



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA - CCEN
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS - DGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

**CLASSIFICAÇÃO POR UNIDADE DE PAISAGEM E ESTUDO DA
VARIAÇÃO DA BIOMASSA DA VEGETAÇÃO EM UM COMPLEXO DE
SERRAS NO INTERIOR DA PARAÍBA UTILIZANDO SENSORIAMENTO
REMOTO**

ELÂNIA DANIELE SILVA ARAÚJO

JOÃO PESSOA-PB
Março-2018

**CLASSIFICAÇÃO POR UNIDADE DE PAISAGEM E ESTUDO DA
VARIAÇÃO DA BIOMASSA DA VEGETAÇÃO EM UM COMPLEXO DE
SERRAS NO INTERIOR DA PARAÍBA UTILIZANDO SENSORIAMENTO
REMOTO**

ELÂNIA DANIELE SILVA ARAÚJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

Co-orientadora: Prof^a Dra. Célia Cristina Clemente Machado

JOÃO PESSOA-PB
Março-2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663c Araújo, Elânia Daniele Silva.

Classificação por unidade de paisagem e estudo da variação da biomassa da vegetação em um complexo de serras no interior da Paraíba utilizando sensoriamento remoto / Elânia Daniele Silva Araújo. - João Pessoa, 2018.

146 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.

Coorientação: Célia Cristina Clemente Machado.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Geografia. 2. Índices de vegetação. 3. Índice topográfico - Umidade. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Machado, Célia Cristina Clemente. III. Título.

UFPB/BC



**"Classificação por Unidade de Paisagem e Estudo da Variação da
Biomassa da Vegetação em um Complexo de Serras no Interior da
Paraíba Utilizando Sensoriamento Remoto"**

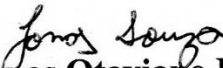
por

Elânia Daniele Silva Araújo

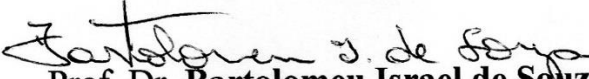
Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de
Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

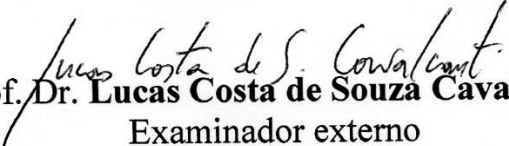
Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof. Dr. **Jonas Otaviano Praça de Souza**
Orientador

Prof^a Dr^a **Célia Cristina Clemente Machado**
Co-orientadora


Prof. Dr. **Bartolomeu Israel de Souza**
Examinador interno


Prof. Dr. **Lucas Costa de Souza Cavalcanti**
Examinador externo

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado em Geografia**

Março/2018

*A minha pequena Alane Sophi e ao
grande Homem que adoraria ter me
visto chegar aqui: Meu Pai Hélio
(In memoriam)*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus o agradecimento mais especial, por me permitir dar um passo a mais a cada dia em direção a realização pessoal, profissional e acadêmica. A Ele toda Honra, Glória e Louvor para todo o sempre.

A minha pequena Alane Sophi, quem acompanhou desde a barriga todo o processo e com o seu terno sorriso foi me dando força para aguentar as madrugadas em claro.

Ao grande homem que daria sua vida pelo bem-estar dos seus, mesmo ausente, eu sei do orgulho que teria ao ver mais uma conquista. Meu Pai Hélio (In memoriam).

A minha mãe Eliane e a minha avó Sueli por todo amor, apoio, confiança e por estarem presentes em mais uma conquista que não é só minha, mas nossa.

Ao meu Pai Antônio e ao meu Padrasto Manoel, por acreditarem e confiarem sempre no meu potencial.

Aos meus irmãos Anthuny, Lorrane, Gabrieli, Emanuele e a pequena Malu, também aos tios Elielson, Aluska, Ângela, Charles, Ricardo e ao meu pequeno Enzo, por serem a expressão mais profunda de carinho em minha vida.

A minha irmã Gabi pelo apoio na construção do trabalho principalmente nos domingos e feriados. E a minha prima Samylle pelas noites em claro comigo na organização de cada referência.

Ao meu primo e tio José Aguiar pelas idas e vindas de Campina Grande a João Pessoa ao longo desses dois anos.

Ao meu querido orientador Jonas e a minha co-orientadora Célia, pela paciência e todo apoio na construção da pesquisa.

A minha eterna orientadora e grande amiga Janaína, pelo apoio, confiança e conselhos ao longo de toda a trajetória acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG-UFPB, por ter aberto as portas para me receber.

Aos professores do PPGG-UFPB, pela oportunidade de construção de novos conhecimentos em Geografia.

Aos professores da banca Bartolomeu Israel de Souza e Lucas Costa de Souza Cavalcanti pelas significativas contribuições a este trabalho.

Ao Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos – GEAFS, pelo apoio e ajuda durante esses dois anos.

Ao Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – CADIGEOS, pela concessão do uso da licença do ArcGis e do ERDAS, na pessoa da professora Dra. Janaína Barbosa da Silva.

Ao Grupo de Pesquisa em Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - CAGEOS, por continuar me acolhendo.

Aos professores da UFCG por me receberem de braços abertos sempre que preciso voltar.

Aos grandes amigos que a Geografia meu deu, Graciele, Bárbara, Taynan, Felipe, Noaldo, Estanley, Eronides, Severino, Leandro e Bruno, por estarmos sempre prontos para ajudar uns aos outros.

A turma do PPGG 2017, por compartilharem das mesmas angústias e alegrias ao longo desses dois anos.

Aos amigos que o mestrado me deu, Camila, Raquel e especialmente André e Mariá pelo apoio e descontração nas idas a Campo.

A prefeitura de São José da Lagoa Tapada, pela concessão dos alojamentos nos trabalhos de campo.

A coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o desenvolvimento da pesquisa.

A todos que contribuíram direta e indiretamente a este trabalho.

Meus Sinceros Agradecimentos!

*“Mas pra quem tem pensamento forte
O impossível é só questão de opinião...”*

*Jesus olhou para eles e respondeu: "Para o
homem é impossível, mas para Deus todas
as coisas são possíveis".*

Mateus 19:26

RESUMO

O entendimento da dinâmica dos ambientes semiáridos tem se tornado cada vez mais necessário, principalmente quando se trata da complexidade de interação dos seus elementos naturais, devido ao fato deste ser um ambiente dotado de particularidades. O semiárido brasileiro possui uma grande diversidade paisagística, e a interação dos seus elementos naturais proporcionará a formação das áreas de exceção, principalmente por sua disposição orográfica, proporcionando naquele ambiente um diferenciado regime de chuvas, solo e vegetação. Localizado no Sertão Paraibano está o complexo de Serras, objeto de estudo dessa pesquisa, possui um regime diferencial quanto aos seus aspectos geoambientais. Afim de entender suas particularidades, objetivou-se realizar uma classificação por unidade de paisagem, identificando a relação entre a topografia e a umidade na manutenção da vegetação das Serras e averiguar se essas se encaixam no perfil de enclaves subúmidos. Para alcançar os objetivos foi realizado um mapeamento para caracterização geoambiental, visitas a campo, obtenção de dados meteorológicos, aplicação dos índices do terreno e de vegetação, a classificação de unidade de paisagem e a partir dessa, identificou-se se o complexo de serras pode ser classificado como um enclave subúmido. Para a análise da vegetação foi feita uma comparação entre os índices de vegetação (IVDN e IVAS), a partir dessa, foi possível verificar que ambos são satisfatórios para a quantificação e representação da vegetação local, embora, não sejam totalmente satisfatórios para a classificação dos tipos de vegetação, uma vez que, é necessário a correlação com os dados de campo. Quanto a relação entre a o índice de vegetação e o índice topográfico de umidade, não se obteve uma correlação positiva, devido a fatores como a influência da área de captação de fluxo e declividade. Em geral, foi possível identificar que há uma condição diferenciada tanto com relação a vegetação quanto ao regime pluviométrico principalmente das áreas de topo das serras, embora não tenha havido uma correlação direta com o índice topográfico de umidade, os resultados permitem a percepção de que por meio da umidade, há a existência de uma diferenciação na paisagem, dando margem a efetuação da categorização e/ou classificação da mesma em quatro unidades: Pedimento, Topos Convexos, Topo plano e Escarpa. Após a análise integrada dos elementos fisiográficos do complexo de serras, foi possível identificar que devido sua disposição orográfica há um desenvolvimento diferenciado do regime de chuvas, solos e vegetação, no qual foi identificado áreas de caatinga arbórea densa. Essa interação aliada ao seu relevo de altitude média e superfícies aplainadas, faz do complexo de Serras um local diferenciado dentro do Semiárido seco, ao qual pode ser possível de classificá-lo como um enclave subúmido.

Palavras-chave: Semiárido; Índices de Vegetação; Índice Topográfico de Umidade; Áreas de exceção.

ABSTRACT

The understanding of the dynamics of semi-arid environments has become increasingly necessary, especially when it comes to the interaction complexity of their natural elements, due to the fact that it is an environment with particularities. The Brazilian semiarid has a great diversity of landscapes, and the interaction of its natural elements will provide the formation of areas of exception, mainly due to its orographic arrangement, providing in that environment a different regime of rainfall, soil and vegetation. Located in Sertão Paraibano is the Saws complex, object of study of this research, has a differential regime regarding its geoenvironmental aspects. In order to understand their particularities, it was aimed to perform a classification by unit of landscape, identifying the relationship between topography and humidity in the maintenance of the vegetation of the Saws and to verify if these fit the profile of sub-humid enclaves. In order to reach the objectives, a base mapping, field visits, meteorological data collection, application of land and vegetation indexes, and the classification of a landscape unit were carried out, and it was identified whether the mountain range complex can be classified as a submerged enclave. For the vegetation analysis, a comparison was made between the vegetation indexes (IVDN and IVAS), from this, it was possible to verify that both are satisfactory for the quantification and representation of the local vegetation, although, they are not totally satisfactory for the classification of the vegetation types, since correlation with the field data is necessary. Regarding the relationship between vegetation index and topographic moisture index, a positive correlation was not obtained due to factors such as the influence of the catchment area and slope. In general, it was possible to identify that there is a differentiated condition both in relation to vegetation and the pluviometric regime, mainly in the top areas of the hills, although there was no direct correlation with the topographic index of humidity, the results allow the perception that by In the middle of the humidity, there is the existence of a differentiation in the landscape, giving room for the categorization and/or classification of the same in four units: Pediment, Convex tops, Top and Escarp. After the integrated analysis of the physiographic elements of the mountain range complex, it was possible to identify that due to its orographic arrangement there is a differentiated development of the rainfall, soil and vegetation regime, in which areas of dense arboreal caatinga were identified. This interaction, together with its medium altitude relief and flattened surfaces, makes the Saws complex a distinct place within the dry semi-arid region, to which it may be possible to classify it as a sub-humid enclave.

Keywords: Semiarid; Vegetation Index; Topographic Moisture Index; Areas of exception.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XV
LISTA DE SÍMBOLOS	XVI
LISTA DE EQUAÇÕES	XVII
INTRODUÇÃO	18
OBJETIVO GERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
1.1. SISTEMAS AMBIENTAIS FÍSICOS	21
1.2. PAISAGENS E UNIDADES DE PAISAGENS	23
1.3. PAISAGENS SEMIÁRIDAS	28
1.4. SERRAS ÚMIDAS E ENCLAVES SUBÚMIDOS EM ÁREAS SEMIÁRIDAS	35
1.5. SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DA VEGETAÇÃO	37
2. CAPÍTULO II: METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
2.1. METODOLOGIA	42
2.1.1. Mapeamento Temático	42
2.1.2. Variação da vegetação nos anos seco e chuvoso	43
2.1.3. Índices de Vegetação	46
2.1.4. Índice Topográfico de Umidade	47
2.1.5. Correlação de Pearson	48
2.1.6. Trabalho de Campo	48
2.1.7. Unidades de Paisagens	49
2.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
2.3. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL	52
3. CAPÍTULO III: RESULTADOS	68
3.1. DESCRIÇÃO DOS PONTOS ANALISADOS	69
3.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	82
3.2.1. Período chuvoso	82
3.2.2. Período seco	92
3.3. VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO NOS ANOS SECO E CHUVOSO E SUA RELAÇÃO COM O ITU	100
3.3.1. Ano chuvoso	103
3.3.2. Ano seco	109
3.4. CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE ITU E O IVAS NOS ANOS SECO E CHUVOSO	117
3.5. CLASSIFICAÇÃO POR UNIDADE DE PAISAGENS	123
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
5. REFERÊNCIAS	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do complexo de Serras do Sertão – PB	51
Figura 2. Geologia e Litologia	53
Figura 3. Planície Fluvial do Rio Piancó próximo a cidade de Coremas	54
Figura 4. Superfície Aplainada Degradada	55
Figura 5. Representação do domínio de colinas dissecadas e morros baixos	56
Figura 6. Representação do Domínio de morros e serras baixas	56
Figura 7. Alinhamento de Crista	57
Figura 8. Características Geomorfológicas	58
Figura 9. Hipsometria (m) e Declividade (%)	59
Figura 10. Precipitação média anual (mm) 2005-2016	61
Figura 11. Sistema Coremas-Mãe d'água	62
Figura 12. Açude Eng. Ávidos	62
Figura 13. Drenagem	63
Figura 14. Solos	65
Figura 15. Vegetação subarbórea densa no Município de Cajazeirinhas	66
Figura 16. Quantificação da vegetação	67
Figura 17. Localização dos pontos analisados	70
Figura 18. Ponto 1: Vegetação de maior porte - Próximo ao Eng. Ávidos	71
Figura 19. Ponto 2: Domínio das colinas dissecadas e morros baixos – área degradada	72
Figura 20. Ponto 3: Área degradada e com vegetação de pequeno porte	72
Figura 21. Ponto 4: Cacimba localizada numa área mais alta	73
Figura 22. Ponto 4: Canos para transportar a água das cacimbas	73
Figura 23. Ponto 5: Base da encosta com vegetação de porte médio	74
Figura 24. Ponto 6: Reservatório existente devido a declividade	75
Figura 25. Ponto 7: Maior declividade dentre toda área	75
Figura 26. Área desmatada no P7	76
Figura 27. Ponto 8: Substituição da vegetação	77
Figura 28. Ponto 9: Área de substituição da vegetação por atividades antrópicas	77
Figura 29. Ponto 10: localizado nas áreas de maior altitude	78
Figura 30. Substituição da vegetação pela agricultura	78
Figura 31. Ponto 11: Maior altitude da área	79

Figura 32. Porte da vegetação no P11	79
Figura 33. Ponto 12: Área de degradação da vegetação	80
Figura 34. Extração madeireira no P12	80
Figura 35. Ponto 13: Vegetação densa	81
Figura 36. Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)	83
Figura 37. Mapa de Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)	84
Figura 38. Vegetação densa ao lado esquerdo do ponto 1	85
Figura 39. Área degradada do lado direito do ponto 1	86
Figura 40. Fragmento de Vegetação do P2	87
Figura 41. Fragmento de Vegetação do P3	87
Figura 42. Vegetação densa do P4	88
Figura 43. Porte da Vegetação do P4	89
Figura 44. Porte da Vegetação do P4	89
Figura 45. Ponto 5: Vegetação densa na encosta	90
Figura 46. Ponto 6: Área de Vegetação densa próximo a Crista	90
Figura 47. Comparação entre os índices de vegetação (período seco)	92
Figura 48. Mapa de comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco)	94
Figura 49. Representação da Vegetação dos P1, P6, P10 e P11	95
Figura 50. Representação da Vegetação dos P4, P5, P8 e P9	96
Figura 51. Representação da Vegetação dos P2, P3 e P7	97
Figura 52. Representação da Vegetação do P12	98
Figura 53. Representação da Vegetação do P13	99
Figura 54. Relação entre o ITU e a Declividade (°) de cada ponto	101
Figura 55. Relação entre o ITU e a Altitude (m) de cada ponto	101
Figura 56. Índice Topográfico de Umidade – ITU	102
Figura 57. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 1º intervalo de análise (meses 04-08 ano chuvoso)	104
Figura 58. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 2º intervalo de análise (meses 08-11 ano chuvoso)	105
Figura 59. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 3º intervalo de análise (meses 01-11/17-11 ano chuvoso)	107

Figura 60. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 4º	108
intervalo de análise (meses 11-12 ano chuvoso)	
Figura 61. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 1º	110
intervalo de análise (meses 04-05 ano seco)	
Figura 62. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 2º	111
intervalo de análise (meses 05-10 ano seco)	
Figura 63. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 3º	112
intervalo de análise (meses 10-11 ano seco)	
Figura 64. Variação da biomassa da vegetação e a sua relação com o ITU 4º	115
intervalo de análise (meses 11-12 ano seco)	
Figura 65. Correlação de Pearson entre o ITU e a variação da biomassa (ano	117
chuvoso)	
Figura 66. Correlação de Pearson entre o ITU e a variação da biomassa (ano seco)	118
Figura 67. Espacialização dos Postos pluviométricos e pontos estudados	121
Figura 68. Classificação por Unidades de Paisagens	124
Figura 69. Unidade de Pedimento	125
Figura 70. Unidade de topos convexos	126
Figura 71. Unidade de escarpa	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Data e Sensor das imagens	45
Tabela 2. Distribuição das classes de Declividade (°)	57
Tabela 3. Quantificação das classes de vegetação	66
Tabela 4. Localização dos pontos estudados	69
Tabela 5. Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)	83
Tabela 6. Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco)	93
Tabela 7. Média do ITU, Declividade (°) e Altitude (m)	100
Tabela 8. Variação da biomassa no 1º intervalo de análise (meses 04-08 ano chuvoso)	103
Tabela 9. Variação da biomassa no 2º intervalo de análise (meses 08-11 ano chuvoso)	104
Tabela 10. Precipitação mensal dos postos próximos aos pontos (mm) no ano de 2008	105
Tabela 11. Variação da biomassa no 3º intervalo de análise (meses 01-11/17-11 ano chuvoso)	106
Tabela 12. Variação da biomassa no 4º intervalo de análise (meses 11-12 ano chuvoso)	107
Tabela 13. Precipitação antes do imageamento	109
Tabela 14. Variação da biomassa no 1º intervalo de análise (meses 04-05 ano seco)	110
Tabela 15. Variação da biomassa no 2º intervalo de análise (meses 05-10 ano seco)	111
Tabela 16. Variação da biomassa no 3º intervalo de análise (meses 10-11 ano seco)	112
Tabela 17. Precipitação entre os intervalos de análise (31-10 e 05-11-2015)	114
Tabela 18. Variação da biomassa no 4º intervalo de análise (meses 11-12 ano seco)	115
Tabela 19. Comparação da Altitude dos pontos analisados e dos postos pluviométricos	119
Tabela 20. Distância entre os pontos analisados e os postos pluviométricos	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA: Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba
BA: Bahia
C: Chuvoso
CADIGEOS: Cartografia Digital Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
CCM's: Complexos Convectivos
CE: Ceará
CPRM: Serviço Geológico do Brasil
EC: Extremamente Chuvoso
ES: Extremamente Seco
ESRI: Environmental Systems Research Institute
FUNDAJ: Fundação Joaquim Nabuco
IAF: Índice de Área Foliar
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITU: Índice Topográfico de Umidade
IV: Faixa do Infravermelho
IVAS: Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo
IVDN: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
IVP: Faixa do Infravermelho Próximo
MC: Muito Chuvoso
MDE: Modelo Digital de Elevação
mEc: massa Equatorial continental
MG: Minas Gerais
MIN: Ministério da Integração Nacional
MS: Muito Seco
N ou H : Normal ou Habitual
NE: Nordeste
OL: Ondas de Leste
OLI: Operational Land Image
PB: Paraíba
PE: Pernambuco
PESAS: Parque Estadual Serras das Águas Sertanejas
REM: Radiação eletromagnética
S: Seco
SE: Sudeste
SR: Sensoriamento Remoto
SRTM: Missão Topográfica Radar Shuttle
TM: Thematic Mapper
UC: Unidade de Conservação
UFCG: Universidade Federal de Campina Grande
USGS: Serviço Geológico dos Estados Unidos
V: Faixa do Vermelho
VCAN: Vórticos ciclônicos de altos níveis
VIS: Faixa do Visível
ZCIT: Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SIMBOLOS

k_{λ_i} : irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera
 d_r : quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol
 L_{λ_i} : radiância espectral de cada banda
a e b: coeficiente obtidos com base nos componentes do balanço de energia dos pixels âncoras (frio e quente)
 A_L : Fator de mudança de escala aditivo
CosZ: Cosseno do ângulo zenital solar
j: número de ordem
L: Fator de função da densidade da vegetação
ln: logaritmo neperiano
 L_{λ} : Radiância espectral monocromática de cada banda ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)
 M_L : Fator de mudança de escala multiplicativo
N: número de observações
ND: intensidade de pixel (número digital)
 p_j : Ordem quantílica
 Q_{cal} : Valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (ND)
 Q_p : Quantil
 Q_{pj} : Quantil para uma ordem quantílica
 $tang\beta$: Declividade do terreno (radiano)
y: Totais pluviométricos anuais em ordem crescente
 y_j : Total anual já ordenado na sequência crescente ao qual já possui um número de ordem
Z: ângulo zenital solar
 α : área acumulada (m^2)
 π : valor aproximado 3,141592
 ρ_{IV} : fluxo radiante reflexivo no infravermelho próximo
 ρ_v : fluxo radiante reflexivo no vermelho
 ρ_{λ} : refletância planetária sem correção para o ângulo solar

