.4 Vegetação

Para ter conhecimento do tipo de vegetação da área de estudo, foi levado em consideração informações fornecidas pelo Portal de Infraestrutura Nacional (INDE), Aguiar e Gomes (2004), e IBGE.

Por estar situada na região do Meio-Norte, a área de estudo apresenta uma formação vegetal típica. Predominam os cocais (palmáceas), a carnaúba e o buriti, como também os tucunzais e os babaçuais. Há a presença de dois biomas, a caatinga (arbustiva) e o cerrado (campos). Contudo, há predominância de enclaves entre caatinga/cerrado e cerrado/floresta, carrasco, matas úmidas e secas (AGUIAR; GOMES, 2004).

Conforme estudo realizado pelo Portal de Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE (2016), e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012), de acordo com a classificação da vegetação brasileira, a área de estudo corresponde a quatro tipos:

Floresta Estacional Semidecidual Submontana; Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre – Herbácea; Savana Arborizada sem Floresta de Galeria; Savana Estépica Parque sem Palmeiras e sem Floresta de Galeria.

A terminologia “Floresta” refere-se a um conjunto de sinúcias denominado por fanerófitos de alto porte, com quatro estratos bem definidos: herbáceo, arbustivo, arvoreta/arbóreo baixo e arbóreo. Caracterizam ainda pelo grande número de árvores altas, o que acaba por reduzir a incidência de luz que chega ao solo, o que dificulta o desenvolvimento de estratos de vegetação herbácea e arbustiva. A Floresta Estacional Semidecidual é caracterizada por possuir um clima estacional no qual determina sua semideciduidade da folhagem da cobertura vegetal. O verão é entendido como o período chuvoso, e o restante dos meses em estiagem hiberna (IBGE, 2012)

As Formações Pioneiras são caracterizadas por terrenos instáveis que são cobertos por uma vegetação em constante sucessão, estas localizam-se principalmente ao longo do litoral, nas planícies fluviais e ao redor de depressões aluviais, tais como pântanos, lagoas e lagoas (IBGE, 2012).

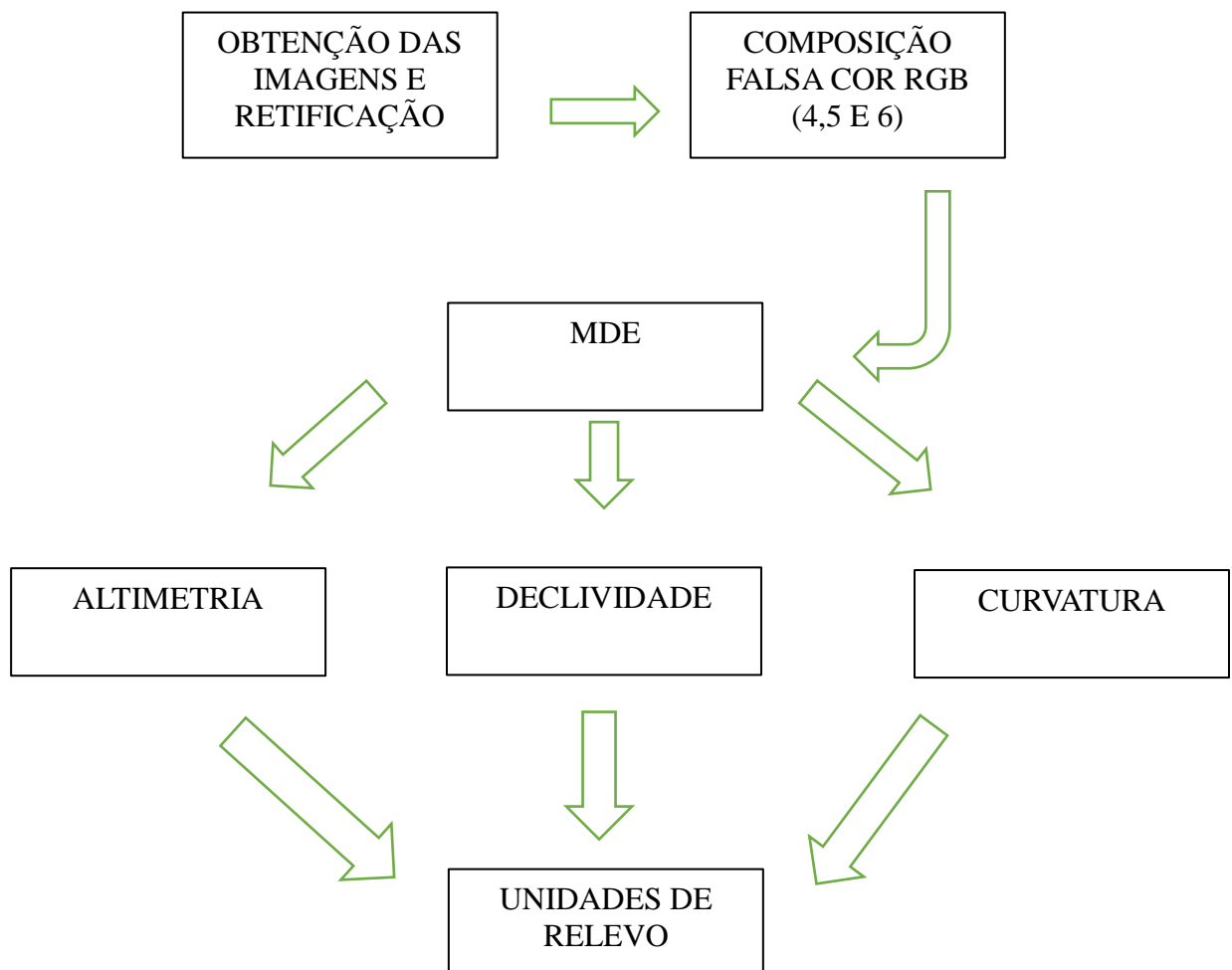
As Savanas designam as sinúcias arbórea, com árvores de porte médio ou baixo (3 a 10m), espaçadas, de copas amplas e esgalhamento baixo, e herbácea, que forma um tapete entre árvores e arbustos (IBGE, 2012).

3.1.5 Mapeamento das unidades do relevo

Para a elaboração do mapa de relevo foram interpretadas imagens do satélite LANDSAT 8 / OLI, órbita/ponto 219/63, respectivamente com data de 17 de setembro de 2013, resolução 30m, obtidas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Posteriormente, as imagens foram retificadas com uso de SIG. O SIG utilizado foi o ArcGIS e logo após, foi realizado a composição falsa cor “RGB” da imagem, com as bandas 4, 5 e 6. Foram utilizados os modelos digitais de elevação (MDE) do projeto Topodata do INPE, gerados a partir de dados SRTM. A interpretação das imagens de satélite e do MDE resultaram na definição das formas do relevo, que foram checadas em visitas técnicas de campo. Na interpretação das feições foi considerada a altimetria, a declividade e a curvatura do terreno, com informações derivadas do MDE. Por meio de interpretação fotogramétrica das imagens óticas, também foi possível delimitar feições no terreno com base na cor, textura e forma (VALLERIANO; ROSSETI; ALBUQUERQUE, 2009).

Visitas técnicas à área de estudo foram realizadas, com objetivo de checar os limites das unidades mapeadas no campo. Aliando o reconhecimento a campo com a literatura, foram utilizados materiais técnicos que auxiliaram na definição das feições, tais como os Manuais Técnicos de Geomorfologia (2009), Pedologia (2007) e Geologia (1998), disponibilizados pelo IBGE, como também trabalhos científicos fornecidos por Lima (1987), Caseti (2005), Christofolletti (1980), Guerra (1980), Cabral et al. (2014a, 2014b), Santos et al. (2015), entre outras fontes.

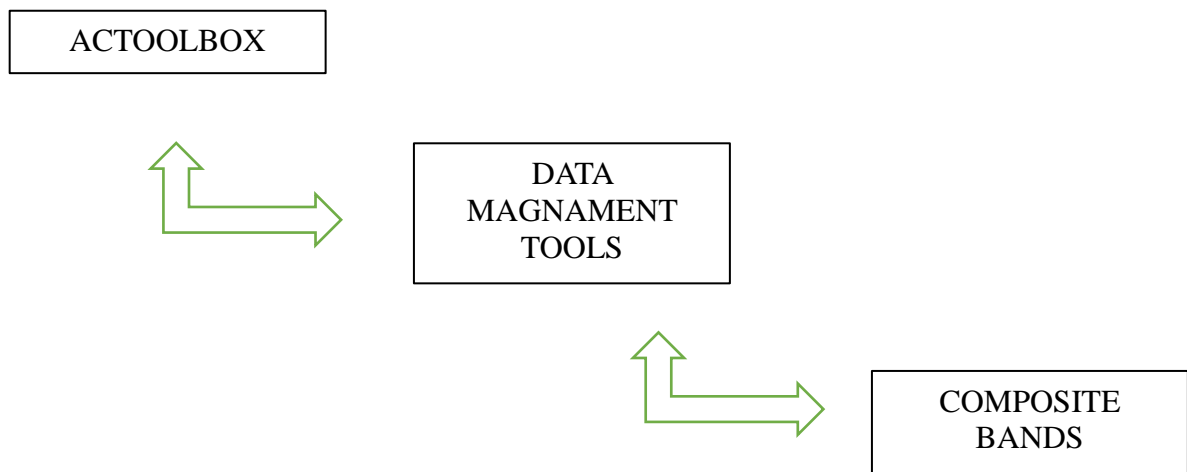
O fluxograma abaixo mostra de forma ilustrada o procedimento para obtenção do mapa de relevo.



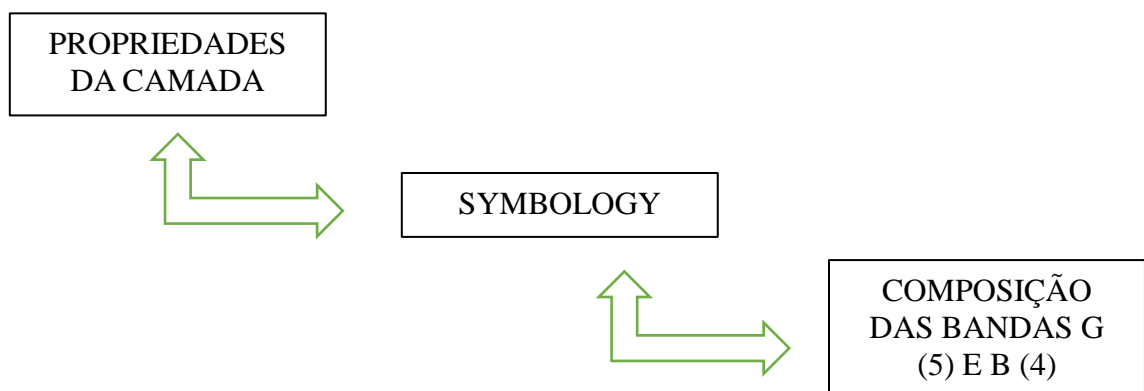
3.1.6 Mapeamento da cobertura das terras

Para realizar o mapeamento da cobertura das terras, foi utilizada a técnica do “NDVI”, onde a finalidade não é somente mapear a vegetação, mas também medir sua quantidade e variação, em determinada área. O NDVI foi calculado pela razão das bandas infravermelho próximo (banda 5) e vermelho (banda 4), seguindo o seguinte procedimento, através do software SIG:

1. Após ter obtido as imagens a serem usadas (Landsat 8/ 16 bits), é realizada a composição das bandas em RGB, selecionando as bandas 4 e 5, da seguinte forma:



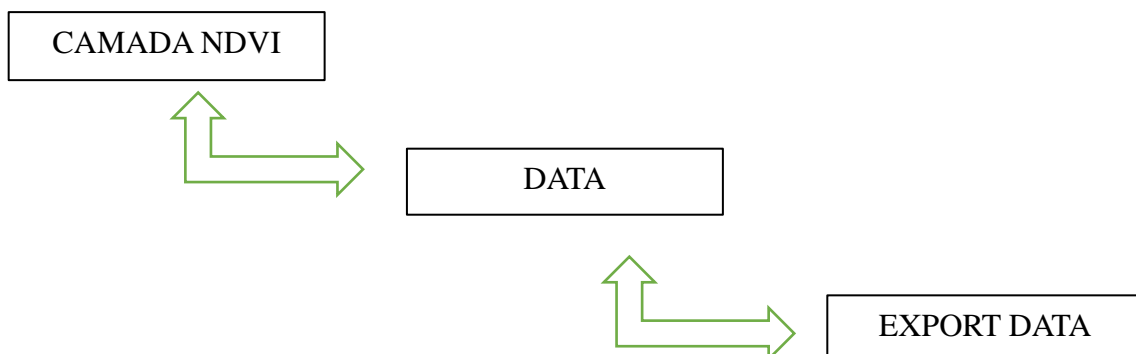
2. Em seguida, é modificada a ordem das bandas para que melhor visualize a vegetação. A composição realizada foi a GB (5,4), respectivamente, em que a banda 6 caracteriza o infravermelho médio, a banda 5 o infravermelho próximo, e a banda 4 o vermelho, elaborada da seguinte maneira:



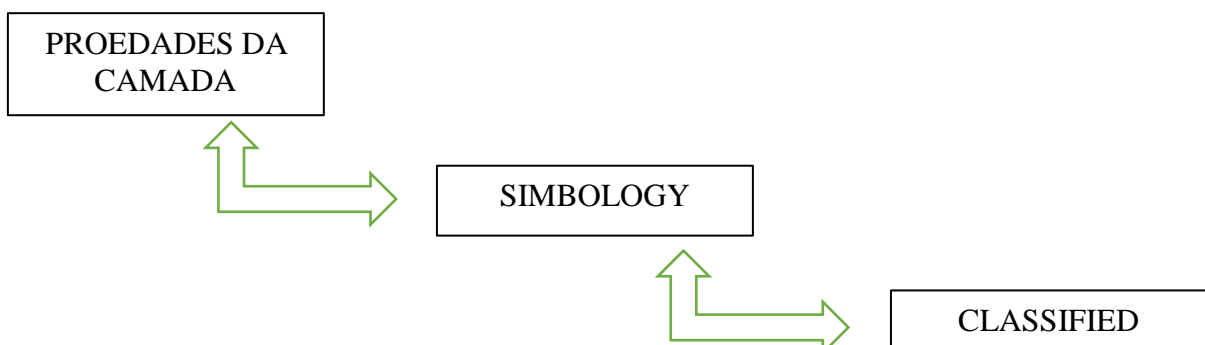
3. Após o processo realizado acima, foi gerado o NDVI temporário, em tons de cinza, da maneira descrita abaixo.



4. Com o NDVI temporário gerado em uma única banda, foi usado o processo de exportação para gerar o definitivo, seguindo o processo:



5. Portanto, com o NDVI definitivo gerado, foi atribuído uma falsa cor, que através da variação da tonalidade da cor verde, mostra os estágios da vegetação. A partir dos diferentes estágios, foi possível reclassificar a vegetação, que em primeiro modo é dada em intervalos, seguindo o parâmetro abaixo.



3.1.7 Mapa de Hipsometria e Declividade

Para a elaboração do mapa de hipsometria foi utilizado arquivos disponibilizados pelo Projeto TOPODATA, elaborados a partir de dados SRTM, do INPE. O arquivo utilizado foi o de altimetria (03S435) em formato GeoTiff. Através do software ArcGis, os dados foram manipulados por meio da ferramenta “SYMBOLOLOGY”, sendo possível alterar a cor, dando origem ao MDE. Os dados fornecidos em formato matricial numérico facilitaram para a reclassificação dos valores de altitude, onde deu-se origem a uma nova legenda de cores. Tais valores foram adotados em metros.