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo da ordem quantílica	44
Equação 2. Cálculo do quantil (a)	44
Equação 3. Cálculo do quantil (b)	44
Equação 4. Calibração radiométrica para <i>Landsat 5</i>	45
Equação 5: Cômputo da reflectância para <i>Landsat 5</i>	45
Equação 6: Cômputo da reflectância para <i>Landsat 8</i>	46
Equação 7: Índice de vegetação por diferença normalizada - IVDN	46
Equação 8: Índice de vegetação ajustado ao solo - IVAS	47
Equação 9: Índice Topográfico de Umidade - ITU	47

INTRODUÇÃO

O entendimento da dinâmica dos ambientes semiáridos tem se tornado cada vez mais necessário, principalmente quando se trata da complexidade de interação dos seus elementos naturais, devido ao fato deste ser um ambiente dotado de particularidades. Se tratando do semiárido brasileiro, podemos elencar algumas dessas: é considerado um dos semiárido mais chuvoso e populoso do mundo, além disso possui um bioma exclusivo (MALVEZZI, 2007; MIN, 2005; FUNDAJ, 2002; REICH & BORCHERT, 1984). É conhecido por sua irregularidade no regime pluviométrico e pela adaptação da vegetação de caatinga as condições do clima local.

O semiárido brasileiro é dotado de uma diversidade paisagística, os planaltos e depressões ali localizados apresentam uma variedade de formas que em conjunto com a geologia, geomorfologia, clima, solos e vegetação propiciará a formação de diversos habitats. É essa interação dos elementos naturais que também proporcionará a formação das áreas de exceção, principalmente por sua disposição orográfica, proporcionando naquele ambiente local um diferenciado regime de chuvas, solo e vegetação. Essas áreas possuem uma expressiva importância, principalmente para a economia regional, porém, são ainda pouco exploradas quanto aos componentes abióticos da paisagem.

Baseada na teoria do Geossistemas e nos sistemas ambientais físicos, essa pesquisa versa sobre a importância dessas áreas de exceção dentro do semiárido brasileiro, pretendendo realizar uma classificação por unidade de paisagem, identificando a relação entre a topografia e a umidade na manutenção da vegetação em um complexo de serras no Alto Sertão da Paraíba, situado entre os municípios de Cajazeiras e Condado, utilizando imagens de satélite Landsat e técnicas de Sensoriamento Remoto.

O estudo dessa área é de grande importância, visto que, ali está situado um dos poucos lugares com caatinga do tipo florestal e vegetação de grande porte, graças ao conjunto dos fatores microclimáticos, geomorfológicos e de relevo que o torna um lugar privilegiado no sertão que o rodeia e de interesse para a conservação. Seu relevo particular (elevada altitude e declividade) torna-o susceptível à perda de solo além de abarcar uma grande quantidade de nascentes que alimenta o açude Mãe d'Água/Coremas, maior da Paraíba.

OBJETIVO GERAL:

Realizar uma classificação por unidade de paisagem, identificando a relação entre a topografia e a umidade na manutenção da vegetação de um complexo de Serras no interior da Paraíba e averiguar se esse se encaixa no perfil de enclave subúmido.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Efetuar a correlação entre os parâmetros biofísicos e os elementos do clima;
- Identificar a relação entre a topografia e a umidade na manutenção da vegetação;
- Realizar uma classificação por unidade de paisagem;
- Investigar se o complexo de Serras no Sertão paraibano se encaixa no perfil de enclaves subúmidos;

CAPÍTULO I



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. SISTEMAS AMBIENTAIS FÍSICOS

As pesquisas relacionadas a estudos sistêmicos utilizando a análise integrada da natureza e a inter-relação de suas partes datam desde 1750, com a publicação da carta geográfica da natureza de Abade Jean-Louis Giraud Soulavie. Essa abordagem também pode ser identificada nos trabalhos naturalistas de Humboldt e Dokuchaev, mas foi em 1950 com a formulação da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, que houve a tentativa de construir uma linguagem comum para a análise sistêmica em diferentes disciplinas (CAVALCANTI, 2013; CAVALCANTI, 2016).

Um sistema, por sua vez, baseia-se numa totalidade que é criada pela integração de seus componentes, ou seja, encontram-se organizados para exercer uma função particular, e dessa forma o seu grau de organização permite que assuma função de um todo que é maior do que a soma de suas partes. A natureza seria concebida de forma integrada, se fazendo impossível a sua compreensão a partir dos elementos separados, visto que a fragmentação do objeto pode implicar num obscurecimento das relações de interdependência entre as partes de um todo e que constituem a realidade principal (CHRISTOFOLETTI, 1979; SCHEIDEGGER, 1992; BRANCO, 1989; HAIGH, 1985).

Um sistema é composto por matéria, energia e estrutura. A matéria será o material móvel, ou seja, aquilo que vai se movimentar. A energia, será a força (ou forças) que fazem o sistema funcionar, o que possibilitará a geração de criação de trabalho e a estrutura é formada pelos elementos e suas relações, essa estará expressa pelo arranjo de seus componentes (CHRISTOFOLETTI, 1979).

De acordo com Gregory (1992), a incorporação da abordagem sistêmica na Geografia Física se inicia por volta de 1935, com a criação do conceito de ecossistema pelo ecólogo A. G. Tansley. A partir de então, torna-se uma das principais condutoras das pesquisas geográficas envolvendo seus elementos físicos. A incorporação do pensamento sistêmico nos estudos geográficos visa interpretar a complexidade que explica a organização de um sistema espacial, a partir das interações que se processam entre os atributos formadores que acabam por lhes conferir caráter dinâmico e não-linear (MARQUES NETO, 2008).

Dentro da Geografia Física, utilizando a abordagem sistêmica no que diz respeito aos estudos geomorfológicos, se fez necessária a incorporação do termo “Equilíbrio” entre as décadas de 1950 e 1960 (RENEWICK, 1992). O equilíbrio dinâmico pode ser

entendido como o ajustamento completo das variáveis internas mediante às condições externas, de modo que haja um equilíbrio entre essas forças atuantes na evolução do modelado (HOWARD, 1973). A teoria do equilíbrio dinâmico se apresenta como uma evolução dos estudos geomorfológicos baseados nos preceitos sistêmicos da teoria geral dos sistemas, a sua aplicação pode se caracterizar como uma alternativa aproximada para a interpretação da paisagem, a partir das relações espaciais com o sistema de drenagem (FIERZ, 2016).

Relacionado aos estudos dos sistemas, surge no final do século XX, a Teoria dos Sistemas Dinâmicos como forma de entender o conjunto de objetos agrupados por alguma interação em que existem relações de causa e efeito entre os elementos do conjunto. O sistema é tido como dinâmico quando algumas grandezas variam no tempo, tais grandezas é que caracterizam seus elementos constituintes, esses sistemas podem ser simples ou complexos (LIMBERGER, 2006).

Podem ser definidos como simples quando há um conjunto de componentes relacionados e agindo sobre outros a partir de determinadas leis. Por outro lado, sistemas complexos, por manterem um padrão de organização e uma característica não-linear, não buscam a análise da separação das partes, mas visam analisar a integração dos seus elementos. Além disso, sistemas complexos são caracterizados por apresentarem diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação.

Existem quatro tipos comuns de retroalimentações: (1) direta, quando existe o relacionamento direto de ida e vinda entre duas variáveis; (2) em circuito, quando envolve mais de duas variáveis e sendo cíclica por voltar ao ponto inicial; (3) negativa, quando há uma alteração externa ao sistema causando alterações que visam extinguir ou estabilizar a mudança inicial, essa é a mais comum e (4) positiva, quando as relações entre as variáveis reforçam o impulso externo de mudança, levando em à sua destruição e não mais a sua estabilidade (SOUZA, 2011; SOUZA, 2014; CHRISTOFOLETTI, 2004; CHRISTOFOLETTI, 1999).

Baseado na perspectiva sistêmica, a qual tem por objetivo o estudo integrado dos elementos, surge a análise por meio dos Geossistemas, essa, é tida como essencial dentro da Geografia Física, chegando a ser considerada como o objeto de estudo desta área do conhecimento (SOTCHAVA, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1990).

O Geossistema é apresentado como sinônimo de Sistemas Ambientais Físicos (que são tidos como a organização espacial) e são definidos como um sistema natural, não necessariamente homogêneo e característico por possuir morfologia, funcionamento e comportamento específico. Na análise integrada geossistêmica, os elementos constituintes do geossistema são aqueles que ocupam áreas territoriais, ou seja, topografia, vegetação, solos, tendo o clima como elemento controlador dos processos e da dinâmica, constituindo-se como fornecedor de energia (CHRISTOFOLETTI, 1990; MANTELATTO e CHRISTOFOLETTI, 2001).

Na ideia de Sotchava (1977) apoiada por Cristofolotti (1990), o geossistema é uma unidade natural, caracterizado como organizações espaciais oriundas dos elementos físicos (ou ambientais). Por outro lado, as organizações espaciais ligadas aos processos e atividades humanas são chamadas de sistemas socioeconômicos, não estando totalmente dissociados, mas sendo o último um reflexo da organização espacial do primeiro.

1.2. PAISAGENS E UNIDADES DE PAISAGEM

As primeiras concepções de paisagem estão voltadas para o natural, visual e estético, estando explícitas nas pinturas naturalistas e na própria obra de Humboldt, na qual o autor fazia a descrição e a pintura das áreas naturais, por onde passava. A escrita humboldtiana está pautada na observação, se fazendo necessário ver, ouvir e sentir a paisagem, além de representa-las por meio da pintura que para ele era tão importante quanto a própria escrita (VITTE, 2010). A representação da paisagem está ligada a diversas possibilidades do maravilhoso conectando natureza e cultura, adquirindo forma de perfeição numa estética romântica, estando sua existência atrelada a uma afinidade eletiva entre a natureza e a cultura, permitindo a definição de paisagem e a atribuição de uma identidade (GOETHE, 1992; VITTE, 2007).

No sentido etimológico, a palavra paisagem é dotada de vários significados, variando entre os países e as diversas línguas, na França remete ao sentido de região, território, nação, em hebraico relaciona-se com algo maravilhoso, em inglês diz respeito a organização dos campos, estando também associada a cenário e em holandês deriva do alemão significando unidade de ocupação humana (CHRISTOFOLETTI, 1999; SCHAMA, 1996; PREGILL & VOLKMAN, 1998). Em todos os significados, o termo paisagem associa-se a uma conotação espacial, o que a faz ser caracterizada sob duas perspectivas: estética, a qual corresponde a uma representação voltada para a aparência

estética e/ou geopolítica, designando uma unidade territorial para desenvolvimento de comunidades humanas (VITTE, 2007).

O Romantismo, como movimento cultural, veio auxiliar na formação do conceito de paisagem na geografia e então é instituída uma nova dimensão à categoria tempo, o que possibilita a valorização das singularidades e atribui a cada comunidade e nações uma identidade própria (GOMES, 1996). Mas é desde quando Humboldt compõe “Os Quadros da Natureza”, influenciado por Kant e Goethe, que a paisagem se concretiza nas pesquisas geográficas (VITTE 2010). Se tornando efetivamente objeto de estudo da Geografia quando é definido que o campo de trabalho da geografia é a superfície terrestre, limitando a geografia a observar e descrever o que é visível, tornando o espaço lito-bio-atmosférico como objeto de investigação (MENDOZA et al, 1988).

Na busca de reunir todas as ciências que tratam sobre o estudo das paisagens surge a Ecologia de Paisagem, com a finalidade de melhor compreensão dos aspectos ecológicos e dos limites dos ecossistemas. A Ecologia de Paisagem também tem por característica estudar as interações dos organismos em seu ambiente, essas interações envolvem processos, que por sua vez são dinâmicos, pois são variáveis no tempo. A partir desta concepção surge a noção de georelevo, dentro da dinâmica dos integrantes sistêmicos da paisagem. O conceito surge dentro da Ecologia de Paisagem e é responsável pela definição de uma estrutura territorial que apresenta um determinado potencial biológico e de ocupação, portanto, pode ser entendido como indicador dos processos morfoclimáticos atuais, o que resulta na dinâmica das formas e propriedades adquiridas em sua gênese, por sua vez, a dinâmica e as propriedades são fundamentais para a compreensão da evolução e dos processos geoecológicos e de reprodução/ocupação da sociedade (CASSETI, 1991; VITTE, 2007).

A interação entre o georelevo e as paisagens naturais com os produtos da ação humana na superfície é definida como paisagem geográfica. O conceito de paisagem geográfica surge na intenção de ser totalizante e transdisciplinar, ou seja, no qual a análise da paisagem não seja efetuada por uma mera sobreposição lógico-matemática entre o natural e o antrópico, mas seja resultado de uma conexão entre as várias esferas. No entanto, o conceito de paisagem geográfica na sua formulação originária foi descaracterizado, embora a Geografia fosse compreendida como a ciência da paisagem, houve uma fragmentação e surgimento de vários termos como paisagem cultural, natural, florestal, etc. (VITTE, 2007; CLAVAL, 1999 *apud* VITTE, 2007; CAPEL, 1982).

É importante compreender a paisagem como sendo o resultado de uma relação entre os processos passados e os atuais e como os processos de formação desta, agem sobre as superfícies criadas por esses eventos passados. A influência histórica pode explicar, por exemplo, os processos de erosão e deposição ao longo do tempo. Assim, os processos passados têm sido responsáveis pela compartimentação regional da superfície, enquanto os atuais respondem pela dinâmica atual das paisagens. De tal modo, cada paisagem é única, com sua própria história de eventos formativos (PHILLIPS 2007; BESSE, 2006; PHILLIPS, 2001; AB'SABER, 1969).

Os eventos e processos que modificam a paisagem ao longo do tempo e da sua história, são de fácil identificação nos tipos de paisagens fluviais e hidrológicas, a partir da ação da água que também se constituirá como um agente modificador de significativa importância. As paisagens fluviais são caracterizadas por terem o rio como elemento principal na sua origem e dinâmica, aí estão incluídos o canal natural, as ribeiras e a planície de inundação em suas duas margens. A água configura-se como elemento essencial, organizador e dinamizador dos sistemas fluviais, nesse caso, qualquer modificação que afete as características hidrológicas será manifestada na paisagem. Dessa forma, a análise global e histórica é de grande importância, visto que, permite a melhor compreensão das dinâmicas e processos que geraram estas paisagens (PRICHOA et al., 2014; MOLINA, 1992; DUPUIS-TATE, 1998).

Já o conceito de paisagens hidrológicas está baseado na ideia de que o sistema hidrológico interage com as características fisiográficas, ou seja, com o relevo e a vegetação e essa particularidade é de fundamental importância para o entendimento e classificação das unidades de paisagem. A classificação das unidades de paisagem hídrica é definida a partir da: (1) forma da superfície, ou seja, quando há um declive mais acentuado separando área de topografia mais elevadas das menos elevadas; (2) da sua estrutura geológica e; (3) da sua configuração climática (WINTER, 2001).

Como ferramenta de análise paisagística, a classificação por unidades de paisagem auxilia o entendimento das mesmas, as delimitando a partir de setores homogêneos, na qual, busca-se pelas discontinuidades da paisagem e assim pode ser definida por uma síntese de características justificadas pela homogeneidade. Essa homogeneidade pode estar reduzida aos indicadores ambientais mais importantes, como a vegetação e a geomorfologia. Portanto, a delimitação por unidades de paisagem a partir das discontinuidades, e favorecendo os elementos integradores, caracteriza-se como uma

proposta holística para os estudos ambientais e que, por sua vez, facilitam a análise como um todo e não a partir da fragmentação dos seus elementos (BERTRAND, 1971; DALBEM et al., 2005).

A identificação das unidades de paisagens tem especialmente uma relação com os estudos geomorfológicos, visto que, o estudo do relevo apresenta um potencial ecológico, devido a sua interação com a exploração biológica, através das teorias genéticas, das escalas taxonômicas, da cartografia geomorfológica, da abordagem integrada sistêmica e da relação espaço temporal, dessa maneira, é de grande importância para a compreensão da paisagem geográfica (FRANÇA et al., 2010).