No que diz respeito ao mapa de declividade, foi utilizada a ferramenta “SLOPE”, em “Spatial Analyst” no software ArcGis. Logo após, foi selecionada uma cor padrão na escala de cores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

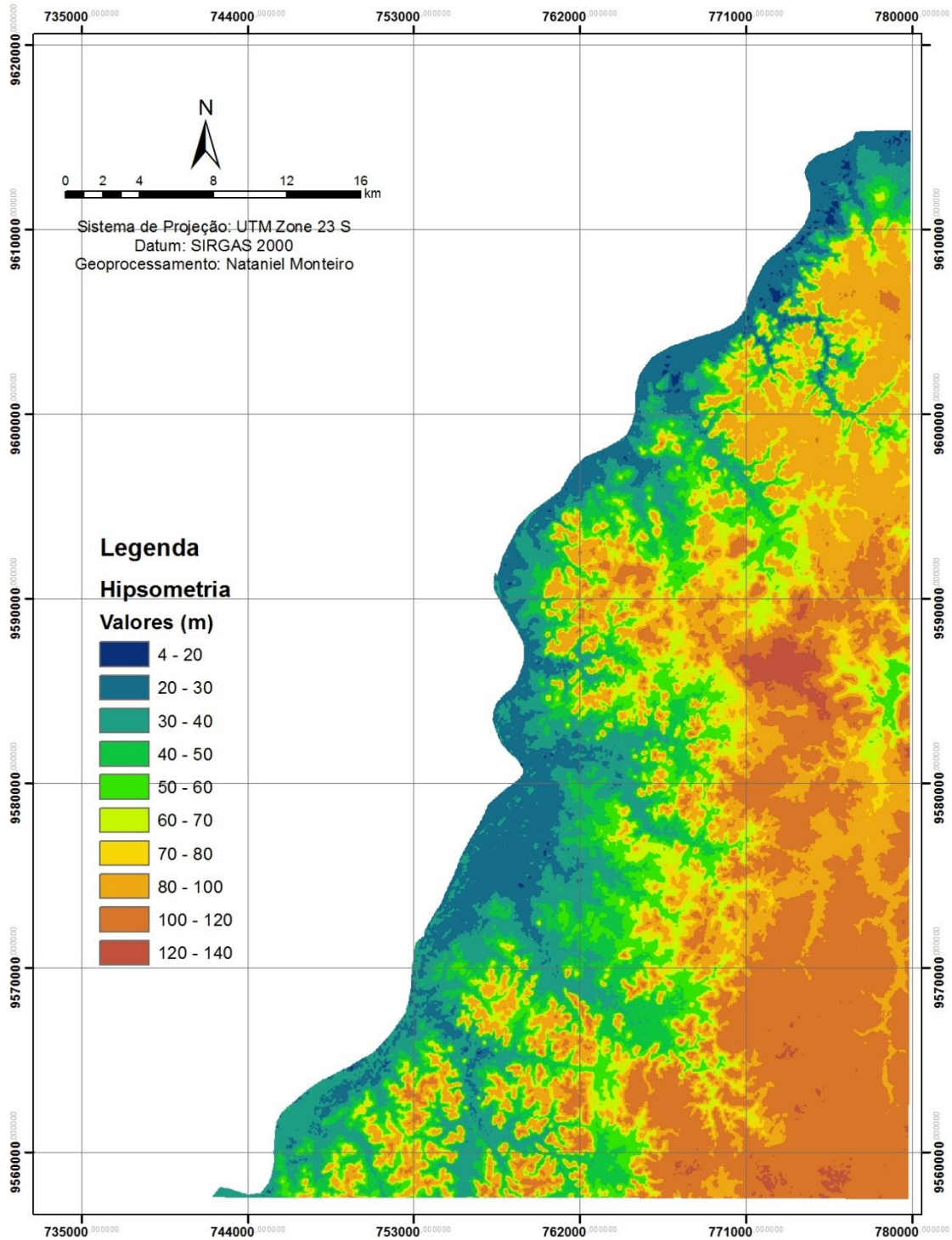
4.1 Relevo, Hipsometria e Declividade

O termo “hipsometria” corresponde a elevação em metros de um determinado terreno, que por meio de cores mostra diferentes variações de altitude. Faz uso de um sistema de cores variadas, onde o responsável por produzir deve mostrar plena transparência no resultado final. Trata-se, portanto, de um sistema voltado para medição de altitude de pontos de terreno, no qual o produto final será representado num plano.

Quando tem-se a hipsometria atrelada ao relevo, esta possibilita obter conhecimento de modo mais preciso, proporcionando um melhor conhecimento dos fenômenos que se processam numa determinada superfície. Em qualquer escala, a altitude topográfica é representada pelas curvas de nível. Dessa forma, os mapas de hipsometria permitem analisar as formas de relevo em uma visão bidimensional e/ou tridimensional (MENDONÇA, 2007).

O mapa de Hipsometria da área de estudo (figura 10) mostra diferentes valores altimétricos, variando entre 4-140m. Predominam as maiores altitudes a leste, entorno de 80-140m, por estar situado sob terrenos dos tabuleiros costeiros. Essa altitude tende a diminuir a oeste, obtendo resultados de 4-50, caracterizando a porção mais rebaixada do terreno. Nessa região predominam os terraços e planícies fluviolacustres, caracterizada pela formação de lagos, inundações em épocas de cheias do rio, acumulação de sedimentos e brejos.

Figura 10: Mapa de Hipsometria da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao Estado do Piauí



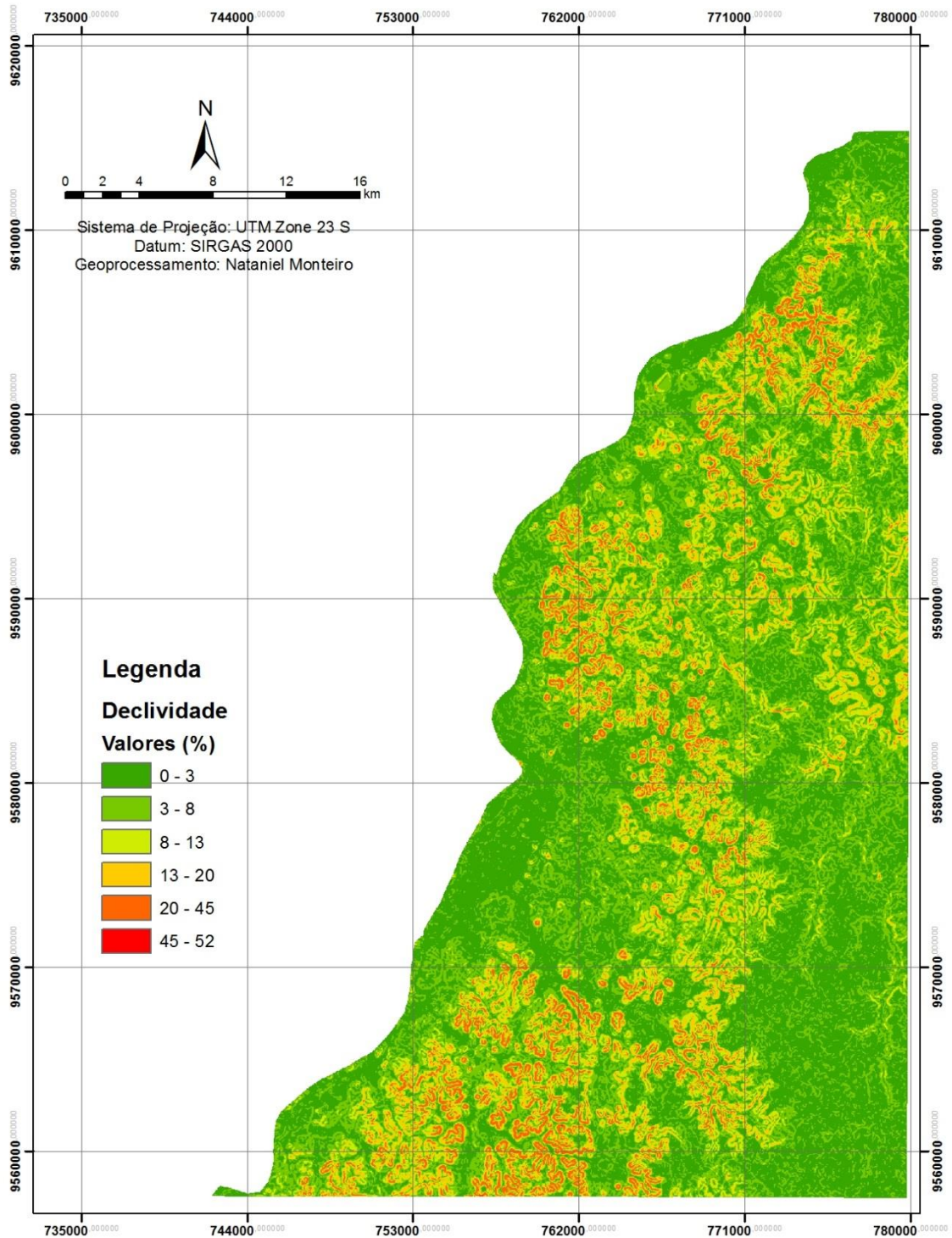
Fonte: VALERIANO (2008). Organizado por Monteiro (2016)

No que diz respeito a declividade, esta tem por finalidade mostrar em grau ou porcentagem a inclinação de determinado terreno. O estudo da declividade das vertentes torna-se importante para estudos baseados em geomorfologia, hidrologia, geologia, entre outros, pois facilita o conhecimento sobre a inclinação de uma área em relação a um eixo horizontal.

Para análise do relevo, os mapas de declividade são bastante apreciados quando constituem forma de representação temática da distribuição espacial do terreno. Do mesmo modo, pode ser observado as relações entre os diferentes graus de declividade e a posição na vertente, possibilitando a identificação de zonas frágeis, suscetíveis a ações antrópicas ou naturais (COLAVITTE; PASSOS, 2012).

O mapa de declividade, referente à área de estudo (figura 11), apresenta resultados variando entre 0-52%. Em maioria, os valores são representados entre 0-8%, apresentando um nível baixo de fragilidade, correspondente a terrenos mais planos. Entretanto, os demais valores estão representados entre 13-20%, e 20-52%, resultando em fragilidade moderada a alta, respectivamente, tendendo a terrenos mais íngremes.

Figura 11: Mapa de Declividade da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao Estado do Piauí.



Fonte: Organizado por Monteiro (2016)

4.2 Unidades de Relevo

Para Christofolletti (1980), o relevo é o objeto de estudo da geomorfologia, pois as formas modeladas representam uma expressão espacial de uma superfície, responsável por compor as diferentes configurações da paisagem morfológica, onde seu aspecto visível é que caracteriza o modelado topográfico de determinada área.

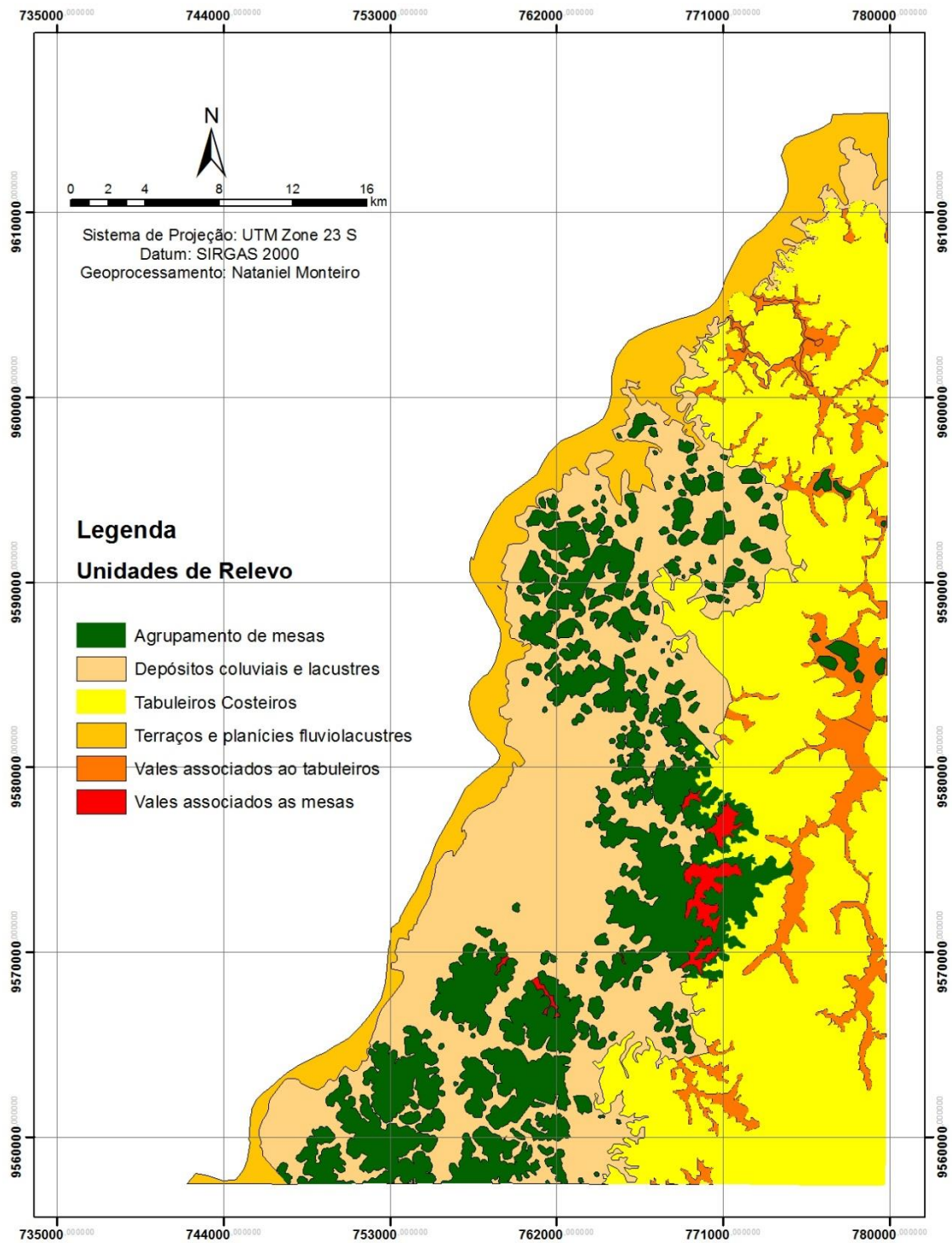
Desse modo, a folha brejo DSG SA 23 Z-D-V, na porção que corresponde ao estado do Piauí, através do cruzamento de informações fornecidas pelos mapas de hipsometria e declividade, e auxílio de um SIG, é composta por seis tipos de unidades de relevo, conforme figura 12 a seguir, onde são: Agrupamento de Mesas, Depósitos Coluviais e Lacustres, Tabuleiros Costeiros, Terraços e Planícies Fluvio-lacustres, Vales Associados aos Tabuleiros, Vales associados às Mesas. Tais unidades identificadas apresentam ocupação de área que diferem uma das outras. Com isso, a tabela 1 a seguir, mostra a distribuição das unidades de relevo em km² e porcentagem.

Tabela 1: Distribuição das unidades de relevo em km² e porcentagem.

Unidades de Relevo	Área	
	km ²	(%)
Agrupamento de mesas	226,33	19,11
Depósitos coluviais e lacustres	358,94	30,3
Tabuleiros costeiros	405,61	34,24
Terraços e planícies fluvio-lacustres	110,99	9,37
Vales associados aos tabuleiros	73,01	6,16
Vales associados às mesas	9,6	0,81

Fonte: Organizado por Monteiro (2016).

Figura 12: Mapa das Unidades de Relevo da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao estado do Piauí.



Fonte: Organizado por Monteiro (2016).

O quadro 1 a seguir mostra uma síntese das informações contidas no mapa das unidades de relevo da área de estudo, hipsometria, declividades e litologia, permitindo uma melhor análise dos dados.

Quadro 1: Unidades de relevo em consonância com a litologia, altitude e declividade.