O sistema geomorfoгенético, juntamente com os componentes bioclimáticos e dinâmicos determinam o sistema de evolução da paisagem. Desse modo, os levantamentos geomorfológicos são importantes para a delimitação e caracterização fisionômica, ecológica e dinâmica das unidades de paisagem, ou seja, é essa relação entre relevo e vegetação, principalmente, que permitirá o aspecto fisionômico da paisagem. A reprodução da compartimentação morfológica e do conjunto de informações sobre a superfície, sejam elas, litologia, dobras e falhas, estratigrafia, etc. permitem discutir a estrutura da paisagem (FRANÇA et al., 2010).

A magnitude, frequência e a intensidade desses processos de gênese do relevo auxiliam na análise de fisiologia e funcionamento da paisagem, já as informações sobre depósitos, idade e as etapas de transformação no tempo é favorável à reconstituição da dinâmica paisagística. Enfim, a relação geomorfológica e climática, a partir da intermediação do solo e da vegetação contribui para a representação homogênea da paisagem (FRANÇA et al., 2010).

A classificação por Unidades de Paisagens pode se individualizar a partir do relevo, clima, vegetação, solos, tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos (ROSS, 1992), apresentando propriedades que provem das relações de conexão e interação causal entre seus elementos. Ao mesmo tempo, exibem complexas delimitações que ocupam determinado espaço e tempo, sua existência é condicionada pelo funcionamento de seus elementos (CERVANTES-BORJA & ALFARO-SÁNCHEZ, 1998; MONTEIRO, 2000). Estas unidades podem ser identificadas pelos aspectos que as caracterizam interiormente, além das características que as diferenciam

estando em seu entorno, esses aspectos expressam o sistema dinâmico de vários fatores interligados (DALBEM et al., 2005).

Para tal classificação é necessário diferenciar e classificar as paisagens naturais, em seguida distinguir suas formas de ocupação. Na classificação das paisagens naturais é preciso fazer uma distinção entre tipologia e regionalização. A primeira consiste na semelhança e repetição dependendo de determinados parâmetros de homogeneidade, quanto a segunda, determina as unidades por sua personalidade e individualidade. Ambas se completam, mas não se tornam idênticas (VERSTAPPEN, 1983; RODRIGUEZ e SILVA 2002; RODRIGUEZ, 2002).

Existem alguns tipos de classificação por unidades de paisagem, tais como, zoneamento, unidade geoambiental e geossistemas, os quais serão detalhados a seguir:

O tipo de classificação por Zoneamento, quer dizer ordenar a partir de “zonas”, ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem, para tanto, deve-se identificar as potencialidades e fragilidades dessa. Caracteriza-se como uma estratégia metodológica, a fim de promover a ordenação territorial definindo unidades homogêneas a partir, da correlação de diferentes critérios e atributos que integram a unidade, nesse caso, possui um alto grau de associação entre os elementos constituintes, objetivando manter e/ou reestabelecer o equilíbrio ambiental e correlacionar com a gestão e planejamento territorial (FOLHARINI e OLIVEIRA, 2013; ZACHARIAS, 2010).

A classificação por unidade geoambiental trata-se de uma concepção integrativa de dados sobre relevo, solo, vegetação, geologia e hidrologia, origina-se do estudo unificado das condições naturais e está pautada numa análise integrada da paisagem a partir da caracterização, classificação, descrição e espacialização das diferentes unidades de paisagens naturais e tem por objetivo identificar suas potencialidades e restrições de uso, no qual a análise fisiográfica constitui a base para o reconhecimento inicial da paisagem (SILVA e DANTAS, 2010; MAGALHÃES e SILVA, 2010; CARDENAS, 1999);

Por fim, a outra possibilidade de classificação por unidades de paisagem é a partir dos geossistemas, essa categorização requer o reconhecimento e a análise dos componentes da natureza, sobretudo através das suas conexões, o que irá culminar na categorização das unidades com foco especialmente natural, apoiada nos elementos

físicos, no qual, sua organização espacial refletirá na análise da ocupação (GUERRA e MARÇAL, 2006; CRISTOFOLETTI, 1990).

Embora existam vários modelos para a classificação de unidades de paisagens, suas diferenças são pequenas variações conceituais ou apenas de nomenclatura, o mesmo ocorre na literatura internacional onde é possível observar diversos modelos cujo objetivos são similares. Sejam eles de origem russa, francesa, australiana, norte-americana, brasileira, entre outras, recebendo diversos nomes variados: Zoneamento ambiental, unidades Geoambientais, geossistemas, land system, paisagens naturais, geocomplexo, etc., porém, irão referir-se a mesma classificação (CAVALCANTI, 2013), sendo adotada como nomenclatura para essa pesquisa a classificação por unidade de paisagem.

1.3. PAISAGENS SEMIÁRIDAS

Os ambientes semiáridos caracterizam-se por apresentarem precipitações médias anuais entre 250 e 500 mm, embora no Brasil seja considerada uma média anual inferior a 800 mm, temperaturas médias altas, a partir de 27°, evapotranspiração potencial média de 1800 mm, podendo chegar alguns lugares e, em alguns anos, a 3000 mm. Para a classificação de um ambiente árido ou semiárido é aplicado o índice de aridez elaborado por Thornthwaite (1948), o cálculo é obtido a partir da diferença entre a quantidade de chuva e a evapotranspiração, se os valores obtidos variarem entre $0,21 < 0,50$, pode-se dizer que há uma área semiárida.

Geralmente, nesses ambientes o volume de precipitação é inferior ao de evapotranspiração o que atribui a área uma característica de déficit hídrico. Tais condições desfavorecem o escoamento, principalmente quando o desvio padrão anual das chuvas é muito alto, dificultando o armazenamento e infiltração de água. O escoamento superficial, geralmente existe quando ocorrem chuvas convectivas concentradas em um tempo mais curto (MATALLO JUNIOR, 2003; MMA, 2010).

O Nordeste seco denominado por Ab'Sáber (1999) e sertão nordestino por outros autores, hoje é intitulado corretamente de Semiárido brasileiro pelo fato de sua delimitação atual abranger o norte do estado de Minas Gerais, que por sua vez, não pertence a região Nordeste. O semiárido brasileiro possui uma área de aproximadamente 982.563,3 km², abrangendo todos os estados nordestinos com exceção do Maranhão e o norte do estado de Minas Gerais (10,5) totalizando 1.133 municípios, representa cerca de

18,3% do território brasileiro, 89,5% do Nordeste e 10,5% do estado de Minas Gerais (IBGE, 2005 e FUNDAJ, 2002).

A delimitação atual do Semiárido brasileiro foi instituída em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional (MIN), levando em consideração três critérios técnicos: Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; Índice de aridez de até 0,50 no período entre 1961 e 1990; e o Risco de seca maior que 60%, tomando por base o período entre 1970 e 1990, estando dentro desses três critérios, o município passa a integrar a área semiárida brasileira (IBGE, 2005; MIN, 2005; FUNDAJ, 2002).

O semiárido brasileiro diferencia-se dos demais do planeta, isso por ser caracterizado como o mais chuvoso e também o mais populoso, é uma das poucas regiões semiáridas do mundo com clima tropical. Sua proximidade ao equador o singulariza ainda mais, ou seja, não há ocorrência de neve no inverno e de aporte de água de degelo como é o caso da área semiárida do Chile, além do seu relevo composto por maciços e chapadas acima de 1000 m de altitude que permite alimentar os reservatórios de drenagem exorreica ao seu redor durante 5 a 7 meses (MALVEZZI, 2007; FUNDAJ, 2002; PASSOS e DUBREUIL, 2004).

A cobertura vegetal é dominada pelo bioma caatinga, uma palavra indígena, de origem tupi, que significa “mata-branca”, devido a seu aspecto esbranquiçado quando perde suas folhas no período seco como forma de adaptação a irregularidade das chuvas na região. Essa queda das folhas é essencial para evitar a perda excessiva de água, pois com a diminuição da turgescência, as raízes vão em busca de água nas camadas mais profundas do solo, por tal motivo, haverá um acúmulo da biomassa na raiz, em detrimento da parte aérea (PIMENTEL, 2004; SOUZA et al., 2010; DE LIMA, 2017). Esse fator está combinado a outras formas de adaptação, como a cor mais clara da casca para diminuir o aquecimento do tecido vivo da planta, a cor verde do caule para contribuir com a fotossíntese sem aumentar a superfície da planta colaborando com a eficiência vital e o armazenamento de água seja no caule, ou nas raízes a exemplo das cactáceas e do umbuzeiro (MAIA, 2004; VELOSO et al., 1992).

Contemporaneamente, a caatinga está dentro da classificação de matas ou bosques secos, e é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo, com menos de 10% da sua extensão original, embora essa tenha sido classificada como vegetação de savana, caracteriza-se por ter um dossel fechado, diferenciando-se de uma savana mais aberta e

rica em capim (VELOSO et al., 1992). Esse tipo de vegetação geralmente se desenvolve em regiões entre 20 e 10° de latitude, recobrem cerca de 2,4% da superfície terrestre e caracterizam-se por suportarem um longo período de estação seca, é por esse motivo que podem perder entre 50 e 100% de sua folhagem (BEZAURY, 2009; BANDA *et al.*, 2016).

A formação vegetação de caatinga é encontrada apenas no semiárido brasileiro, apresenta diversas características morfo-anatômicas e fisiológicas distintivas em resposta, principalmente, ao regime intermitente e reduzido da precipitação, bem como, ao tipo de solo e topografia. Suas espécies podem variar, desde perenifólia até decíduas ou caducifólias, o que dependerá do seu grau de sazonalidade e do potencial de reidratação e controle de perda de água (REICH & BORCHERT, 1984). A predominância nesse ambiente são as espécies decíduas, que também irá apresentar uma variação no grau de deciduidade de acordo com a reação aos déficits hídricos, desse modo, algumas espécies irão perder as folhas imediatamente após a estação chuvosa e outras irão se manter até o final da estação seca. Algumas espécies decíduas perdem as folhas no final da estação chuvosa e assim permanecerão entre quatro e seis meses, outras apresentam essa perda ao final da estação seca, dessa maneira, permanecem sem folhas de dois a três meses, ou seja, por um intervalo mais curto (BARBOSA, et al., 2003).

Embora possua uma diversidade biológica significativa se comparada a outras áreas semiáridas do planeta, ocorre em uma região que sofre expressivamente com a interferência antrópica. Estima-se que cerca de 45% já foi desmatada e as áreas que ainda restam estão em contínuo processo de fragmentação (MALVEZZI, 2007; SANTOS et al., 2007; LOIOLA et al., 2012; MMA, 2010; CASTELLETTI et al., 2004; INPE, 2015).

Com relação a geologia, cerca de 80% é de formação de rochas cristalinas, especialmente xistos e gnaisses. Essa predominância culminará em solos rasos que, consequentemente, fará com que haja baixas trocas de água entre o rio e o solo, dificultando a infiltração da água, resultando na existência de uma densa rede de rios temporários e classificando o semiárido como uma região de baixo potencial hidrogeológico. Além disso, 85% da região semiárida é composta por depressões interplanálticas, situadas entre maciços antigos e chapadas eventuais, formando intermináveis colinas sertanejas (CIRILO, 2008).

A região semiárida brasileira apresenta uma diversidade paisagística ainda pouco conhecida quanto a sua biodiversidade, os planaltos e depressões apresentam uma expressiva variedade de formas no conjunto de sua geologia, geomorfologia, clima, solos e vegetação, essa interação possibilitará a formação de diversos habitats e diferentes tipos de vegetação. Geologicamente, a região foi dividida em três áreas de acordo com a natureza do material originário: (1) as áreas do cristalino, com predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos; (2) as áreas recobertas por rochas sedimentares, mais ou menos arenosos e (3) áreas sedimentares recentes de depósitos fluviais (JACOMINE 1996; BRASIL, 1974).

Possui um relevo variável que irá contribuir para um elevado número de unidades de paisagem já classificadas na área por Rodal (2002), sua altitude média varia entre 400 e 500 m, chegando na Paraíba a atingir cerca de 1200 m, no Pico do Jabre no município de Maturéia. Caracteriza-se por um relevo plano à ondulado, estando a maior parte da região inserida na Depressão Sertaneja (superfície de pediplanação), tal área tem a ocorrência de cristas e outras elevações residuais (JACOMINE, 1973; KILL et al., 2005).

As chapadas são grandes unidades de relevo do semiárido que se destacam por apresentarem uma altitude superior a 800 m, platôs altos e extensos, possui solos profundos e pobres e vegetação de caatinga e cerrado. A exemplo, podem-se citar a chapada do Araripe (PE/CE), a Ibiapaba (CE) e a Chapada Diamantina (BA/MG) apresentando esta última, uma altitude que varia entre 600 e 1.300 m e seu relevo é geralmente acidentado, embora disponha de grandes superfícies planas de altitude. Seus solos são profundos, porém muito pobres nos topos dos platôs, e bastante rasos e pedregosos nas áreas de relevo acidentado. A vegetação é variada, sendo a maior parte do tipo caatinga hipoxerófila.

Destacam-se também os Maciços e Serras Baixas, com altitude entre 300 e 800 m, ocupa parte dos estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, tem característica de relevo pouco acidentado, com solos de alta fertilidade, a vegetação primitiva, apresenta-se atualmente muito degradada, podendo ser de florestas ou de caatingas.

O planalto da Borborema, que também se destaca como unidade de relevo expressiva dentro do semiárido, é uma unidade formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 e 1.000 m. Estende-se desde o sul de Alagoas até o Rio Grande do

Norte, seu relevo dispõe de vales profundos e estreitos e seus solos são pouco profundos e de fertilidade variada. A vegetação, em sua maioria, é de caatinga hipoxerófila, porém com grandes áreas de caatinga bastante seca nos Cariris e no Curimataú (PB) e trechos de florestas perenifólia, subcaducifólia e caducifólia nos brejos de altitude da parte leste do Planalto.

A última grande unidade de relevo do semiárido aqui apresentada é a Depressão Sertaneja, considerada a paisagem típica do semiárido, possui uma superfície de pediplanação bastante monótona, com relevo predominantemente suave ondulado e cortada por vales estreitos com vertentes dissecadas. Embora elevações residuais e cristas destacam-se no horizonte, sua existência pode ser explicada através dos ciclos intensos de erosão que no passado atingiram grande parte do sertão nordestino. A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila nas áreas menos secas, e a caatinga hiperxerófila nas áreas de seca mais acentuada. Estende-se por grande parte dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, já na Bahia, chega até Feira de Santana e, a leste, ocupa a calha do rio São Francisco, chegando até a região de Pirapora em Minas Gerais (Sá et al., 2004).

Como já foi mencionado, o clima destaca-se pela escassez e irregularidade das chuvas com variação entre 250 e 800 mm/ano, restrita a poucos meses do ano, porém, é necessário frisar que nas áreas de serras, que possuem uma variação de altitude, as chuvas podem chegar a atingir até 1.500mm/ano (ROCHA, 2009). Os solos da região têm relação direta com o clima, material de origem, relevo e vegetação, sendo de maiores ocorrências os Latossolos e Argissolos, além da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvisolos, geralmente caracterizam-se por serem pouco profundos e suscetíveis a erosão (CODEVASF, 1999). Áreas de geologia cristalina pode resultar na formação de aquíferos fissurais, ou seja, que são oriundos de águas presentes nas fraturas das rochas, geralmente de produtividade fraca, enquanto que em terrenos sedimentares os aquíferos são denominados porosos, originados das rochas sedimentares, são mais susceptíveis a poluição, por ser superficial e pouco profundo.

As áreas de serras, que por sua vez podem apresentar um maior regime de chuva, apresentam também um maior teor de água em superfície, que pode ser observado quando aplicado o Índice Topográfico de Umidade – ITU (*Topographic Wetness Index - TWI*), tal índice permite identificar por meio de dados topográficos a distribuição e potencial de umidade em superfície a partir da utilização do Sensoriamento Remoto, esse índice irá

permitir a análise da concentração da água na superfície e a velocidade com a qual ela é removida. (ALI et al., 2010; NEVES, 2005).

A partir da umidade presente no solo, podem existir dois cenários que irão gerar controles diferentes de hidrologia: um seco, no qual o índice irá variar entre 7 – 12, isso resultará num ambiente de solos rasos e mal drenados, e um úmido, no qual o índice varia entre 4-5, resultando em solos mais profundos e bem drenados, um dos fatores determinantes para a existência desses cenários é a variação de altitude (PRATES et al., 2012).

Essa resposta da hidrologia superficial aliada a hidrogeologia e aos tipos de rochas, manifesta-se diretamente na vegetação, que irá variar: nas áreas de topografia mais elevadas, apresentará uma característica de vegetação mais úmida perenifólia ou semidecíduais, por outro lado nas áreas de encostas e inselbergs em que predominam rochas cristalinas e em geral, apresentam um potencial hidrogeológico muito fraco a vegetação é mais seca ou caatinga arbórea, o que já é denominado por diversos autores de “caatingas” por haver essa diversidade de formações (FEITOSA et al., 2004; LEAL, et al., 2003).

A denominação “Caatingas” mostra as diferentes fitofisionomias da vegetação de modo, que as diversas nomenclaturas como caatinga arbórea, arbustiva, etc. são reunidas dentro de um grupo passando a ser chamado de “Caatingas” no plural. Também é atribuída essa nomenclatura devido ao fato da vegetação não se restringir a região geográfica nordestina, sendo também encontrada, por exemplo, no vale seco do rio Jequitinhonha em Minas Gerais (PRADO, 2003; ANDRADE-LIMA 1981);

A maior parte das caatingas estão localizadas nas depressões Inter planálticas, porém existem as áreas de exceção como a chapada do raso da Catarina, a faixa da Borborema na Paraíba, ou o platô Apodi no Rio Grande do Norte, nesse caso, a vegetação também é encontrada nos planaltos e é justamente essa diferenciação dos fatores abióticos das áreas, em termos de, relevo, geologia, solos e clima local, que resultará na resposta hidrológica superficial e favorecerá a diversidade da vegetação (PRADO, 2003; ANDRADE-LIMA 1981; AB’SÁBER 1974).

Diante da diversidade paisagística do semiárido brasileiro é comum serem encontradas áreas de pedimento, planalto sedimentar, bacia sedimentar e áreas elevadas da Borborema.

Os pedimentos são superfícies erosivas esculpidas em embasamento cristalino que possuem inclinação suave, e podem ser capeadas por material detrítico descontínuo. Geralmente situados na periferia de áreas montanhosas que sofreram degradação lateral da paisagem, apresentam forte ângulo no contato com a vertente montanhosa, enquanto a jusante, suaviza-se com a deposição detrítica em direção aos vales ou depressões. As paisagens de pedimentos estão associadas aos inselbergs que formam verdadeiras ilhas de rochas dentro do semiárido e às cristas, áreas superiores do relevo que possuem declividade acima de 30° (SOUZA et al., 2010; IBGE, 2009, SUGUIO, 1998).

Os planaltos e bacias sedimentares são cercados por depressões periféricas ou marginais. Os planaltos têm a característica de apresentar relevos escarpados por características de frente de costas (ROSS, 1988) e as bacias sedimentares são depressões formadas por sedimentos depositados da litosfera ou em alguns casos materiais vulcânicos (BAHIA, 2007).

Outro tipo de paisagem encontrada no semiárido brasileiro é referente as áreas elevadas da Borborema, trata-se de uma área que se originou através de processos epirogenéticos e sucessivos aplainamentos escalonados ocorridos ao longo do Cenozoico e geologicamente predominam rochas do Pré-Cambriano, caracterizando-se por ser um planalto cristalino (SILVA, 2012; CORRÊA et al., 2010). De modo geral, possui uma estrutura elevada e de topografia irregular, com altitudes dominantes entre 400 e 900 m, podendo em algumas áreas chegar até mais de 1.100 m, sua maior extensão encontra-se em ambiente semiárido. As áreas elevadas da Borborema além de uma maior altitude, diferenciam-se pelo clima mais úmido, temperaturas mais amenas e solos mais profundos e com maior teor de matéria orgânica e presença de uma vegetação úmida com característica de floresta.

Tal quadro é resultante da disposição leste-oeste do planalto, que será primordial para exercer uma influência na paisagem natural da região, o fato de estar voltado para o oceano Atlântico a barlavento, faz com que receba as massas de ar úmidas que irão produzir chuvas orográficas e garantem uma maior umidade local, em contrapartida a região a sotavento, ou seja, a parte oeste voltada para o sertão, recebe essas massas de ar bem secas, não havendo como provocar as chuvas locais. Tal situação torna o planalto da Borborema como elemento diferenciador da paisagem local e explica a particularidade das áreas mais elevadas (ARAÚJO FILHO, 2011; CORRÊA et al., 2010).

1.4. SERRAS ÚMIDAS E ENCLAVES SUBÚMIDOS EM ÁREAS SEMIÁRIDAS

O semiárido brasileiro também se caracteriza por dispor de áreas que irão se diferenciar de outras principalmente por sua disposição orográfica que possibilitará um desenvolvimento diferenciado do regime de chuvas, solos e vegetação. Tais áreas são denominadas como áreas de exceção dentro dos espaços secos, sendo o principal exemplo relacionado aos planaltos sedimentares, como a Chapada do Araripe e Serra da Ibiapaba e as áreas elevadas da Borborema.

Um dos pioneiros a tratar dessas áreas de exceção no Brasil foi Ab'Sáber (1999), que iniciou essa discussão denominando-as de brejos de altitude ou serras úmidas que de acordo com o autor, essas constituem verdadeiras ilhas de umidade propiciando solos férteis em variados pontos dos sertões secos. Essas áreas conseguem mudar a monotonia das condições físicas e ecológicas dos sertões secos, enriquecendo a produtividade agrária local e sendo palco de agrupamentos de nascentes ou fontes, dispondo de uma significativa importância.

Outra classificação para essas áreas de exceção dentro do semiárido seco são os enclaves subúmidos, alguns autores colocam-nas como sinônimo dos brejos de altitudes como é o caso de Bértad et al. (2007). Se assemelham as outras classificações por se constituírem também como áreas úmidas de exceção climática em meio as terras secas, porém são montanhas isoladas de altitudes médias ou baixas (600 – 1200m) e possuem superfícies de piso aplainados. Constituem-se como barreiras aos alísios úmidos o que irá favorecer uma pluviosidade elevada (1200-2000mm/ano) (BÉRTAD ET al., 2007).

Essas ilhas de umidade geralmente apresentam vegetação do tipo floresta perenifólia denominada também de mata úmida ou de matas serranas plúvio-nebulares, que são características de áreas mais úmidas. Apresentam também florestas subperenifólia, florestas subcaducifólia ou matas secas, cerrados e cerradões, além das faixas de transição entre caatinga hipoxerófila/cerrado e cerrado/ floresta (SOUZA e OLIVEIRA, 2006; BÉRTAD ET al., 2007). Geralmente as espécies encontradas nessas áreas são da família Myrtaceae, Rubiaceae, que são típicas de matas úmidas, e Asteraceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae, espécies consideradas bem representativas na caatinga (FERREIRA, et al., 1998; PEREIRA et al., 2010).

A cobertura vegetal desses ambientes tem sofrido forte interferência antrópica, na maioria dos casos vegetação original encontra-se bem reduzida e após sua retirada, se o

solo não tiver aproveitamento agrícola, irão se instalar formações secundárias, resultado do rebroto de tocos e raízes, germinação de sementes caídas, bem como a penetração de espécies invasores. Essas formações passam por diferentes estágios de desenvolvimento e quando não há forte degradação dos recursos naturais, existira uma tendência para uma dinâmica progressiva, ou seja, sua regeneração tende para condições ecológicas próximas das formações originais. Por outro lado, se houver a degradação do solo a dinâmica é regressiva e as condições dos recursos naturais tendem a uma deterioração, geralmente ocorre em vertentes mais íngremes, e a vegetação que irá se instalar terá uma característica mais resistente as condições antrópicas, como espécies arbustivas ou arbóreo-arbustivas componentes da comunidade de cerrados ou das caatingas (SOUZA e OLIVEIRA, 2006).

Essas áreas representam 5% do sertão e são consideradas como elementos de significativa importância para a economia regional, pois constituem setores para a produção agrícola. Apesar de sua fundamental importância, são áreas ainda pouco exploradas, principalmente no que diz respeito aos componentes abióticos da paisagem (BÉRTAD et al., 2007 e SOUZA e OLIVEIRA, 2006).

A serra da Ibiapaba de natureza sedimentar, localizada no estado do Ceará, é um exemplo de enclave úmido dentro da região semiárida, dessa maneira é classificada como uma área de condições climáticas mais agradáveis do estado, está situada numa região de barlavento e dessa maneira possui maior diversidade de fauna e flora. Constituída por rochas predominantemente arenitos grosseiros com intercalações de arenitos finos, micáceos e laminados, possui uma altitude média entre 700 e 800m, a pluviometria média anual é superior a 1.100 mm. Dispõe de uma floresta subperenifólia, porém, com poucos resquícios e um tanto descaracterizada. Nos pés-de-serras subúmidos apresenta uma mata subcaducifólia que se associa com a caatinga arbórea e densa (PEIXOTO E SALES, 2012; SOUSA FILHO E SALES, 2009).

O maciço da Serra da Baixa Verde, individualizada por ser um maciço residual, também se enquadra como uma área de exceção dentro do semiárido, está localizado no centro norte do estado de Pernambuco e integra o alto divisor hidrográfico entre os estados de Pernambuco e Paraíba. Encontra-se em terrenos cristalinos da Província Estrutural da Borborema e devido à disposição do relevo e sua altitude de aproximadamente 1.100 m e uma maior umidade, irá apresentar nas áreas acima de 900

m uma vegetação de floresta estacional subcaducifólia também conhecida como mata (CORRÊA, 2001).

Outra área de exceção inserida no semiárido e caracterizada como um enclave é a Chapada do Araripe, situa-se no extremo sul do estado do Ceará e é caracterizado como uma das áreas mais singulares dentre as áreas úmidas de exceção do contexto semiárido nordestino, seus níveis altimétricos são em torno de 850 à 900mm. Sua geologia é composta por materiais pertencentes à bacia sedimentar do Araripe, que se expande pelos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí SOUZA e OLIVEIRA, 2006).

1.5. SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DA VEGETAÇÃO

O SR tem se constituído uma das mais bem-sucedidas técnicas de coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global, regional e local. Sendo atualmente aliada à diversas ciências, entre elas a Geografia, que se utilizam de suas aplicações nas áreas de levantamentos de recursos naturais e mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, estudos de clima urbano, entre outras (MENESES e MADEIRA NETO, 2001).

Diversas aplicações são feitas a partir do uso das técnicas de SR nos estudos dos recursos naturais, os principais objetos a serem estudados na superfície são água, rocha, solos e vegetação, em qualquer que seja o objeto a ser analisado é necessário que haja o processamento da informação por meio da Radiação eletromagnética (REM). Machado (2015), identificou as alterações na superfície no Parque Nacional do Catimbau, uma unidade de conservação (UC) criada em 2002 e localizada no semiárido pernambucano, mais precisamente numa área de transição entre Agreste e Sertão. A autora determinou a acurácia do saldo de radiação e da evapotranspiração, a partir da estimativa com algoritmos Sebal e Metric, detectou as alterações no uso e cobertura da terra e estimou o balanço de energia.

No estado da Paraíba, Monteiro e Souza (2015), fizeram uma identificação das unidades de paisagem e da degradação ambiental na APA das Onças, utilizando o índice de vegetação ajustado ao solo (IVAS). Essa também é uma unidade de conservação criada em 2002, está localizada no Cariri paraibano e caracteriza-se por ser a maior UC do estado. Em Campina Grande, Araújo (2015) utilizou as técnicas de SR para a

identificação das mudanças ambientais ocorridas em um intervalo de 19 anos. A autora identificou onde houve aumento ou perda de vegetação, através da técnica de detecção de mudança, aferiu a temperatura à superfície e identificou as áreas de ilha de calor na área urbana do município.

Tratando especificamente de vegetação a análise é feita a partir da energia refletida pelas espécies vegetais, embora a absorção do espectro, a partir dos pigmentos de tais espécies se propaga na faixa do visível (VIS) entre 0,40-0,72 (SILVA, 2012; PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Habitualmente, como qualquer objeto sobre o qual irá incidir a radiação, existem três fenômenos que descrevem o processo de interação da vegetação com a REM: reflectância, transmitância e absortância, assim, as frações espectrais da radiação incidente que serão refletidas, transmitidas e absorvidas dependerão essencialmente das características físico-químicas da vegetação. A análise conjunta desses três fenômenos compõe o que é denominado de Comportamento espectral da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

As folhas desempenham grande importância na interação do fluxo radiante com a vegetação. Sua estrutura se revela como uma espécie de relevo na reflectância espectral, isso devido aos detalhes da anatomia e fisiologia foliar, esses apresentam funções variadas no processo de interação. Na resposta espectral de uma folha é considerável três grandes faixas do espectro: o visível em que seus pigmentos absorvem a energia incidente e haverá uma reflectância baixa, o infravermelho próximo que apresentará uma reflectância relativamente alta e o infravermelho médio com reflectância relativamente baixa (VALERIANO, 2003; KNIPLING, 1970 apud VALERIANO, 2003; ESAU, 1974).

Ao estudar a reflectância de um dossel, alguns fatores irão exercer influência. A fonte de radiação, a atmosfera, sombras e a própria morfologia do dossel irão atuar juntamente com a reflectância das folhas, nesse caso a reflectância de um dossel é considerada mais baixa do que de uma folha isolada, sua reflectância em comparação com a da folha é de 40% no visível e 70% no infravermelho próximo (VALERIANO, 2003).

A vegetação de Caatinga, por possuir a especificidade de perder parte das suas folhas em determinado período do ano, sofrerá forte influência do solo em sua resposta espectral. A atuação do solo estará ligada a absorção da energia emitida e recebida pela superfície terrestre devido a sua constituição mineral, matéria orgânica, umidade e granulometria.

Na região do visível, o comportamento espectral do solo apresentará uma característica mais uniforme, o que irá indicar uma variação menor da energia refletida em relação a vegetação, que por sua vez, possuirá uma maior reflectância nessa mesma faixa espectral, esse motivo indica que ambos os comportamentos espectrais devem estar relacionados (MALDONADO, 2004; FLORENZANO, 2011; MONTEIRO, 2013).

As análises de vegetação do semiárido são consideradas bem mais complexas, pois além da influência pedológica, tem-se a atuação do clima sobre o seu comportamento espectral. A precipitação é um dos elementos que podem gerar um falso resultado nas análises por imagens de satélites. Havendo a ocorrência da precipitação dias antes do imageamento por sensores, a vegetação devido a sua característica de adaptação ao clima pode recuperar suas folhas rapidamente. Se em uma análise espaço-temporal, por exemplo, estiver sendo comparadas imagens de período seco e período chuvoso, respectivamente, possivelmente a resposta será de uma regeneração da vegetação, quando na verdade, no primeiro intervalo de análise, a vegetação encontra-se em período de perda de sua folhagem, tal fato, pode gerar graves erros de interpretações e falsos resultados. Oliveira *et al.* (2009), fizeram uma análise sobre o comportamento da vegetação de caatinga no período seco e chuvoso dos anos de 2003 e 2004, embora tenham buscado efetuar a análise numa perspectiva sazonal, não tratam sobre os mecanismos de perda e ganho de folhas da vegetação.

O estudo da vegetação geralmente está associado a aplicações de índices. Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, comumente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético, são comumente utilizados para o estudo da vegetação. Resultam de operações algébricas entre os valores de reflectância utilizando pelo menos duas bandas espectrais, tendo por objetivo a extração e ampliação das informações da vegetação e a minimização dos efeitos do ambiente (SILVA, 2012; JACKSON & HUETE, 1991 EPIPHANIO *et al.*, 1996).

A utilização desses índices facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa além de através do infravermelho facilitar a identificação de importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO *et al.*, 1996), os índices de vegetação mais comumente utilizados são:

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI): é um indicador da condição da vegetação verde. (ROUSE et al. 1973). Segundo Jensen (2009), o IVDN possui uma grande importância, pois está concentrado em dois aspectos principais: o monitoramento de mudanças sazonais, bem como, interanuais da atividade e do desenvolvimento da vegetação e na redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar, através da razão. Porém, é possível encontrar algumas limitações, tais como a influência de radiância de trajetória atmosférica, além de apresentar sensibilidade às mudanças do substrato do dossel, através da interferência do solo e os efeitos de umidade. Essas limitações implicam nos resultados obtidos.

Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo-IVAS (Soil Adjusted Vegetation Index- SAVI): apresenta um fator de correção para o efeito de *background* do solo, sendo bastante utilizado em áreas semiáridas (HUETE, 1988).

Índice de Área Foliar-IAF (Leaf Area Index - LAI): é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. É um indicador da biomassa de cada pixel da imagem (ALLEN et al., 2002). Por ser um parâmetro estrutural da vegetação, esse índice, é de grande importância em análises quantitativas de processos físicos e biológicos relativos à dinâmica da vegetação.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos para a interpretação de dados sobre vegetação no semiárido brasileiro. A maioria deles, estão voltados a comparação das respostas espectrais entre diferentes índices de vegetação, identificação de áreas degradadas, além de classificação por unidades de paisagem. As pesquisas voltadas para a caatinga, estão pautadas na importância que possui por ser um bioma exclusivo e por sua rica biodiversidade (CHAVES et al., 2013; FRANCISCO et al., 2013; MONTEIRO, 2013; MONTEIRO e SOUZA, 2015; LIMA e SOUZA, 2015).

CAPÍTULO II



METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos, foi necessária a sistematização de alguns procedimentos metodológicos, dentre eles: **a)** a elaboração de mapeamentos para uma caracterização geoambiental da área; **b)** visitas a campo para a coleta de dados e a validação dos dados obtidos por sensores; **c)** obtenção de dados meteorológicos para identificar quais dos parâmetros biofísicos dependem menos da sua influência; **d)** escolha dos anos considerados seco e chuvoso para análise da vegetação; **e)** aplicação dos índices do terreno e de vegetação para identificar a relação entre a topografia e a umidade na manutenção da vegetação; **f)** correlação de Pearson, para identificar estatisticamente a correlação linear entre as duas variáveis e **g)** classificação de unidade de paisagem e identificação do complexo de serras quanto ao perfil de enclaves subúmbidos.

2.1.1. Mapeamento temático

Os dados para as estimativas através das técnicas de SR foram obtidos através do *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Os dados meteorológicos, referentes a precipitação diária entre os anos de 2005 e 2016, são oriundos do banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESA). Quanto aos dados geológicos e de solo, foram provenientes da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE, já os geomorfológicos foram obtidos da base de dados do mapeamento de geodiversidade da Paraíba no Geobank – CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Por fim, foi possível, a partir do trabalho de campo, efetuar a comparação e validação dos dados estimados por sensores. Cada tópico da metodologia explicará detalhadamente quais os dados utilizados e quais métodos e técnicas aplicados.

O mapeamento temático tem a finalidade de especializar as informações ambientais e integrar as informações, para que dessa maneira fosse possível realizar a classificação por unidade de paisagem. Foram elaborados mapas de solos, geologia, hipsometria, declividade, drenagem, mapa geomorfológico, mapa do índice topográfico de umidade e precipitação. O MDE utilizado para o mapeamento foi o da Missão Topográfica Radar Shuttle - SRTM que apresenta resolução espacial de 30 m, essa resolução espacial permite uma análise mais detalhada, se comparada ao SRTM de 90 m. Os produtos são referentes a localização 06S39ZN e 07S39ZN, para abarcar toda a área, foi feito um mosaico das duas imagens, vale ressaltar, que todo o tratamento dos dados para o mapeamento temático foi efetuado nos *softwares* Erdas e Arcgis 10, licenciado

para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O entendimento da base geológica, geomorfológica, pedológica e climática da área permitiu explicar quanto a diversidade da vegetação, desse modo, os dados dos mapas de geologia e solos, foram oriundos da base de dados do IBGE. Os dados geomorfológicos foram obtidos a partir da base de dados do mapeamento de geodiversidade da Paraíba no Geobank – CPRM. O fato da área de estudo possuir considerável altitude, foi primordial a obtenção da hipsometria e declividade. A declividade foi gerada em graus (°) de acordo com a classificação da CPRM (2016), a drenagem foi gerada de forma automática.

O mapa de isoietas teve como base os dados de precipitação dos municípios que estão ao redor das Serras, nesse caso, foram identificados 11: Cajazeiras, Nazarezinho, São José da Lagoa Tapada, Coremas, Catingueira, Carrapateira, Aguiar, São Joé de Piranhas, Emas, Sousa e Igaracy. Os dados foram disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA-PB) e consistiu na precipitação diária dos últimos 11 anos. Para elaboração do mapa da precipitação, foi criada uma shapefile de pontos, espacializando os postos pluviométricos e inserindo as informações numa tabela de atributos, logo após foi realizada a interpolação, para obtenção das superfícies contínuas dos parâmetros climáticos em questão, por fim, foram geradas as isoietas de 30m, todo o processamento foi feito a partir do interpolador IDW no software *Arcgis*.

2.1.2. Variação da vegetação nos anos seco e chuvoso

Escolha dos anos

A escolha dos anos surgiu da necessidade de verificar a variação da biomassa da vegetação, quanto a sua perda de folhas e em seguida relacionar com a distribuição da umidade a partir do cálculo do Índice Topográfico de Umidade (ITU). Para tanto, foi utilizada a técnica de quantis, seguindo a mesma metodologia de Sena (2017). Esta técnica baseia-se na distribuição da frequência acumulada, possibilitando estabelecer ou delimitar faixas com regimes de chuvas diferenciados, a exemplo: extremamente seco (ES), muito seco (MS), seco (S), normal ou habitual (N ou H), chuvoso (C), muito chuvoso (MC) e extremamente chuvoso (EC). Para esse trabalho foram adotadas apenas

as classificações S e C, seguindo as ordens quantílicas de probabilidade 0,15 e 0,85, respectivamente.