UNIDADE DE RELEVO	LITOLOGIA	ALTITUDE	DECLIVIDADE
AGRUPAMENTO DE MESAS	POTI (71%)	6 a 120m	13 a 45%
DEP. COLUVIAIS E LACUSTRES	POTI (79%)	20 a 60m	0 a 13%
TABULEIROS COSTEIROS	BARREIRAS (91%) / LONGÁ (14%)	80 a 140m	0 a 8%
TERRAÇOS E PLANÍCIES FLUVIO- LACUSTRES	DEPÓSITOS ALUVIONARES (60%)	4 a 40m	0 a 8%
VALES ASSOCIADOS AOS TABULEIROS	BARREIRAS (76%)	50 a 100m	0 a 8%
VALES ASSOCIADOS AS MESAS	POTI (71%)	50 a 80m	3 a 13%

Fonte: Organizado por Monteiro (2016).

Os Agrupamentos de mesas estão localizados em sua maioria na porção centro-sul ocidental da área de estudo, em sua maior parte sob terrenos sedimentares da Formação Poti (71%), datado do Paleozóico (Carbonífero), composito arenitos finos e médios subangulares de textura argilosa. Compreende no total uma área de 226,33 km², o que representa 19,11% da área de estudo. Apresenta topos aplainados, com altitude variando entre 60 à 120m, separados por vales, sendo as encostas dos vales escarpadas com declividade entre 13 à 45%, formado por uma seqüência de camadas sedimentares horizontais ou sub-horizontais.

Os Depósitos coluviais e lacustres está situado na porção ocidental da área de estudo, e uma pequena porção ao norte, sob a Formação geológica sedimentar Poti (79%) datado do Cenozóico, composto por sedimentos clásticos (areia, cascalho e/ou lama) formado por um sistema fluvial no leito e margens de drenagem. Em maior parte, ocupa uma área de aproximadamente 358,94 km², o que corresponde a 30,30% da área de estudo. Tem como característica o acúmulo de materiais provenientes de vertentes que se interdigitam e/ou recobrem os depósitos aluvionares, em que geralmente ocorrem por força gravitacional, com uma altitude de aproximadamente 20 a 60m. Também constituem as áreas de acumulação de baixa declividade variando entorno 0 a 8%, onde em algumas áreas de borda de mesa, a declividade pode chegar até 13%, em que são representados também pelas planícies baixas, depressões modeladas sobre depósitos sedimentares horizontais à sub-horizontais de ambientes fluviais.

Os Tabuleiros costeiros é a unidade de relevo de maior expressão espacial, em grande parte sob a formação litológica sedimentar do Grupo Barreiras (91%), formada por platôs altos e extensos apresentando encostas íngremes e vales abertos, situado na porção oriental da área de estudo, datado do Cenozóico (Terciário), caracterizado por possuir camada areno-argilosas de cores e variedades diversas, que afloram ao longo do litoral nordestino. Contudo, ainda ocupa 14% de sua área sob a Formação Longá, datado do Paleozóico (Devoniano), apresentando folhelhos cinza-escuros, intercalados por siltitos de cor cinza e arenitos finos. Abrange uma área de 405,61 km², representando 34,24% da área de estudo, sendo caracterizada por possuir topo plano que se assemelham aos planaltos, com altitude variando entre 80 à 140m e declividade de 0 à 8%. Comparado as chapadas, os tabuleiros apresentam uma altitude mais baixa. Geralmente são limitadas por escarpas terminadas de forma abrupta onde pode chegar a uma declividade de até 13%.

Os Terraços e planícies fluviolacustres estão situados na porção ocidental da área de estudo, compondo o vale do rio Parnaíba, ocupando uma área de aproximadamente 110,99 km², o que representa 9,37% da área de estudo, estando situado em maioria sob a formação geológica dos Depósitos Aluvionares (60%), datado do Cenozóico (Quaternário), apresentando sedimentos clásticos, tais como areia, cascalho e/ou lama. Essa área é composta por área planas de altitude variando entre 4 à 40m de altitude e uma declividade de até 8%. São resultantes da acumulação fluvial, periodicamente alagada, comportando

meandros abandonados e cordões arenosos, ocorrendo em locais onde ocorrem combinação de acumulação fluvial e lacustre, formando os lagos, devido as inundações periódicas.

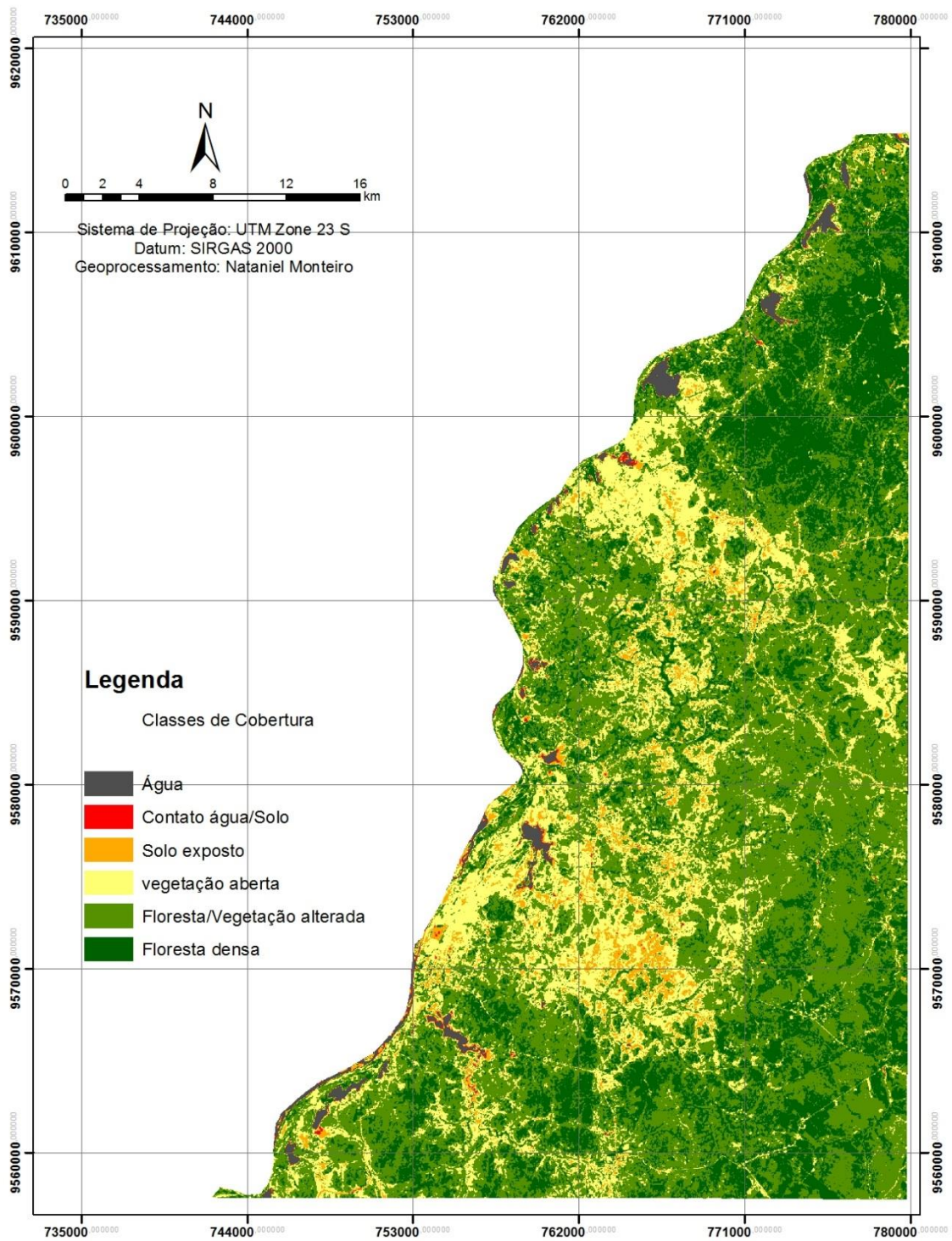
Os Vales associados aos tabuleiros estão situados na porção oriental da área de estudo, junto aos Tabuleiros, com uma área de aproximadamente 73,01 km², representando 6,16% da área de estudo, em maior parte sob formação geológica do Grupo Barreiras (76%) datado do Cenozóico (Terciário), possuindo camadas areno-argilosas de cores e variedades diversas. Tem como característica as paisagens rebaixadas, coincidindo com o canal de drenagem estendendo até o terço inferior da vertente. Associado aos tabuleiros, são definidos pela rede de drenagem de baixa densidade, denominado de vales rasos apresentando vertentes de baixa declividade. Tal feição apresenta altitudes variando entre 50 à 100m, com declividade de até 8%.