Para a obtenção do cálculo dos quantis de qualquer série de dados de chuva é necessário:

1. obter as observações (precipitação anual), no qual N será o número de observações (anos);
2. Ordenar os dados (y);
3. Confirmar qual o número de ordem(j) de cada elemento da série anteriormente ordenada (y_j);
4. Para cada elemento y_j deve ser determinada a ordem quantílica (p_j), que lhe corresponde (Equação 1);

$$P_j = \frac{j}{(N + 1)} \quad (1)$$

5. Por fim, para o cálculo do quantil Q_p , para uma ordem quantílica p , segue-se

- a- Se p coincidir com algum p_j já obtido através de (1) tem-se (Equação 2),

$$Q_p = Q_{p_j} = y_j \quad (2)$$

- b- Se p não coincidir, haverá um índice j tal que $p_j < p < p_{j+1}$, onde, Q_p será obtido por interpolação como segue (Equação 3):

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} * [y_{j+1} - y_j] \quad (3)$$

Após os cálculos dos quantis, foram escolhidos os anos de 2008 e 2015, classificados como Chuvoso e Seco, respectivamente.

Identificação da Variação da vegetação por meio de imagens de satélite

Após a identificação dos anos, verificou-se a disponibilidade das imagens de satélite que estivessem sem nuvem para a área, a primeira foi escolhida o mais próximo possível ao período chuvoso e a partir dessa foram obtidas todas as imagens seguintes até o final do período seco. Para tanto, foram selecionados os dados dos sensores TM e OLI, abordo dos satélites *Landsat 5* e *8* (L5 e L8), respectivamente, devido ao equilíbrio

vantajoso entre suas resoluções, espacial, espectral e temporal para estudos ambientais. Desta coleção de dados, foram adquiridas 12 imagens de órbita e ponto 216-65, nos períodos seco e chuvoso (Tabela 1).

Tabela 1: Data e Sensor das imagens

TM - Landsat 5	OLI - Landsat 8
23-06-2008	27-04-2015
29-08-2008	13-05-2015
01-11-2008	04-10-2015
17-11-2008	05-11-2015
19-12-2008	07-12-2015
	18-07-2016
	07-09-2017

As imagens tiveram as informações presentes em suas bandas do vermelho (ρ_v) e infravermelho próximo (ρ_{iv}) empilhadas, ou seja, agrupadas de modo que possibilitem a realização das demais calibrações e correções de uma única vez, a escolha dessas bandas espectrais se dar ao fato do objetivo da pesquisa está relacionada com vegetação, sendo as outras faixas espectrais desnecessárias para o estudo da vegetação, por tal motivo, as demais foram descartadas. As imagens foram recortadas conforme a delimitação territorial da área de estudo e em seguida reprojetadas.

O processamento das imagens de satélite foi iniciado com a calibração radiométrica proposta por Markham & Baker (1987), que para o Landsat 5 pode ser efetuada através da fórmula a seguir (Equação 4):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (4)$$

em que a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima; ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e i corresponde as bandas (1, 2, ... e 7) do satélite *Landsat 5 – TM*.

Em sequência foi feita a razão entre o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo de radiação solar incidente segundo equação indicada por Bastiaanssen et al. (1995); Allen et al. (2002) e Silva et al. (2005), obtida para o L5 através da seguinte fórmula (Equação 5):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (5)$$

onde L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Para o Landsat 8, o processamento da calibração radiométrica é necessário apenas para a estimativa da temperatura, levando em consideração que esse não é o objetivo do trabalho, esse passo foi descartado seguindo imediatamente para cômputo da refletância que pôde ser obtido a partir da seguinte fórmula também disponibilizada pelo USGS (2015) (Equação 6):

$$\rho_{\lambda'} = \frac{(M_{\rho} * Q_{cal} + A_{\rho})}{\cos Z} \quad (6)$$

onde: $\rho_{\lambda'}$ = refletância planetária, sem correção para o ângulo solar. M_{ρ} é o fator multiplicativo (disponível nos metadados), A_{ρ} = é o fator aditivo (disponível nos metadados) e Q_{cal} = valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

2.1.3. Índices de vegetação

Diversas pesquisas desenvolvidas no semiárido brasileiro utilizaram como índice de vegetação o IVAS, devido seu fator de correção ao efeito de *background* do solo. Esse índice já foi citado por diversos autores como o mais eficaz para a vegetação de caatinga, devido ao fato desta vegetação perder as folhas no período seco e o solo interferir no seu processo de refletância. Embora o IVAS, seja eficaz para o semiárido, não se pode generalizar e utilizá-lo como prioridade. As áreas de exceção dentro do semiárido vão apresentar uma vegetação de caatinga diferente do habitual, para tanto, surgiu a necessidade de identificar qual dos índices (IVDN ou IVAS) traria uma resposta mais próxima da realidade desta vegetação para a área em estudo.

Foram testados dois índices de vegetação, para identificar qual respondia melhor as condições da vegetação da área. O primeiro foi o IVDN é obtido por meio da razão entre a diferença das refletividades das bandas do Infravermelho próximo (ρ_{iv}) e do vermelho (ρ_v), pela soma das mesmas, de acordo com a seguinte fórmula (Equação 7) descrita por Rouse et al. (1973):

$$IVDN = (\rho_{iv} - \rho_v) / (\rho_{iv} + \rho_v) \quad (7)$$

O segundo índice testado foi o IVAS (Soil Adjusted Vegetation Index- SAVI), busca amenizar os efeitos do *background* do solo, descrito a seguir (HUETE, 1988) (Equação 8):

$$IVAS = (1 + L) * \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{L + \rho_{iv} + \rho_v} \quad (8)$$

onde L é um fator de função da densidade da vegetação e sua determinação requer um conhecimento *a priori* da quantidade de vegetação, ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho. Esse fator de correção pode variar de acordo com três condições distintas de vegetação: usa-se L= 1 para o solo totalmente nu ou com pouca vegetação, L= 0,5 quando há um padrão médio de cobertura vegetal e L= 0,25 se houver uma cobertura completa de vegetação (HUETE, 1998; RIBEIRO et al., 2016). Para a área em estudo, utilizou-se L= 0,5.

A classificação dos índices foi feita no ArcGis, através do método por quantil, nesse método cada classe contém um número igual de feições, por exemplo, 5 por classe ou 10 por classe. Não há nenhuma classe vazia ou classes com poucos ou muitos valores. Essa classificação é bem aplicada para dados distribuídos linearmente (uniformemente) e se for preciso ter o mesmo número de feições ou valores em cada classe (ESRI, 2016). Nesse caso, para identificar se os índices apresentavam respostas diferentes ou semelhantes, essa foi a classificação que mais se adequou.

2.1.4. Índice topográfico de Umidade (ITU)

O índice topográfico de umidade está relacionado com a umidade do solo e sua capacidade de escoamento, visto que, os perfis com maior umidade estão mais susceptíveis de tornar-se saturados, dessa maneira ao incidir a precipitação sobre o terreno será mais rápido o escoamento. (HARDY, 2010; ROA LOBO e ULRICH, 2012). Esse índice foi desenvolvido pela primeira vez por Beven e Kirkby (1979) e pode ser calculado a partir da seguinte fórmula (Equação 9):

$$ln = (\alpha / \tan\beta) \quad (9)$$

onde, ln é o logaritmo neperiano, α é a área acumulada (m²) e a $\tan\beta$ é a declividade do terreno (radiano).

Assim, esse modelo, expressa de forma parcial o volume relativo e a quantidade de movimento de fluxo que passar em cada ponto do solo. Quanto maior os valores do ITU, significa dizer que maior é a umidade daquele ponto, baseado na configuração topográfica, quando houver uma inclinação maior, menor será a concentração de umidade naquela área, por sua vez, possuirá solos menos encharcados, áreas com elevados valores de ITU são zonas de concentração de água. A precisão desse índice estará relacionada com a precisão da escala usada para gerar do modelo digital de elevação (ALCANTARA-AYALA, 2000; ROA e ULRICH, 2012).

2.1.5. Correlação de Pearson

Para identificar se há uma correlação entre o índice topográfico de umidade e a variação da vegetação foi feita a correlação de Pearson no software Excel, para identificar estatisticamente a correlação linear entre essas as duas variáveis. O coeficiente de correlação pode variar de -1 a +1. Quanto maior for o valor absoluto do coeficiente, mais forte é a relação entre as variáveis. Um valor absoluto de 1 indica uma relação linear perfeita, se for mais próxima de 0 indicará que não há relação linear entre as variáveis.

2.1.6. Trabalho de campo

Foi efetuada a primeira ida a campo, entre os dias 28-06 e 01-07-2016, o objetivo foi de realizar o primeiro contato com a área e identificar as primeiras informações, quanto aos aspectos naturais, como relevo, clima local, vegetação, geologia, tratou-se de uma análise superficial da paisagem, nele, também já foram definidos os pontos para serem trabalhados. Foram escolhidos 13 pontos, que tivessem um grau de vegetação com declividade e altitude variadas, mas que ao final, esses fossem representativos de toda a área. Todas as imagens que estão ilustrando as análises do período chuvoso foram retiradas entre os dias do primeiro trabalho de campo. A segunda visita de campo foi entre os dias 01 e 06-09-2017, com o objetivo de validar os dados obtidos por Sensoriamento Remoto e corroborar os resultados dos índices de vegetação, desse modo, verificou-se se as áreas que apresentavam altos valores e representavam áreas de vegetação eram, de fato, verdadeiros. Todas as imagens que ilustraram as análises do período seco foram retiradas entre os dias do segundo trabalho de campo.

2.1.7. Classificação por Unidades de Paisagens – UP

A classificação das unidades de paisagens foi feita a partir da integração dos dados de altitude, declividade, uso e ocupação da superfície e vegetação, no *software ArcGis*. Após a análise da diferenciação desses três fatores foi possível identificar quais as áreas que apresentavam uma potencialidade para a divisão, nesse caso foram categorizadas 4 unidades de paisagem. Também foi identificado se o complexo de serras se encaixaria no perfil de enclave subúmido.

2.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O complexo de Serras está localizado na região semiárida brasileira, mais precisamente no sertão do estado da Paraíba, estende-se por uma área de aproximadamente 328,3 km², abrangendo 13 municípios, desde o município de Cajazeiras até Condado e está inserido nas microrregiões de Cajazeiras e Sousa (Figura 1). É uma área de significativa importância dentro do Sertão, visto que, alberga um dos poucos lugares com caatinga do tipo florestal, graças ao conjunto dos fatores microclimáticos e geomorfológicos que a torna um lugar privilegiado dentro do semiárido. Além de contar com uma grande quantidade de nascentes que alimenta o açude Mãe d'Água/Coremas, maior da Paraíba.

Devido suas características peculiares dentro do sertão de clima seco, o complexo de serras desperta um interesse para a conservação, para o qual já existe uma proposta de criação de um parque estadual, intitulado como Parque Estadual Serras das Águas Sertanejas – PESAS, esse está em fase de implementação e presa pela preservação das fontes de água, tão essencial na região semiárida.

Figura 1. Localização do complexo de Serras do Sertão – PB



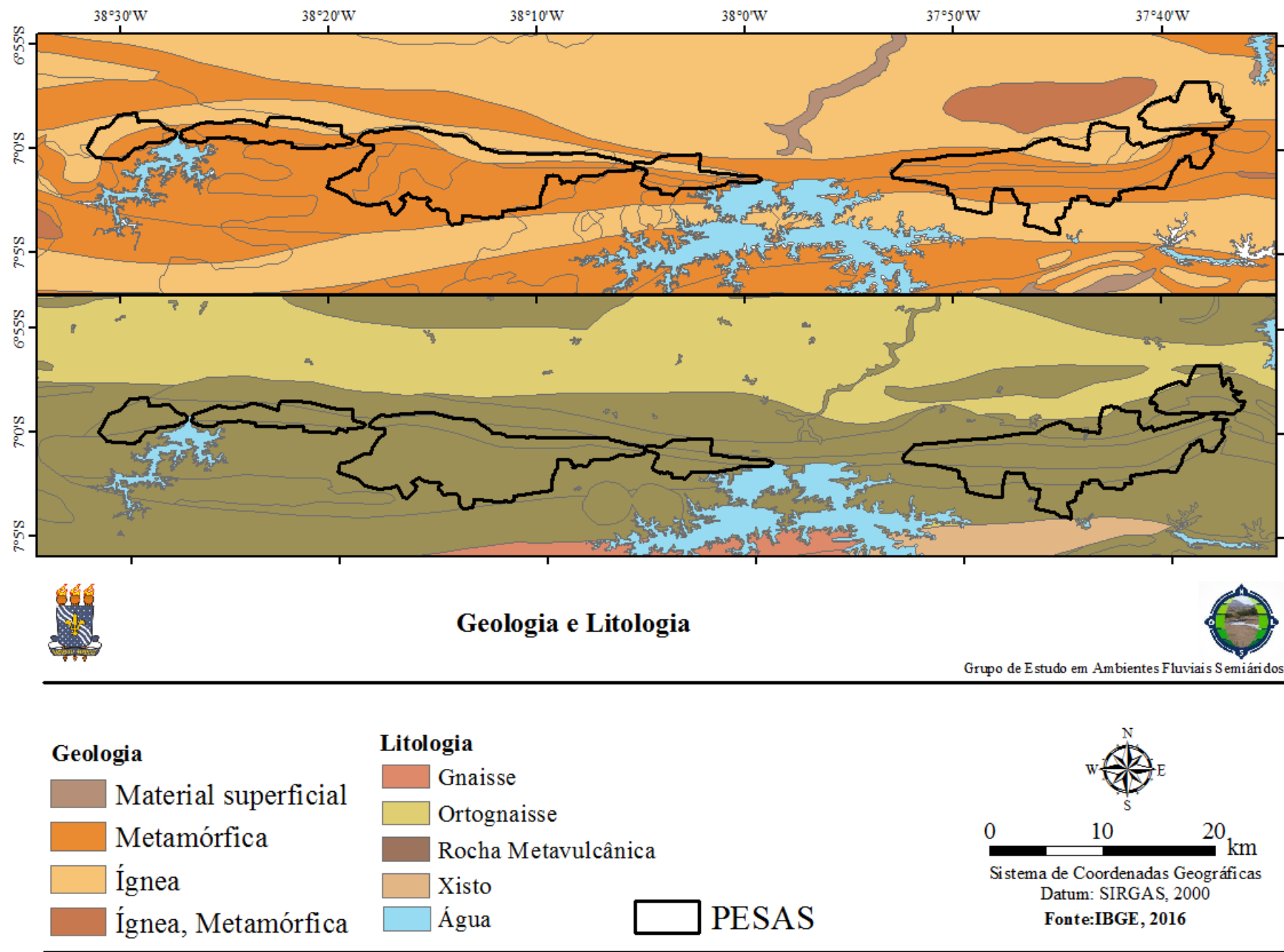
2.3. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL

O sistema de evolução da paisagem pode ser entendido a partir da análise conjunta dos seus elementos, a geologia e o clima terão influência direta sobre os demais componentes Geoambientais. As características tectônicas e litológicas interagem com os demais fatores do ambiente, a exemplo, das condições geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas, estando essas totalmente interligadas, a ponto de uma explicar a existência da outra, enquanto o clima por meio dos seus respectivos processos dará resposta a dissecação do relevo. Por exemplo, as diferenças litológicas respondem, ora pela gênese de cristas estruturais (litologia resistente), ora pelo entalhamento da drenagem (litologia friável), por outro lado, a intensidade tectônica irá refletir, juntamente com a existência de falhas ou fraturas, no grau de entalhamento da drenagem, por fim, o clima é responsável pela modelagem dessas formas (CASSETI, 2005). Desse modo a análise integrada desses componentes permite discutir a estrutura da paisagem.

O complexo das serras sertanejas constitui-se por rochas metamórficas, sua geologia é datada do Pré-cambriano, mas especificamente há cerca de 2,5 bilhões de anos no período Paleoproterozóico. Inseridas no Lineamento de Patos e seccionada no sentido E – W, as serras sertanejas são parte de uma megaestrutura da Província da Borborema. A área, bem como boa parte das formações estruturais do Nordeste setentrional, sofreu intenso processo de tectonismo, o que ocasionou fratura e cisalhamento, o resultado foi um relevo fortemente acidentado com alinhamentos de cristas (MACHADO, 2012; MAIA et al., 2010; SOUSA, 2011).

A área está inserida no Complexo Gnáissico Migmatítico, é possível identificar na porção norte uma estrutura composta por ortognaisses advindas do período Arqueano/Paleoproterozóico. Vale salientar que a área possui em sua estrutura rochas metavulcânicas e xistos (Figura 2).

Figura 2. Geologia e Litologia



Em sua geomorfologia, o complexo de serras caracteriza-se por apresentar vertentes íngremes com uma variação hipsométrica entre 179 e 856 m, e o clima semiárido por meio dos seus respectivos processos dará resposta a dissecação do relevo, expondo a estrutura por meio da erosão diferencial, possibilitando a formação um alinhamento de crista, ou seja, uma intersecção entre o plano das vertentes, constituída por uma linha de cota maior, a partir da qual irão divergir os dois declives das vertentes (BRASIL, 1972; SOUSA, 2011). A origem das serras relaciona-se aos processos de fraturamento existentes na área, dos quais se originou o seu relevo (SOUSA, 2011).

É possível identificar uma área de Planícies fluviais ou fluviolacustres, (com declividade entre 0-3°), seguindo o curso do rio Piancó. Esse tipo de relevo também é conhecido como zona de acumulação atual (Figura 3). São constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais.

Figura 3. Planície fluvial do Rio Piancó, próximo a cidade de Coremas



Grande parte da área, principalmente a parte norte das serras, é contida pelas superfícies aplainadas degradadas, conhecida como depressão sertaneja (3-5°), esse tipo de relevo é caracterizado por superfícies suavemente onduladas, proveniente do arrasamento geral dos terrenos e em seguida a retomada erosiva proporcionada pela incisão suave da rede de drenagem incipiente, é conhecido também por integrar o contexto das depressões interplanálticas do território brasileiro (Figura 4).

Figura 4. Superfície Aplainada Degradada



Na parte oeste, encontram-se o Domínio de colinas dissecadas e morros baixos (5-20°) e o Domínio de morros e serras baixas (20-35°). O primeiro apresenta vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. É de significativa importância, pois compõe um sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados (Figura 5). O último, é caracterizado por um relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados, também pode integrar um sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais (Figura 6).

Figura 5. Representação do domínio de colinas dissecadas e morros baixos



Figura 6. Representação do domínio de morros e Serras baixas



Também são parte integrante da geomorfologia do complexo de Serras os Inselbergs ($> 35^\circ$), definidos como relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada, restantes do arrasamento geral dos terrenos. E por fim, toda a parte central da área em estudo apresenta um alinhamento de Crista ($35 - 60^\circ$), também denominado de

Escarpas Serranas (Figura 7), sua característica é de um relevo montanhoso, muito acidentado. Suas Vertentes são predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Nesse tipo de relevo, o sistema de drenagem principal se encontra em franco processo de entalhamento. A seguir estão especializadas todas as características geomorfológicas da área (Figura 8), bem como sua variação hipsométrica e de declividade (Tabela 2; Figura 9).

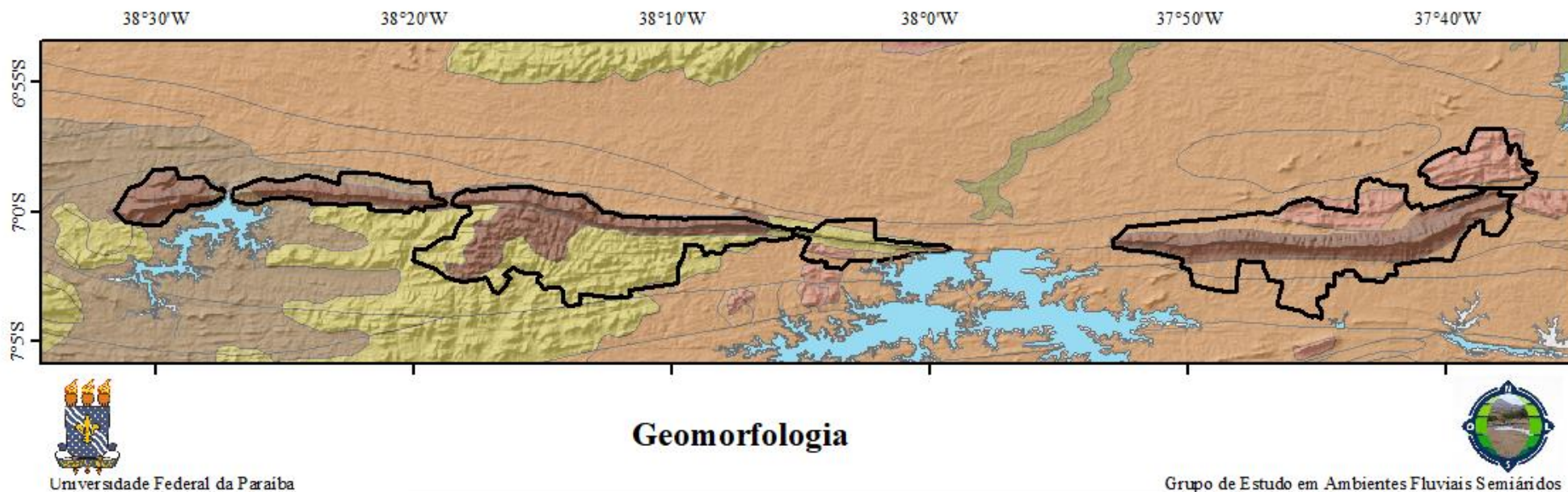
Figura 7. Alinhamento de Crista



Tabela 2. Distribuição das classes de Declividade (°)

Declividade (°)	Relevo	Área (%)
0-3	Planícies fluviais ou flúviolacustres	44,91%
3-5	Superfícies aplainadas degradadas	25,02%
5-20	Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	25,44%
20-35	Domínio de morros e de serras baixas	4,42%
35-60	Crista/Inselbergs	0,40%
CPRM (2016)		

Figura 8. Características Geomorfológicas



Características Geomorfológicas

	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres		Crista
	Superfícies aplainadas degradadas		Inselbergs
	Domínio de colinas dissecadas e morros baixos		Água
	Domínio de morros e de serras baixas		PESAS

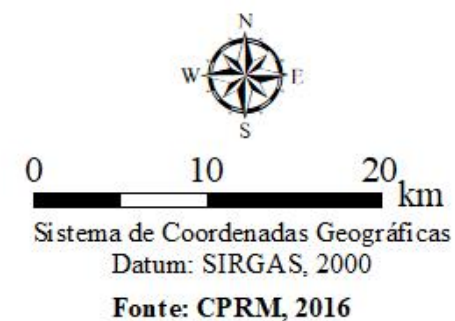
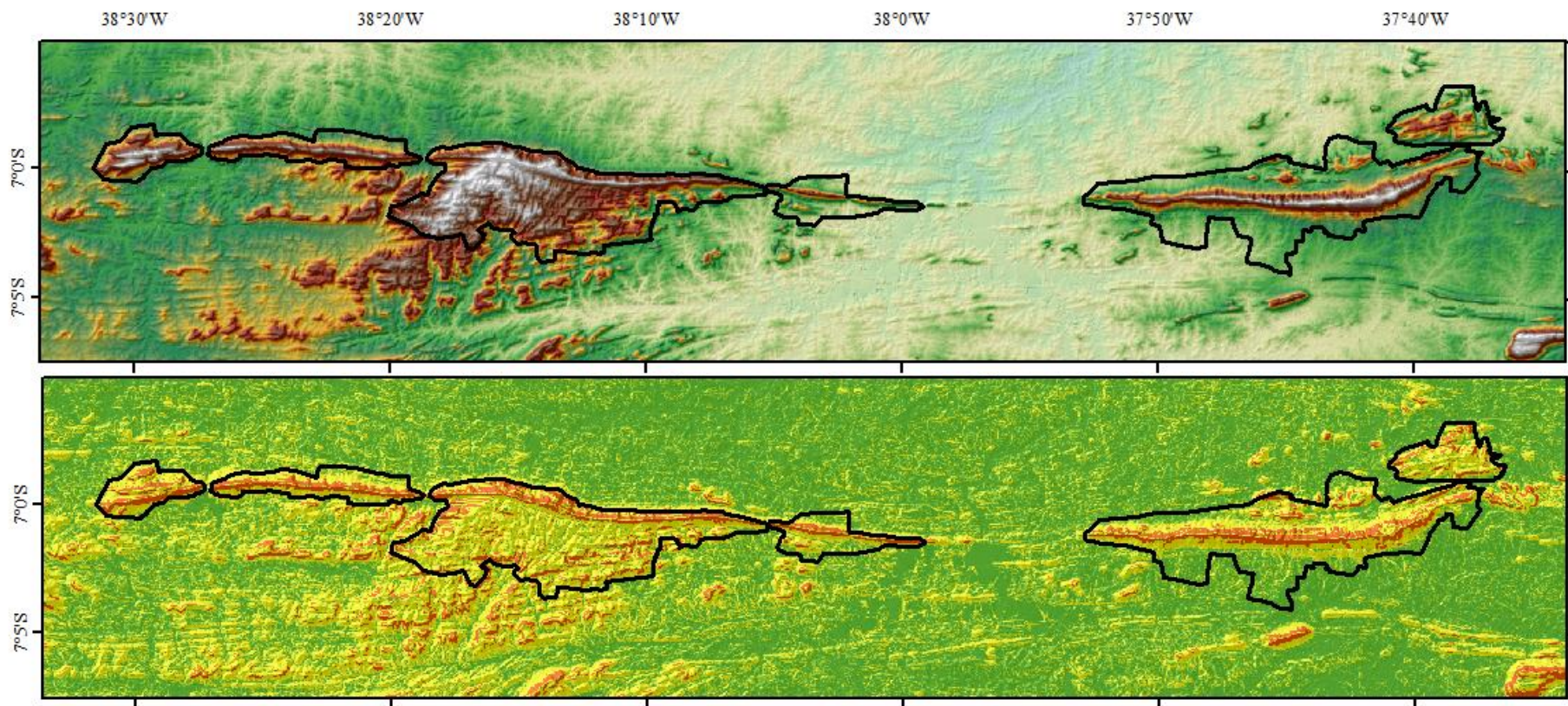


Figura 9. Hipsometria (m) e Declividade (°)



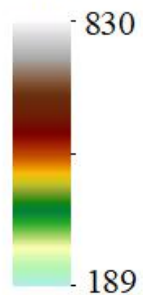
Universidade Federal da Paraíba

Hipsometria (m) e Declividade (°)



Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos

Hipsometria (m)



Declividade (°) e Classes Morfométricas

0 - 3	Planícies Fluviais ou fluviolacustres
3 - 5	Superfícies aplainadas degradadas
5 - 20	Domínio de colinas dissecadas e morros baixos
20 - 35	Domínio de morros e de Serras baixas
35 - 60	Crista/Inselbergs
	 PESAS



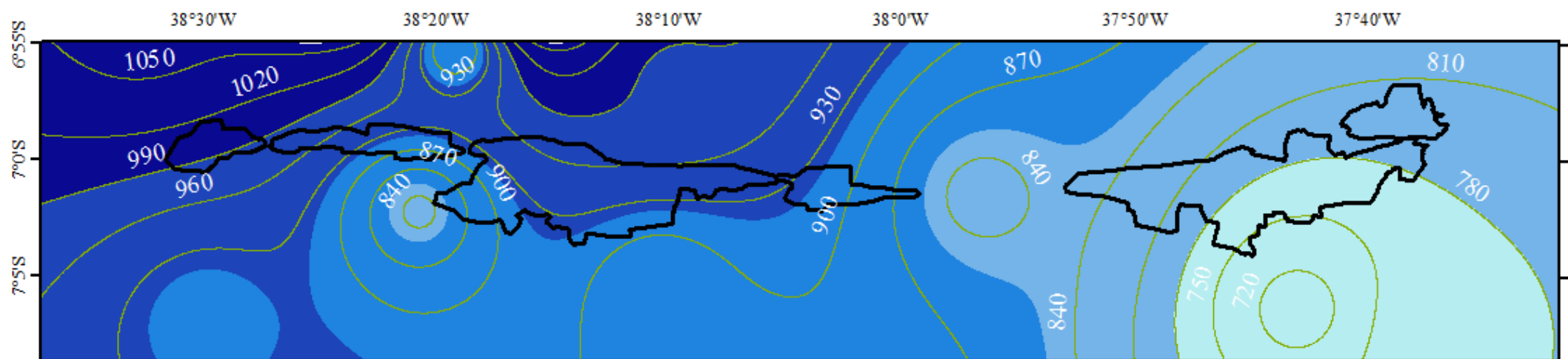
0 10 20 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: SIRGAS, 2000

Fonte: MDE SRTM (Farr et al., 2007);
Escala: 1:150.000 (considerados os
30 m de resolução do MDE);
CPRM, 2016.

A altitude da área favorece uma maior umidade, temperaturas mais amenas e um regime diferenciado de precipitação, variando desde 710,32mm e podendo chegar a alcançar 1.050 mm/ano (Figura 10), uma particularidade dentro do semiárido que tem uma precipitação média até 800mm/ano. A área está inserida no norte do Nordeste e possui um clima semiárido de sete a oito meses secos e temperatura média entre 24° e 27°C. Sua precipitação está distribuída na quadra chuvosa que vai de fevereiro a maio, sendo março o mês mais chuvoso da região. Essas precipitações estão intimamente ligadas a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se origina pela confluência dos ventos alísios de SE e NE e atua entre os meses de fevereiro e abril, trazendo chuvas abundantes para toda região. Outro sistema de macroescala que atua na região é a massa Equatorial continental (mEc), em mesoescala atuam os Vórticos ciclônicos de altos níveis (VCAN), os Complexos Convectivos (CCM's) e as Ondas de Leste (OL).

Figura 10. Precipitação média anual (mm) 2005-2016

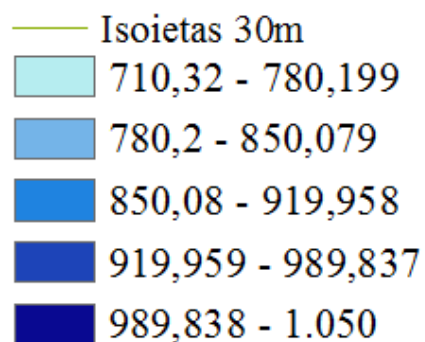


Universidade Federal da Paraíba

Precipitação média anual (mm) 2005 - 2016



Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos



PESAS



0 10 20 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: SIRGAS, 2000

Fonte: AESA, 2017

O regime de chuva e declividade da área permite a formação uma grande quantidade de nascentes e riachos que alimenta os açudes da região. O complexo de Serras está inserido na bacia hidrográfica do rio Piranhas-açu que se encontra nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte e nas sub-bacias do rio Piancó e do Alto piranhas, essas estão totalmente inseridas em território paraibano. É uma área drenagem dentrítica constituída por dois rios principais o Piranhas e o Piancó, além de ser palco das nascentes de outros diversos riachos, a exemplo dos riachos do Olho D'água, Vazante e Miguel (SANTOS JÚNIOR, 2007; AESA, 2010).

O complexo de serras se caracteriza por ser um divisor de águas dos rios e riachos que desaguam na bacia do rio Piranhas e que por sua vez possuem suas nascentes ali, esses possuem um caráter intermitente, contendo água apenas no período chuvoso, característica típica do clima semiárido (SOUSA, 2011). Outra característica que marca a hidrografia da área é a existência do sistema Coremas-Mãe D'Água (Figura 11), construído no rio Piancó, um dos principais afluentes do rio Piranhas, esse reservatório é o maior do estado, possui capacidade de acúmulo de 1,4 bilhões de m³ e tem significativa importância para a região e para o estado em geral. Além desse, encontra-se na área outro reservatório de considerável porte, o Engenheiro Ávidos (Figuras 12), que barra o rio Piranhas e localiza-se no município de Cajazeiras. O sistema de drenagem, bem como os principais açudes que compõem a região estão especializados a seguir (Figura 13)

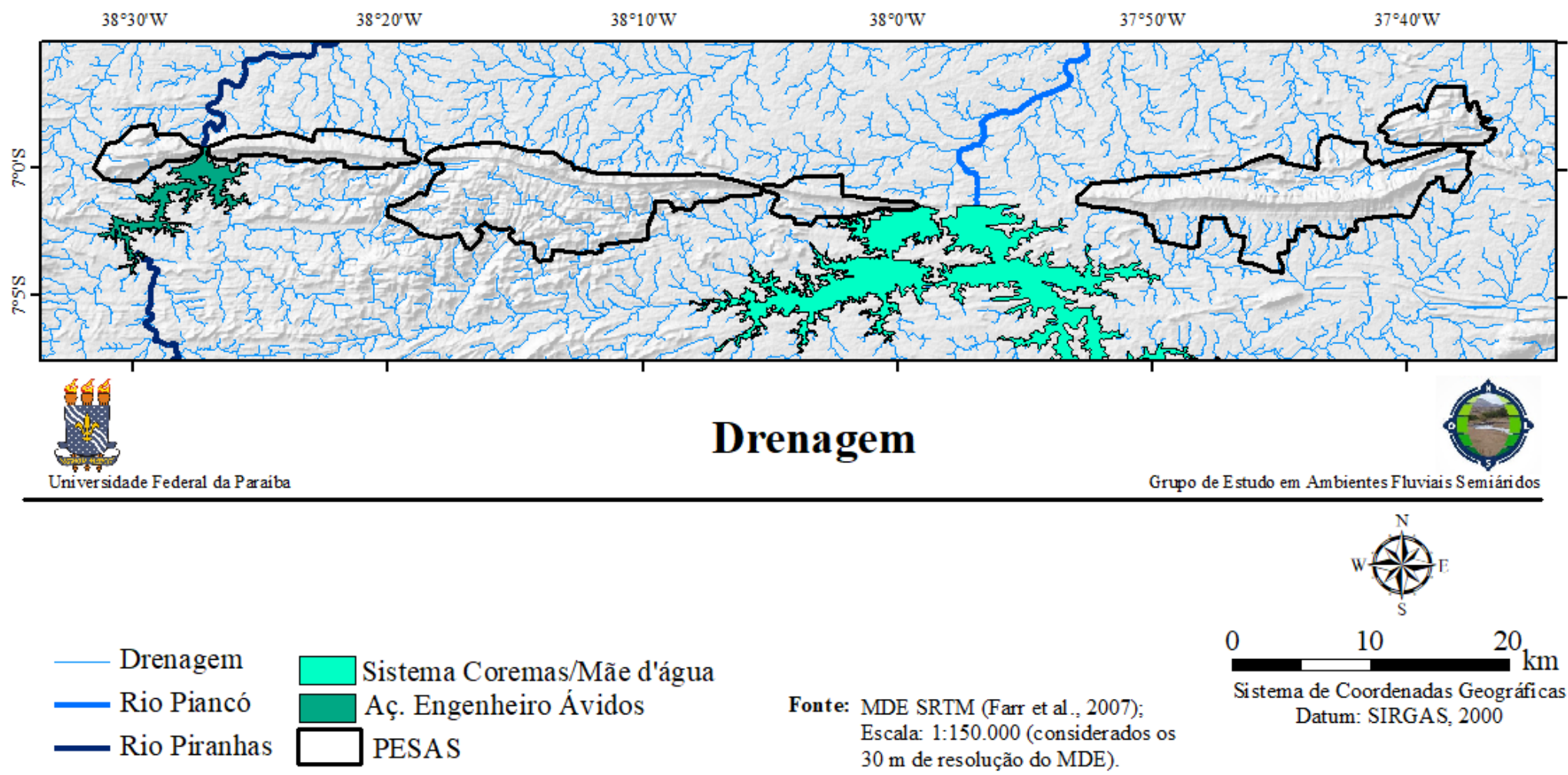
Figura 11. Sistema Coremas-Mãe D'água



Figura 12. Açude Eng. Ávidos



Figura 13. Drenagem

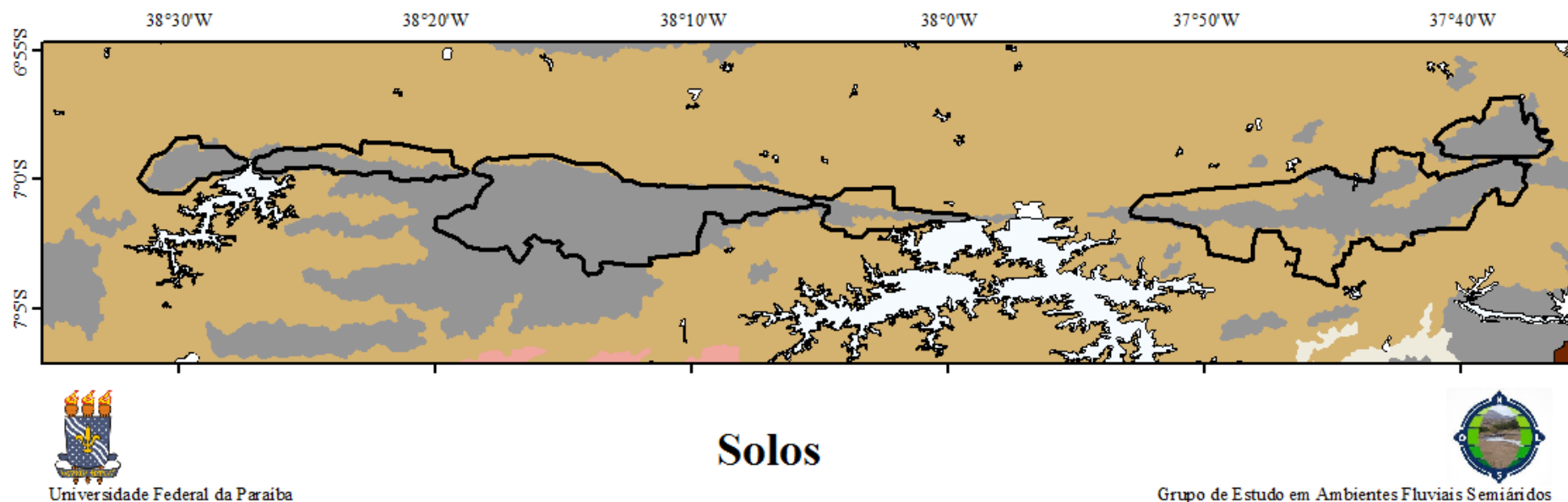


A dinâmica climática associada a tipologia lítica da área da origem a específicos tipos de solos (Figura 14). A maior parte da área que compõe as serras, principalmente a parte da depressão sertaneja, apresenta os Luvissolos Crômicos, esses são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, com exceção do A chernozêmico, ou sob horizonte E.