Os Vales associados às mesas estão distribuídos na porção central da área de estudo, com aproximadamente 9,60 km², o que representa apenas 0,81% da área de estudo, situado em maior parte sob a formação geológica Poti (71%), datado do Paleozóico (Carbonífero), apresentando um ambiente com presença de arenitos finos e médios subangulosos de textura argilosa. Apresenta forma topográfica constituída por talwegues, duas vertentes com dois sistemas de declives convergentes. Quando associados às mesas, torna-se a porção mais baixa da paisagem, no qual coincide com o canal de drenagem, estendendo-se até o terço inferior da vertente. Apresenta altitudes que variam entre 50 à 80m, e declividade variando entre 3 a 13%.

4.3 Cobertura das Terras

A figura 13 mostra o mapa de cobertura das terras. A cobertura das terras foi elaborada por meio do NDVI, em que refere-se a um indicador numérico que varia de -1 à 1, em que seu valor negativo refere-se a água, e os positivos a estágios da cobertura vegetal. Com o auxílio de um SIG, quando aplicado a técnica do NDVI, permite realizar o mapeamento de estágios da cobertura vegetal. Através da assinatura espectral das plantas, há uma variação nos resultados que são dispostos em intervalos. Assim, quanto mais for verde a vegetação, nutridas e sadias, maior a absorção do vermelho, e conseqüentemente maior será a refletância do infravermelho. Os resultados finais da elaboração do mapa de cobertura foram dados em intervalos, em que os mesmos foram reclassificados, de acordo com os estágios da vegetação, conforme quadro 2.

Figura 13: Mapa de Cobertura das Terras da folha DSG Brejo SA 23 Z-D-V, correspondente ao Estado do Piauí.



Fonte: USGS (2015). Organizado por Monteiro (2016).

De acordo com as informações contidas no mapa de cobertura das terras, tem-se uma síntese dos dados relacionando as unidades de relevo com os resultados de NDVI, apresentado na tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Unidades de relevo e cobertura das terras em km² e porcentagem da folha DSG Brejo SA 23 ZDV, estado do Piauí.

RELEVO	CLASSES DE NDVI/COBERTURA km ² / (%)						
	Água	Contato água/solo	Solo exposto	Vegetação aberta	Floresta/Vegetação alterada	Floresta densa	Total
Agrupamento de Mesas	0,01 (0,01)	0,09 (0,04)	7,63 (3,37)	41,29 (18,24)	131,56 (58,13)	45,74 (20,21)	226,33 (19,11)
Depósitos Coluviais e Lacustres	4,72 (1,31)	1,41 (0,39)	25,55 (7,12)	135,26 (37,68)	152,69 (42,54)	39,32 (10,95)	358,94 (30,30)
Tabuleiros Costeiros	0,24 (0,06)	0,04 (0,01)	1,25 (0,31)	19,58 (4,83)	227,73 (56,14)	156,78 (38,65)	405,61 (34,24)
Terraços e Planícies F.-Lacustres	11,82 (10,65)	1,67 (1,51)	5,12 (5,16)	32,03 (28,86)	43,36 (39,06)	16,39 (14,76)	110,99 (9,37)
Vales associados aos Tabuleiros	0,33 (0,45)	0,15 (0,21)	0,91 (1,25)	13,71 (18,78)	38,47 (52,69)	19,44 (26,62)	73,01 (6,16)
Vales associados às Mesas	0,00 (0,00)	0,00 (0,01)	0,29 (2,98)	4,47 (46,56)	4,50 (46,91)	0,34 (3,54)	9,60 (0,81)
Total	17,12 (1,45)	3,36 (0,28)	41,35 (3,49)	246,34 (20,80)	598,30 (50,51)	278,0 (23,47)	1.184,48 (100,0)

Fonte: Organizado por Monteiro (2016). Resultados correspondem a km², em que entre parênteses correspondem em %.

Quadro 2: Reclassificação dos intervalos por classe de cobertura.

Intervalos	Classes de cobertura
-0,2 – 0	Água
0 – 0,1	Contato água/solo
0,1 – 0,2	Solo exposto
0,2 – 0,3	Vegetação aberta
0,3 – 0,4	Floresta/Floresta alterada
0,4 – 0,5	Floresta densa

Fonte: Organizado por Monteiro (2016).

A classe de NDVI “Água” apresenta sua maior extensão na feição de relevo terraços e planícies fluvio-lacustres, com 11,82 km² de extensão de cobertura vegetal da área de estudo (10,65%). Tal feição é representada pelo Rio Parnaíba, e pequenos lagos ao seu redor, por ser uma área constantemente alagada e suas margens passíveis de sofrer inundações. As atividades produzidas nessa feição do relevo são basicamente o uso da terra para o plantio, e também como de pasto para o gado bovino e caprinos, não interferindo significativamente na modificação do relevo, por se tratar de área rebaixada e deposição de sedimentos. Há presença de babaçuais em grande parte, como nos topos de colina e em áreas planas não alagadas, e de carnaubais em pontos isolados de áreas planas periodicamente alagadas. A população que reside próxima a essas áreas aproveita estes recursos para a extração do côco dos babaçuais a fim de extração do azeite, o que contribui para a renda familiar. A forma de relevo predominante nessa classe de NDVI varia de plano/plano a suave ondulado com presença de pastagem e uso misto de campo/lavouras/capoeira/arbustos.

A água também mostra-se presente na feição “Depósitos coluviais e lacustres”, com 1,41 km² (1,31% de cobertura), apresentando-se como classe “Contato água/solo”. Apresenta uma cobertura vegetal maior na unidade de relevo “terraços e planícies fluvio-lacustres”, com 1,67 km² (1,51 % de cobertura). Por se tratar de áreas mais rebaixadas do relevo, em épocas de cheias, há uma suscetibilidade de acúmulo hídrico superficial nessa região. Por conta disso, a classe “depósitos”, também favorece a acumulação de sedimentos por apresentar um relevo plano a suave ondulado e pela proximidade de

regiões mais altas, como as de topo de colinas. A principal atividade nessa região adotada pelo homem com uso do solo, seria usá-lo como pastagem e pontos isolados de plantio, junto ao babaçu.

A região dos depósitos de colúvios, além de apresentar alguns pontos de acumulação hídrica, existem locais de ausência da mesma. O principal motivo é a retirada da cobertura vegetal, o que dificulta em grande parte a infiltração hídrica, sendo esta escoada para outra superfície. Um dos problemas seria a suscetibilidade aos estágios do processo erosivo, provocado pelo solo exposto, passível de degradação, o que acaba por modificar a paisagem. Com isso, a feição de relevo “depósitos colúviais e lacustres” é a que apresenta um maior valor referente à classe “solo exposto”, com 25,55 km² de cobertura vegetal vide feição (7,12%). Ao contrário de unidades de relevo mais preservadas, onde o acesso antrópico é mais difícil, a vegetação torna-se mais densa, tal como na feição “Vales associados às mesas”, com cobertura mínima de 0,29 km² de solo exposto, ou seja, 2,98 %. Contudo, apresenta 4,50 km² (46,91%) de floresta densa. Nessa feição, percebe-se a que vegetação é moderadamente explorada, que de certa forma, não tão intensamente que possa modificar radicalmente o relevo. Predomina basicamente a carnaúba e babaçu, e o uso da terra se resume na exploração da carnaúba e babaçu, e o uso da capoeira. Nos vales associados as demais feições, o uso da terra varia, contendo associações de carnaúba/pastagem, carnaúba/babaçu/floresta, carnaúba/cocal, o que caracteriza o uso misto.