A área de maior declividade, mais precisamente toda a parte da Crista, apresenta os Neossolos Litólicos, caracterizados por serem pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. São Solos com horizonte A diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, ou ainda sob material com 90% ou mais constituído por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões). Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

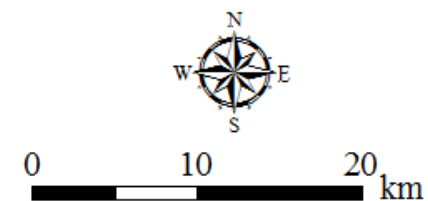
Ao redor da área é possível encontrar em menor expressão os Neossolos Flúvicos que apresentam uma composição bem próxima dos distróficos e os Argissolos vermelhos, característico por possuir teores mais altos de óxidos de ferro presentes no material originário, principalmente por estarem próximos a ambientes bem drenados. Sua fertilidade natural é bastante variável devido à diversidade dos materiais de origem. Ocorrem geralmente em áreas de relevo ondulado, embora também seja possível serem identificados em áreas de menor declividade, o que favorece a mecanização.

Figura 14. Solos



- Corpos d'água
- Luvissoilo Crômico
- Neossoilo Flúvico
- Neossoilo Litólico
- Argissolo Vermelho

PESAS



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: SIRGAS, 2000
Fonte: IBGE, 2016

A vegetação da área é resultado da interação entre o clima, a geologia e os solos, além de ter uma forte influência da altitude. Essa interação proporciona um porte de vegetação diferenciado do habitual do bioma caatinga. Desse modo, seguindo a classificação de Francisco et al. (2012) para a caatinga, foi identificado que 3,79% da área é composta por vegetação subarbustiva, 18,09% de vegetação arbustiva subarbustiva, 26,61 foi classificado como vegetação arbustiva subarbórea densa e nas áreas mais elevadas, principalmente onde o acesso é mais dificultoso, foram identificadas as classes subarbórea densa e arbórea densa, a primeira ocupando a maior parte da área, quantificada em 36,36% e a segunda em 15,15% da área (Tabela 3; Figuras 15 e 16).

Figura 15. Vegetação subarbórea densa no Município de Cajazeirinhas

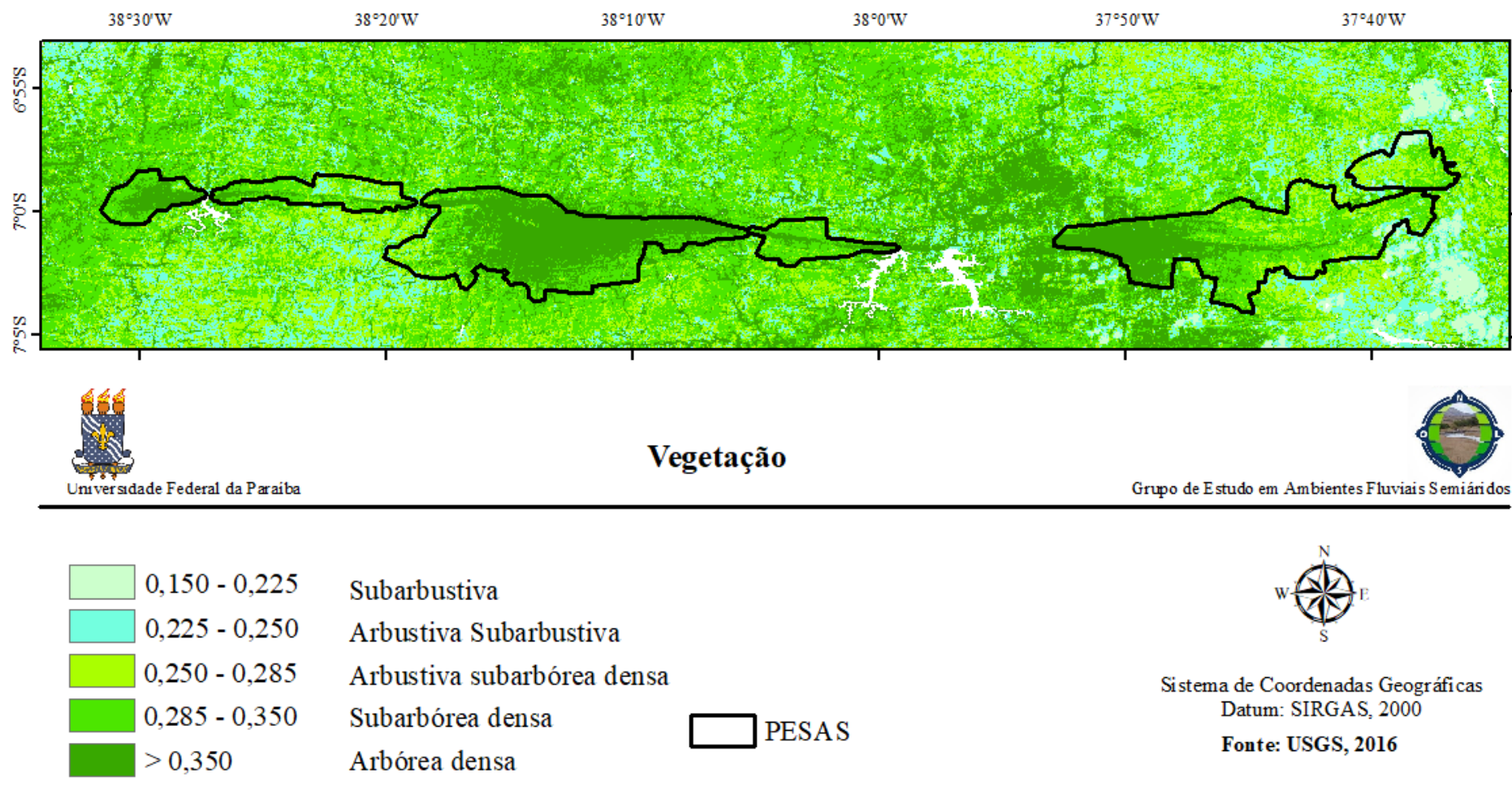


Tabela 3. Quantificação das classes de vegetação

Classes de IVDN	Classificação	Área (%)
0,150 - 0,225	Subarbustiva	3,79%
0,225 – 0,250	Arbustiva subarbustiva	18,09%
0,250 – 0,285	Arbustiva subarbórea densa	26,61%
0,285 - 0,350	Subarbórea densa	36,36%
> 0,350	Arbórea densa	15,15%

Francisco et al. (2012)

Figura 16. Quantificação da vegetação



CAPÍTULO III



RESULTADOS

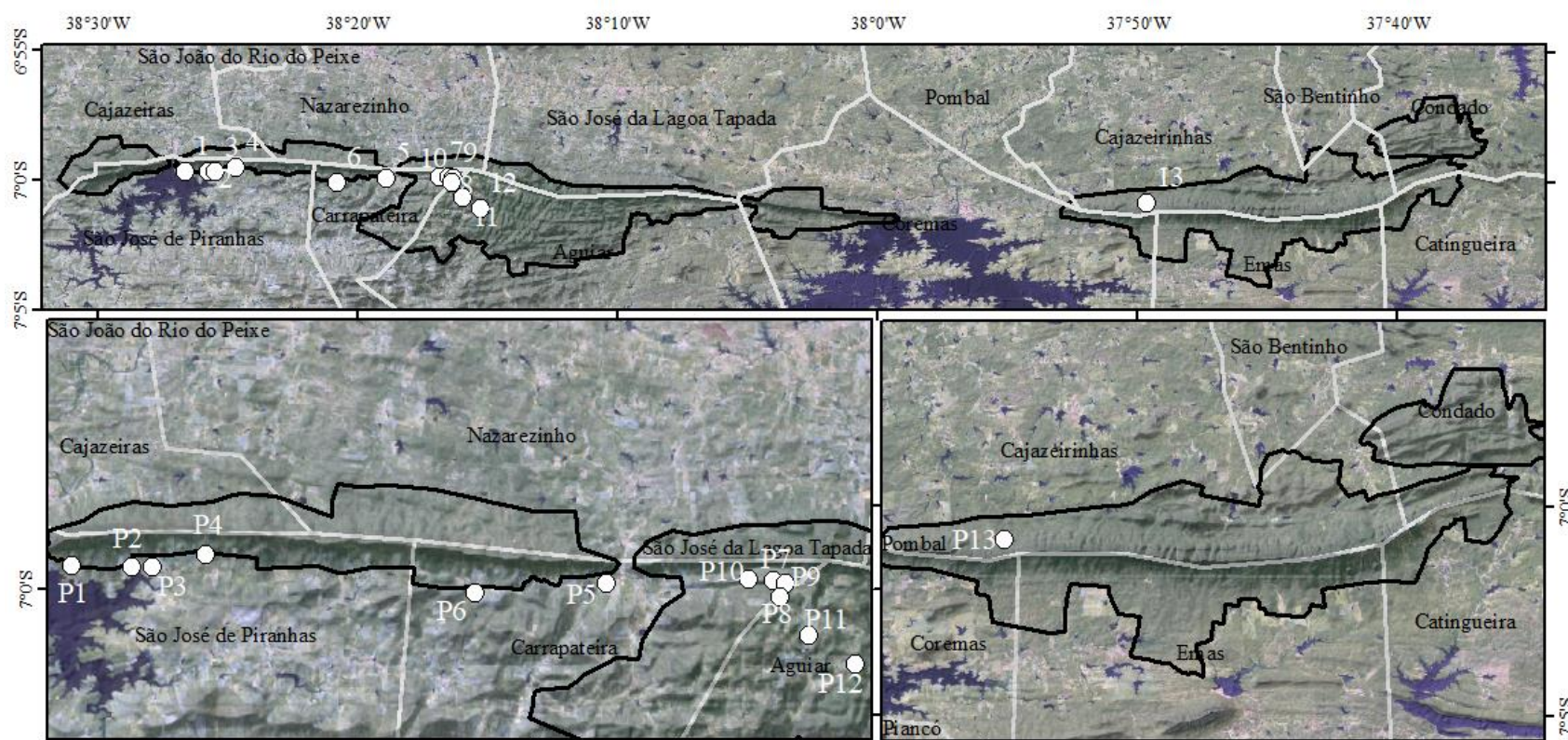
3.1.DESCRICÃO DOS PONTOS ANALISADOS

O complexo de Serras do interior da Paraíba se apresenta como um espaço diferenciado dentro do semiárido seco, para entender essa complexidade é necessário identificar a interação entre os seus elementos, tendo como foco principal o comportamento da vegetação local e sua relação com a geomorfologia e o clima. Para as análises de vegetação e sua correlação com a umidade, foram analisados os pontos escolhidos em campo. Os pontos estão localizados entre as Serras e dentro dos limites dos municípios situados ao redor. Devido a sua variação de altitude e declividade, bem como da tipologia geomorfológica, os pontos estão dispostos de uma maneira na qual irão apresentar uma diferenciação no regime de precipitação, tornando-os dotados de peculiaridade (Tabela 4; Figura 17).

Tabela 4. Localização dos pontos estudados

Pontos	Município	Serra	Altitude (m)	Declividade (°)	ITU
P1	São José de Piranhas	Serra do Boqueirão	375	10.813	10.359
P2	São José de Piranhas	Serra do Boqueirão	351	9.206	9.457
P3	São José de Piranhas	Serra do Boqueirão	337	4.285	11.208
P4	São José de Piranhas	Serra do Boqueirão	364	7.821	10.966
P5	Carrapateira	Serra do Boqueirão	335	4.629	13.322
P6	Carrapateira	Serra do Boqueirão	402	4.194	12.066
P7	Carrapateira	Serra de Santa Catarina	552	17.672	8.045
P8	Carrapateira	Serra de Santa Catarina	661	13.556	8.095
P9	Carrapateira	Serra de Santa Catarina	675	9.64	8.521
P10	Aguiar	Serra de Santa Catarina	712	9.388	8.763
P11	Aguiar	Serra de Santa Catarina	718	16.587	8.563
P12	Aguiar	Serra de Santa Catarina	648	4.714	9.03
P13	Cajazeirinhas	Serra do Melado	296	9.303	10.794

Figura 17. Localização dos pontos analisados



Universidade Federal da Paraíba

Localização dos pontos escolhidos



Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos

○ Pontos escolhidos

Red R: 7

Green G: 5

Blue B: 3

Thin white line Limites Municipais

Thick black line PESAS



0 5 10 km

Base de Dados: USGS, 2016

Datum: SIRGAS, 2000

Data da Elaboração: 04 Ago 2017

O primeiro ponto (Figura 18) fica próximo ao Açude Eng. Ávidos, na serra do Boqueirão, numa área mais baixa com 375m de altitude e uma média de declividade de 10,813°, geomorfologicamente o ponto integra o Domínio das colinas dissecadas e morros baixos e faz parte dos Luvisolos Crômicos Órticos, que geralmente concorrem em relevo suave ondulado e são característicos por integrar a região semiárida brasileira, embora sejam solos rasos, eles favorecem o enraizamento em profundidade, sendo o solo uma das variáveis para explicar a existência de uma vegetação de maior porte nessa área.

Figura 18. Ponto 1 – Vegetação de maior porte - Próximo ao Eng. Ávidos



Os pontos 2 e 3 (Figuras 19 e 20) estão localizados após o açude, possuem uma altitude de 351m, e 337m e uma média de declividade de 9,206° e 4,285°, respectivamente. Também fazem parte do Domínio das colinas dissecadas e morros baixos e possuem Luvisolos Crômicos Órticos, são um dos pontos mais degradados das Serras, principalmente ao seu lado direito, próximo do açude.

Figura 19. Ponto 2: Domínio das colinas dissecadas e morros baixos - área degradada



Figura 20. Ponto 3: Área degradada e com vegetação de pequeno porte



O P4, está localizado no Sítio Brejo da Mariana, no município de São José de Piranhas também na serra do Boqueirão, com altitude de 364m e declividade de 7,821°, geomorfologicamente já faz parte da área de crista, porém fica numa área localizada na base da encosta, os solos são também os Luvissolos, nessa área foi possível identificar várias nascentes e olhos d'água, bem como uma vegetação mais densa. Nessa área,

localiza-se um pequeno povoado, no qual seus moradores aproveitam a declividade da área para trazer por meio de canos a água das cacimbas e dos olhos d'água (Figura 21 e 22).

Figura 21. Ponto 4 – Cacimba localizada numa área mais alta



Figura 22. Ponto 4 – canos para transportar a água das cacimbas



O ponto seguinte (P5), também está localizado na base da encosta, compondo o relevo de crista, com altitude de 335m e declividade de 4.629°, uma área de Luvisolos e de uma vegetação de porte médio (Figura 23).

Figura 23. Ponto 5: base da encosta com vegetação de porte médio



O sexto ponto (P6), está situado dentro do limite do município de Nazarezinho e é o último ponto localizado na serra do Boqueirão. Nesse ponto está localizado um açude datado de 1973 e que segundo relato de moradores nunca secou, a declividade da área favorece o escoamento superficial mantendo os reservatórios que se encontram distribuído ao longo de toda a área do complexo de serras. Sua altitude é de 402m e declividade de 4.194°, integra o Domínio de morros e de serras baixas, os solos também não diferem dos demais, sendo Luvisolos, é uma área com uma vegetação com um considerável grau de densidade (Figura 24)

Figura 24. Ponto 6: Reservatório existente devido a declividade



O P7 (Figura 25) está localizado no Município de Carrapateira, mais próximo do topo da Serra de Santa Catarina muito embora esteja classificado como integrante do Domínio de morros e de serras baixas. É o ponto de maior declividade com $17,672^\circ$, sua altitude é de 552m, possui o mesmo tipo de solo dos demais, seu lado esquerdo apresenta vegetação bem preservada, enquanto que o lado direito se encontra bem degradado com intenso corte da vegetação (Figura 26).

Figura 25. Ponto 7: Maior declividade dentre toda área

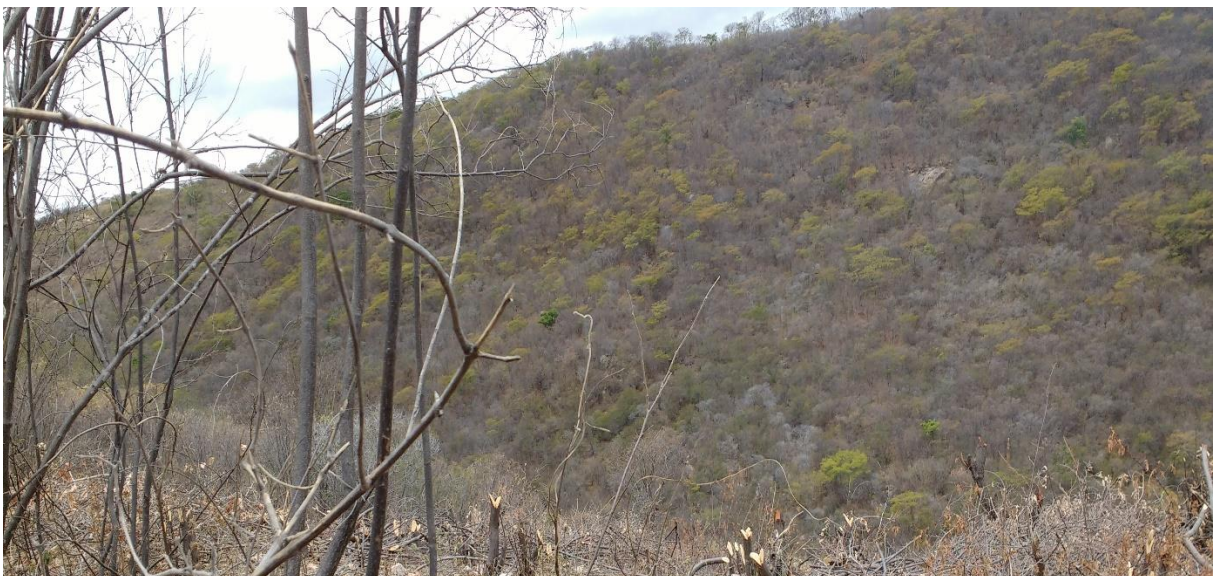


Figura 26. Área de Desmatamento no P7



Dos pontos 8 ao 13, todos são localizados na crista, possuem Luvissolos, com exceção dos pontos 11 e 12 que integram o grupo dos Neossolos Litólicos, são definidos como solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico (Embrapa, 2013) e típicos de áreas com relevo ondulado. É a área de maior porte da vegetação, porém parte já está sofrendo com a substituição pelas atividades agrícolas.