A classe “vegetação aberta” apresenta uma cobertura vegetal de 135,26 km² (37,68%) na unidade de relevo dos depósitos de colúvios e lacustres, onde é apresentado o maior valor de cobertura das terras desta unidade. Por conta da retirada da cobertura vegetal (pastagem/ babaçu), o solo fica exposto. Contudo, devido a presença de água em épocas diferentes, a vegetação começa a brotar. Nota-se também a presença de brejos, que são locais passíveis de acumulação de água entre a vegetação, em pontos isolados de tal feição. Diferente da unidade de relevo “Vale associado às mesas”, em que a vegetação é mais preservada por conta do acesso mais dificultado, o valor da cobertura vegetal dessa classe (vegetação rala/solo exposto) torna-se bem menor, com apenas 4,47 km².

Em algumas unidades de relevo da área de estudo, há uma certa dificuldade de acesso em relação a outras. Diante disso, em todas é percebido uma modificação na paisagem por conta da ação antrópica, ou mesmo por conta da dinâmica atuante em determinado local. Conforme tabela 2, na classe de cobertura “Floresta/vegetação alterada”, as unidades de relevo “Depósitos colúviais e lacustres”, e “Tabuleiros

costeiros” são as que possuem maior percentual de cobertura, com 152,69 km² (42,54%), e 227,73 km² (56,14%), respectivamente. No entanto, os Tabuleiros costeiros apresentam o maior valor de cobertura, contendo 56,14% da transição floresta/vegetação alterada. O principal uso da terra nessa feição são floresta/babaçu, capoeira/babaçu, e vegetação mista com carnaúba/cocal.

A unidade de relevo “Tabuleiros Costeiros” é a que apresenta maior cobertura vegetal da classe “floresta densa”, com 156,58 km² (38,65%). Essa unidade é caracterizada pela forte presença dos babaçuais, em grande parte junto com a floresta. Os carnaubais são mais raros, por causa da condição de drenagem hídrica do solo não favorecer acúmulo de água nos tabuleiros. Tal unidade ainda é pouco explorada, predominando pequenos cultivos e criações de caprinos. Por conta da vegetação ser mais preservada em comparação com as demais unidades, não há severas modificações do relevo, por conta de agentes erosivos. Em controvérsia, a unidade “Vales associados às mesas” apresenta uma cobertura de apenas 0,34 km², ou seja, somente 3,54% de cobertura vegetal de floresta densa. Nessas áreas, há uma forte atuação de fatores ambientais, por causa do grau de declividade da mesma, contribuindo fortemente para a modificação do relevo por meio de processos atuantes.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, nas condições do estudo, pode-se concluir que:

- A) Foi realizado a análise do meio físico da área de estudo, em aspectos litológicos, solos, recursos hídricos, clima, e vegetação.
- B) O mapeamento das formas do relevo identificou seis feições: agrupamento de mesas, depósitos coluviais e lacustres, tabuleiros costeiros, terraços e planícies fluviolacustres, vales associados aos tabuleiros, e vales associado as mesas.
- C) A região predomina relevo plano a suave ondulado e em menor parte, de moderado a forte ondulado.
- D) As maiores altitudes localizam-se a leste, sob os Tabuleiros Costeiros, em terrenos do Grupo Barreiras. A altitude tende a diminuir a oeste, em direção aos Depósitos Coluviais e Lacustres, Terraços e Planícies Fluviolacustres, sob a Formação Poti.
- E) As classes de cobertura das terras definidas pelo índice de vegetação por diferença normalizada são: Água; Contato água/solo; Solo exposto; Vegetação aberta; Floresta/Vegetação alterada e Floresta Densa.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Robério Bôto de; GOMES, José de Roberto de Carvalho (Org.). **Diagnóstico do Município de Porto: Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Estado do Piauí. 2004. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_digital_rhs/piaui/relatorios/162.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2016.

AQUINO, Claudia Maria Sabóia; OLIVEIRA, José Geraldo Beserra. **Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) do núcleo de São Raimundo Nonato - Pi. Geosp: Espaço e tempo**, São Paulo, v. 16, n. 31, p.157-168, maio 2012. Trimestral. Disponível em:

<www.revistas.usp.br/geosp/article/download/74261/77904>. Acesso em: 01 de maio de 2015.

AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de; OLIVEIRA, José Gerardo Beserra. **Avaliação de indicadores biofísicos de degradação/desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil**. Revista Equador (UFPI), v.1, n.1, p. 44-59, 2012.

BACKES, Kátia Simone. **Variações do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do Sensor Modis Associadas à Variáveis Climáticas para o Estado do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS. 2010. 64 p.

BARBOSA, Liriane Gonçalves; DORIGON, Larissa Piffer. **Análise Temporal da Cobertura Vegetal no Município de Teresina/PI a partir da Aplicação de NDVI**. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. V CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. XXV ESPOCART. 2014. Anais... . Disponível em: < http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/743/CT04-149_1404436606.pdf>. Acesso em 20/01/2016.

BRANNER, J. C. **Outline of the geology of Brazil**. Geological Society of America, Washington, v. 30, n. 2, p. 189-338, 1919.

CABRAL, L. J.R.S; VALLADARES, G.S; SANTOS. A.C. **Mapeamento Geomorfológico do Município de Porto, Piauí**. Revista Geonorte, Edição Especial 4, v.10, n1, p. 236-240, 2014.

CABRAL, L. J.R.S; VALLADARES, G.S; SANTOS. A.C. **Mapeamento Geomorfológico do Município de Campo Largo, Piauí**. Revista Geonorte, Edição Especial 4, v.10, n.1, p. 195-199, 2014.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.I.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em 20 de março de 2015.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **A geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980, 188p.

COLAVITE, Ana Paula; PASSOS, Messias Modesto dos. **Integração de mapas de Declividade e Modelos Digitais Tridimensionais do Relevo na Análise da Paisagem.** Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4, p. 1547-1559, 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. **Banco de Dados GEOBANK.** 2007. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em 25/08/2015.

DEEPASK. **O mundo e as cidades através de gráficos e mapas.** Economia. PIB: Veja o produto interno bruto por cidade do Brasil. Disponível em: <<http://www.deepask.com.br/goes?page=Confira-o-PIB---Produto-Interno-Bruto---no-seu-municipio>>. Acesso em 05/06/2016.

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos.** Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2ª Aproximação). Rio de Janeiro, 1981.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 pp.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA SOLOS. Levantamento Exploratório. **Reconhecimento de Solos do Estado do Piauí.** EMBRAPA/SUDENE. UEP, Recife, 1983. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pi>> Acesso em 12 de março de 2015.

FIGUEREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 102 p. v. 1.

Fundação CEPRO. **Diagnóstico das condições ambientais do Estado do Piauí.** Teresina, Piauí, 1996.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil.** Região Nordeste. Rio de Janeiro, SERGRAF. IBGE, 1977.

GUERRA, Antonio José Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia Do Brasil.** Org. 4ª Ed. Rj: Bertrand Brasil, 2006, 392 p.

GUERRA, Antonio José Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista Da. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Org. 6ª Ed. Rj: Bertrand Brasil, 2006, 372 p.

GUERRA, Antonio José teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 7 ed. Bertrand Brasil, 2007.

GUERRA, Antônio José Teixeira. MARÇAL, Mônica Dos Santos. **Geomorfologia Ambiental.** Rj: Bertrand Brasil, 2006, 192p.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GUERRA, Antônio Teixeira. GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

IBGE. CIDADES. **Piauí. Porto. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**.

Disponível em:

<[http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=220850&idtema=118&search=pialui|porto|C3%8Dndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm->](http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=220850&idtema=118&search=pialui|porto|C3%8Dndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm-) Acesso em 09/02/2016.

IBGE. CIDADES. **Piauí. Campo Largo do Piauí. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=220217&idtema=118&search=pialui|campo-largo-do-piaui|C3%8Dndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm->> Acesso em 03/05/2016.

IBGE. CIDADES. **Piauí. Nossa Senhora dos Remédios. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=220680&idtema=118&search=pialui|nossa-senhora-dos-remedios|C3%8Dndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm->> Acesso em 18/02/2016

IBGE. CIDADES. **Piauí. Matias Olímpio. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=220610&idtema=118&search=pialui|matias-olimpio|C3%8Dndice-de-desenvolvimento-humano-municipal-idhm->> Acesso em: 18/02/2016.

IBGE. EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil**. Escala 1: 5.000.000. Rio de Janeiro:

IBGE, 2001. Disponível em:<

http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php >Acesso em: 15 de maio de 2016.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:

<http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf>. Acesso em 20 de março de 2015

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:

<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em 22 de março de 2015.

IBGE. **Manual Técnico de Geologia**. 1 ed. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em:

http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual_Tecnico_de_Geologia_33315.pdf Acesso em 18 de fevereiro de 2015.

IBGE. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2012.

Disponível em:<

http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual_Tecnico_de_Geologia_33315.pdf> Acesso em 16 de janeiro de 2016.

IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências**. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. 9 ed. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/cartografia/images/stories/imagens/aula/Introducao%20ao%20Processamento%20Digital%20de%20Imagens.pdf>> Acesso em 06 de fevereiro de 2016.

INDE. **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. Governo federal. Disponível em: <<http://www.inde.gov.br/geo-servicos.html>> Acesso em 23 de março de 2016.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro**. EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN. 1986. 782 p. Ilust.

JACOMINE, P. K.T. **A Nova Classificação Brasileira de Solos**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p. 161-179, 2008-2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>> Acesso em: 12/05/2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio et. al. 2. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p. Tradução de: Remote sensing of the environment: an earth resources perspective. ISBN (978-85-60507-06-1).

JUNIOR, Edson Alves de Andrade; BASTOS, Edson Alves; BARROS, Alexandre Hugo César; SILVA, Clescy Oliveira da; GOMES, Adriano Alex Nascimento; SOUSA, Carlos Ferreira de. **Classificação Climática do Estado do Piauí**. Documentos 86. EMBRAPA, 2004. Disponível em: <www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/documentos/2004/doc_86.pdf> Acesso em 29/06/2016.

LIMA, Iracilde Maria De Moura Fé. **Relevo Piauiense: Uma Proposta De Classificação**. Carta Cepro. Teresina. V.12, N.2, P.55-84, ago/dez 1987. Digitalizado em 2013.

LIMA, Iracilde M. de Moura Fé. **Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do Poti**. Rio de Janeiro, s. ed. 1982. 105 p. (Dissertação de Mestrado).

LOMBRADO, Magda Adelaide; FILHO, Demóstenes Ferreira da; FRUEHAUF Amanda Lombrado; PAVAN, Dalton Campacci. **O Uso de Geotecnologias na Análise de da Ilha de Calor, Índice de Vegetação e Uso da Terra**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.2, n.5, p. 520-529, 2012.

LUCENA, Andrews José de; PERES, Leonardo de Faria; BARROS, Leandro Ribeiro Luz de; MARTINS, Renan Navarro. **Os Grandes Empreendimentos do Oeste e Leste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e seus Impactos na Temperatura da Superfície e nos índices de Vegetação e de Área Construída**. Revista Geonorte. Edição Especial 2, v.2, n.5, p.541-544, 2012.

MENDONÇA, Cláudio. **Topografia (1): Hipsometria e curvas de nível**. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/topografia-1-hipsometria-e->

curvas-de-nivel.htm>. Acesso em 09/04/2016.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina de Linhares; OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra de. **Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a Análise da Degradação Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE.** Revista Raega 23 (2011), UFPR, p. 520-533.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Org. Brasília, 2002.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 2 ed. UFV, Viçosa, 2003. 307p.

MORAES, Elisabete Caria de. **Fundamentos de sensoriamento remoto.** INPE. São José dos Campos, 2002. Disponível em: < http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf > Acesso em 27/05/2016.

OLIVEIRA, Letícia Celise Ballejo de; GUASSELLI, Laurindo Antônio; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **Análises das áreas de Arenização em Neossolos Quatrzarênicos Órticos, nos estados de RS, GO, TO e PI, por Meio de NDVI.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, INPE, 2015.

PFALTZGRAF, Pedro Augusto dos Santos; TORRES, Fernanda Soares de Miranda; BRANDÃO, Ricardo de Lima (Org). **Geodiversidade do Estado do Piauí.** CPRM. Recife, 2010

PLANAP. **Plano de ação para o Desenvolvimento Integrado da bacia do Parnaíba.** Síntese Executiva: Território dos Cocais/Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. Brasília – DF, 2006.

PORTELA, Viviane Dias Alves. **Avaliação da vegetação como indicadora de áreas suscetíveis a escorregamentos na Serra do Mar em Caraguatatuba (SP).** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de Concentração: Geografia Física. São Paulo, 2014. 122f.; il.

RAMOS, Ricardo Rivelino Dantas; LOPES, Hélio Leandro; JÚNIOR, Júlio César Ferreira de Melo; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; FILHO, José Alves de Siqueira. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação de Grandes Áreas Degradadas e Potenciais para Unidades de Conservação.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, p. 001-006, 2010.

RÊGO, Shirley Coutinho Alves; LIMA, Priscila Pereira Souza de; LIMA, Maria Niedja Silva; MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues. **Análise Comparativa dos índices de**

Vegetação NDVI e SAVI no Município de São Domingos do Cariri – PB. Revista Geonorte. Edição Especial, v.12, n.4, p. 1217-1229, 2012.

ROSS, J.L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Dep. de Geografia da USP, n. 6, p. 17-30, 1992.

SANTOS, Juliana Silveira dos. **Metodologias para o mapeamento da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul utilizando imagens de sensor de moderada resolução espacial.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, RS, 2010.

SANTOS, Francílio de Amorim dos; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. **Análise da Dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dos Aspectos Econômicos e suas Relações com a Desertificação/Degradação Ambiental em Castelo do Piauí, Piauí, Brasil.** Revista Eletrônica de Investigação e Desenvolvimento. n.4, 2015.

SANTOS, Janaína Carla dos. **Quadro geomorfológico do parque nacional de sete cidades, Piauí.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

SANTOS, A. C; CABRAL, L. J. R. S; VALLADARES, G. S. **Mapeamento Geomorfológico e do Uso e Cobertura das Terras do município de Campo Largo, Piauí.** Revista Equador, v. 4, p. 798-805, 2015.

SANTOS, Janaína Carla dos; PELLERIN, Joel. **Feições geomorfológicas do parque nacional de sete cidades, Piauí.** VI Simpósio Nacional de Geografia. Regional Conference on Geomorphology. Brazil, Goiania, 2006. Disponível em : <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/423.pdf>> . Acesso em: 13/05/2016.

SILVA, Julio emanoel França da; SANTOS, Leonardo José Cordeiro. **O Sensoriamento Remoto na Pesquisa Geomorfológica: Aplicações do Município de Antonina, Paraná.** Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4, p. 1636-1645, 2012.

SOUZA, S. F; PARAHYBA, R. B. V; CAVALCANTI, L. C. S; LIRA, D. R.; ARAÚJO, M. S. B. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Brígida no Sertão Pernambucano, Através de Aplicações Geotecnológicas.** Embrapa Solos, 2010. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/875530/mapeamento-geomorfologico-da-bacia-do-brigida-no-sertao-pernambucano-atraves-de-aplicacoes-geotecnologicas> > Acesso em: 20 de abril de 2016.

USGS. **Science for a Chaging World. Imagens Landsat 8.** Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 13/05/2015.

VALERIANO, M. de M. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. **São José dos Campos: INPE**, p. 44, 2008.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. **Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. Anais..., São José dos Campos, SP : INPE, 2009. v. CD-ROM. p. 1-8.

VITTE, Antônio Carlos; NIELMANN, Rafaela Soares. **Uma introdução à história da geomorfologia no Brasil: A Contribuição de Aziz Nacib Ab'Sáber.** Revista Brasileira de Geografia Física. Vol.2 n.01, Recife-PE, Jan/abril 2009, 41-50.