O ponto 8 possui altitude de 661m e declividade de 13.556°, nele é possível perceber uma vegetação de maior porte do lado esquerdo, enquanto no lado oposto é notável a substituição da vegetação por atividades antrópicas (Figura 27).

Figura 27. Ponto 8: substituição da vegetação



Para o P9, tem-se uma declividade de 9.640° e uma altitude de 675m, esse ponto segue o mesmo padrão de vegetação do anterior (Figura 28).

Figura 28. Ponto 9: Área de substituição da vegetação por atividades antrópicas



No ponto 10 (Figura 29) a altitude foi de 712m e uma declividade de 9.388°, nele foi perceptível uma extensa área de substituição da vegetação pela agricultura (Figura 30).

Figura 29. Ponto 10 – localizado nas áreas de maior altitude



Figura 30. Substituição da vegetação pela agricultura



O ponto seguinte (P11) (Figura 31) possui a maior altitude dentre todos, sendo essa de 718m e uma declividade de 16,587. Apresenta uma vegetação de grande porte, sendo um dos pontos mais preservados do conjunto de serras (Figura 32).

Figura 31. Ponto 11 – Maior altitude da área

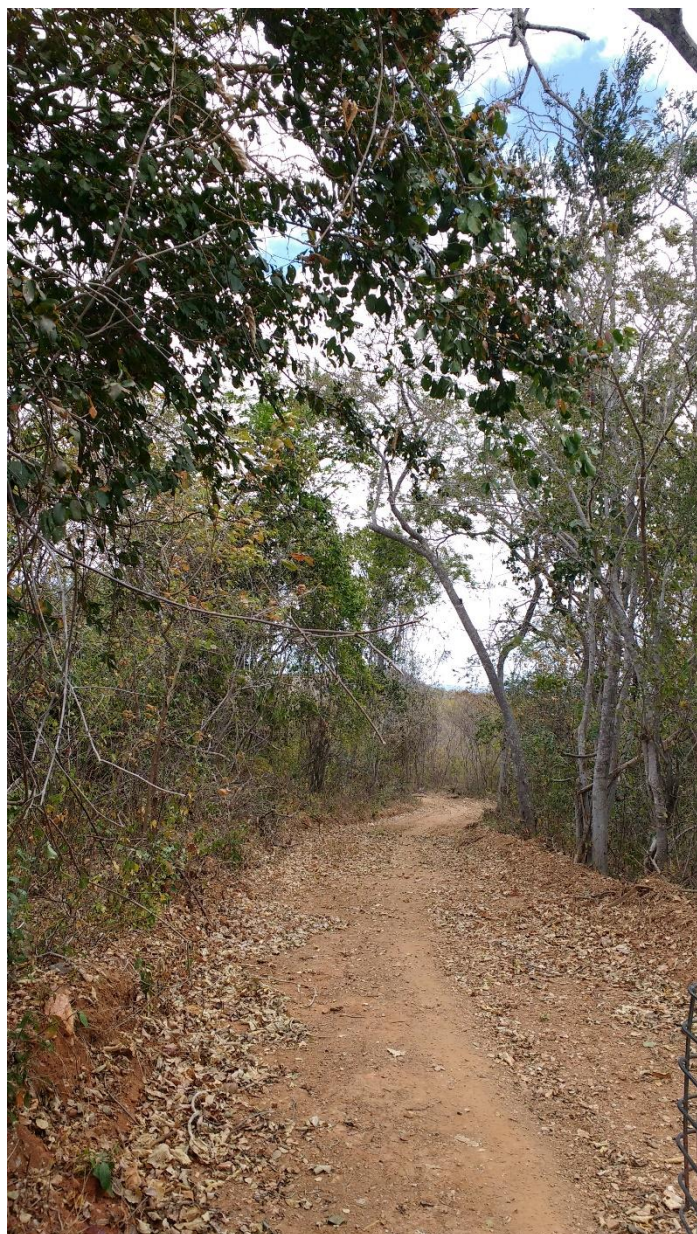
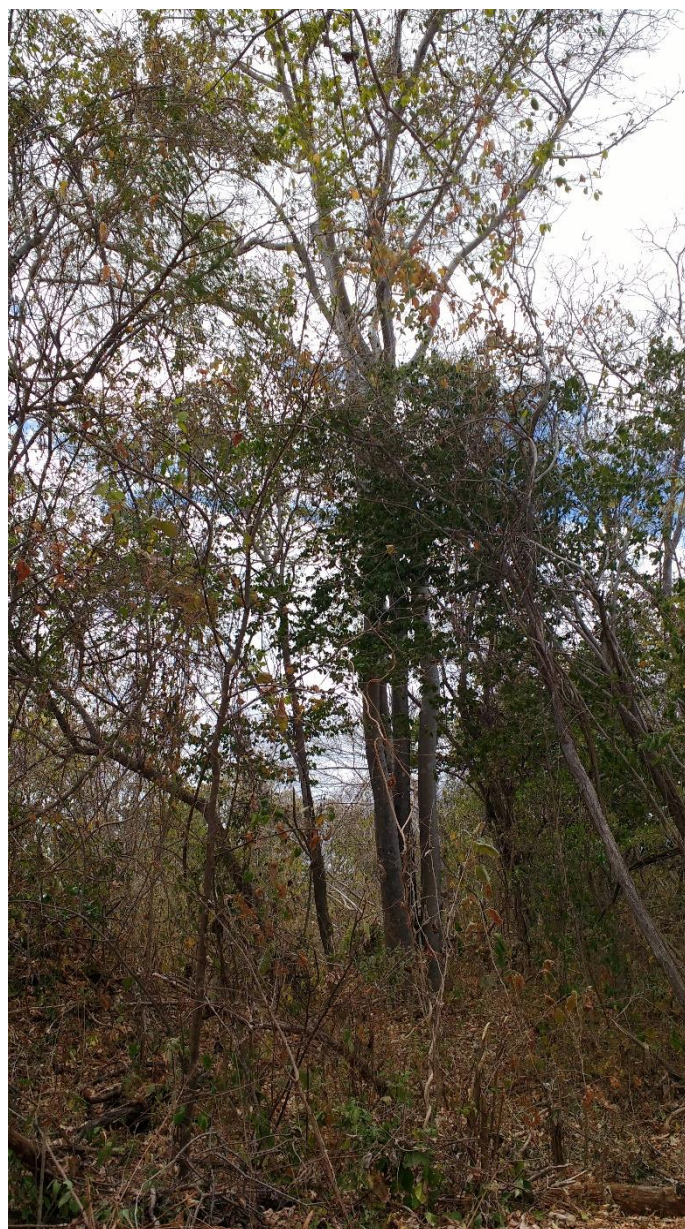


Figura 32. Porte da vegetação no P11



O ponto 12 foi possível identificar o corte da vegetação para a extração de madeira, possivelmente a população usa esse tipo de atividade como uma fonte de renda alternativa, devido aos anos de estiagem prolongada e o não favorecimento da agricultura, desse modo, esse foi um dos mais degradados do complexo de serras, embora esteja bem no topo da encosta, cujo acesso é bastante dificultoso. O referido ponto, possui declividade de 4.714° e uma altitude de 648m (Figuras 33 e 34).

Figura 33. Ponto 12: Área de degradação da vegetação



Figura 34. Extração madeireira no P12



Por fim, o último ponto (P13), situa-se na Serra do Melado, localizado na base da encosta, apresentou a menor altitude dentre os pontos, sendo esta de 296m e uma declividade de 9.303, caracterizou-se também por ser um dos pontos de vegetação com maior porte e densidade (Figura 35).

Figura 35. Ponto 13: Vegetação densa



3.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Levando em consideração a peculiaridade da vegetação existente na área, surgiu a necessidade de identificar qual dos índices de vegetação (IVDN e IVAS) melhor representa as características de biomassa dessa vegetação. Para tanto, foram analisados os 13 pontos já descritos anteriormente, os quais apresentam uma área de vegetação. A finalidade foi, a partir, dos dados de campo, identificar qual dos índices se aproximaria mais da realidade desta vegetação específica. As imagens de satélites escolhidas foram referentes aos meses de julho de 2016 e setembro de 2017, respectivamente, por terem sido as datas mais próximas dos campos realizados, sendo a primeira no período chuvoso e a última no período seco.

A partir da identificação dos pontos, foi possível comparar os dados de campo com as respostas dos índices de vegetação, calculados para a imagem de satélite. Identificou-se uma considerável semelhança entre a resposta de ambos. O IVAS, apresentou sempre um valor mais baixo que o IVDN, esse fato pode ser explicado, devido a inserção do valor de correção do solo em sua equação. Tal fator vai proporcionar um aumento do valor do pixel na banda espectral do vermelho, por conseguinte, devido a sua aplicação na fórmula matemática, ocasionará uma redução nos valores finais do pixel (OLIVEIRA et al., 2009).

3.2.1. Período chuvoso

Para o período chuvoso, a variação dos índices se deu de forma bem semelhante, IVDN apresentou valores mais elevados que o IVAS, um comportamento normal, visto que o segundo tende a apresentar valores inferiores ao primeiro. Para a área toda, o IVDN variou entre -1 e 0,858, importando para a análise da vegetação apenas os valores positivos, uma vez que os valores negativos dizem respeito a corpos d'água. Para os pontos observados essa variação foi entre 0,237 e 0,552. Na imagem do IVAS houve uma variação entre -0,351 e 0,767 para a área em geral e 0,175 e 0,310 para os pontos estudados (Tabela 5). Embora o IVDN apresente valores maiores, ambos irão se referir a mesma classe de vegetação, fato que é perceptível ao analisar o comportamento dos índices na representação gráfica e na espacialização dos seus valores (Figuras 36 e 37). Rego et al. (2012) também encontraram variações próximas a esses valores para o período chuvoso, numa análise da cobertura vegetal do município de São Domingos do Cariri-

PB, porém com valores de IVAS mais elevados o que pode ser explicado pela saturação do índice para esse período.

Tabela 5: Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)

Pontos	Valores de IVDN	Valores de IVAS
P1	0,552	0,310
P2	0,386	0,246
P3	0,379	0,248
P4	0,485	0,302
P5	0,405	0,292
P6	0,492	0,289
P7	0,378	0,219
P8	0,269	0,093
P9	0,237	0,080
P10	0,454	0,290
P11	0,451	0,270
P12	0,424	0,249
P13	0,260	0,175

Figura 36. Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)

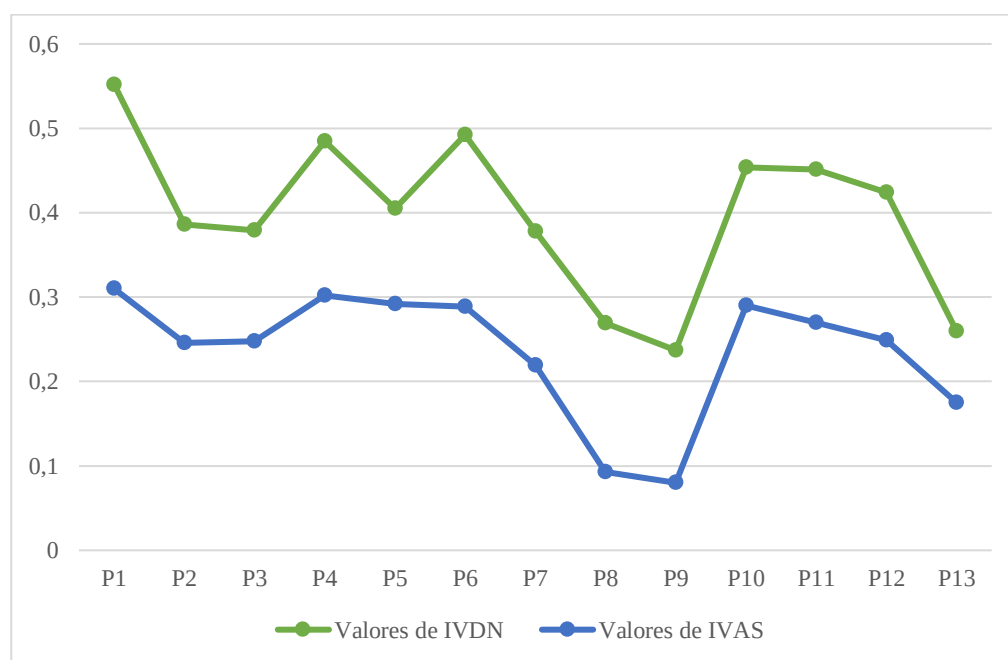
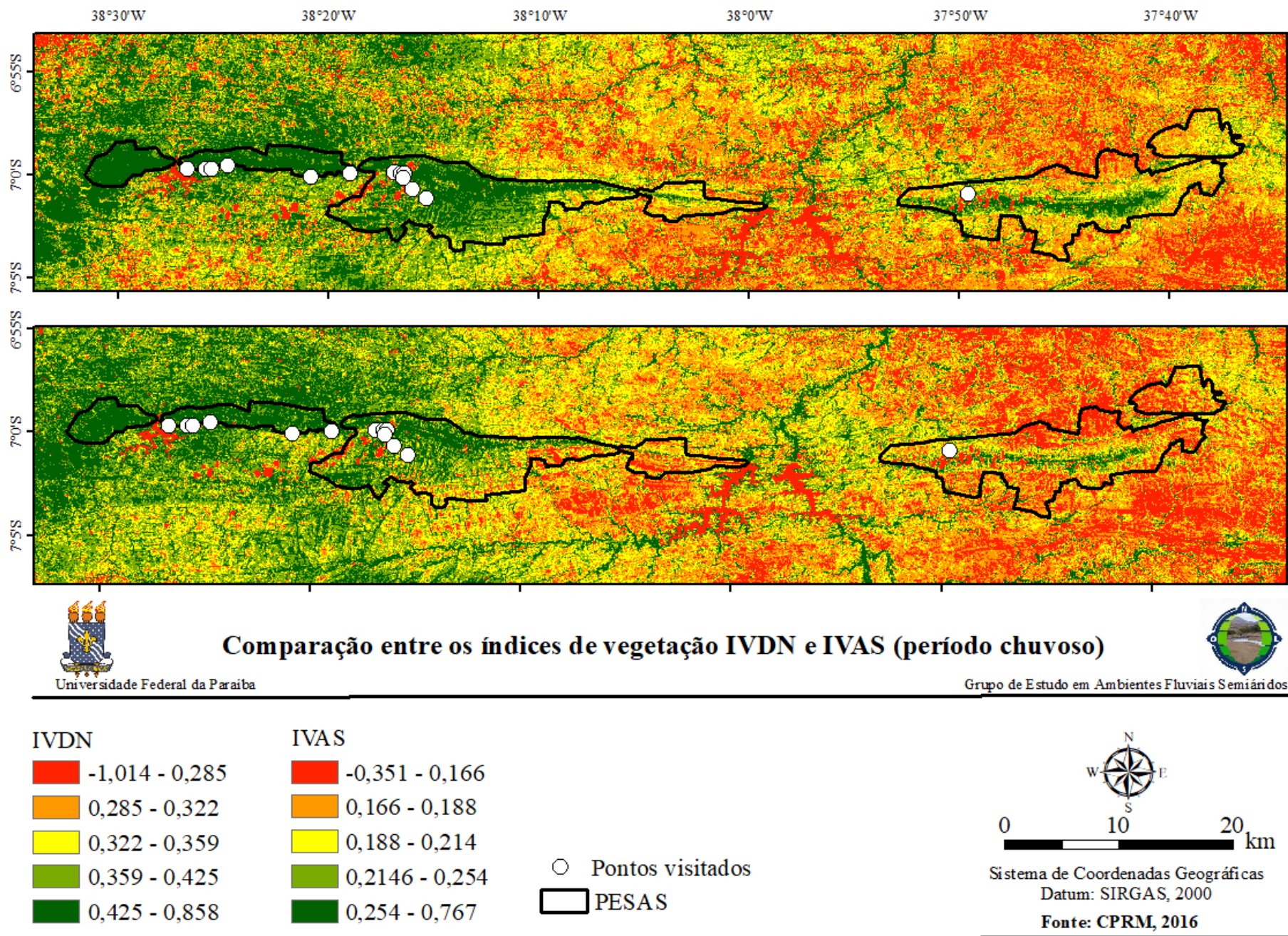


Figura 37. Mapa de Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso)



Para a imagem de IVDN, dos 13 pontos observados, 7 foram classificados com valores altos (entre 0,552 e 0,405), 3 apresentaram valores intermediários (0,386 - 0,379) e 3 pontos valores mais baixos (0,269 - 0,237), nenhum ponto foi classificado com valor $< 0,2$. Para o IVAS 2 pontos apresentaram os maiores valores (0,310 e 0,302), 8 pontos foram classificados com valores intermediários (0,292-0,219), e 3 pontos apresentaram valores $< 0,2$.

O P1, foi destacado no IVDN como o maior valor dentre os pontos, (0,552), o que representaria uma vegetação densa e de porte arbóreo, no IVAS o valor também foi máximo (0,310). Na margem esquerda da estrada (onde o ponto foi demarcado) foi possível encontrar vegetação mais densa, de porte mais fechado, enquanto que a margem direita na localização do açude a vegetação era mais espaçada (Figuras 38 e 39). Embora o Código Florestal (2012) estabeleça uma distância de 200m de mata ciliar para reservatórios com largura mínima entre 200 e 600m., foi possível identificar na área próxima ao açude um maior grau de degradação.

Figura 38. Vegetação densa do lado esquerdo do ponto 1



Fotografia retirada em junho-2016

Figura 39. Área degradada do lado direito do ponto 1



Fotografia retirada em junho-2016

Os P2 e 3, estão localizados próximos e, por isso, apresentaram valores semelhantes, sendo para o IVDN 0,386 e 0,379 e para o IVAS 0,246 e 0,248, respectivamente. Com valores semelhantes, os índices se mostram com respostas bem próximas para o estudo dessa vegetação. Nessa área, há fragmentos um pouco mais densos, mas com boa parte da vegetação mais degradada (Figuras 40 e 41)

Figura 40. Fragmento de Vegetação do P2



Fotografia retirada em junho-2016

Figura 41. Fragmento de Vegetação do P3



Fotografia retirada em junho-2016

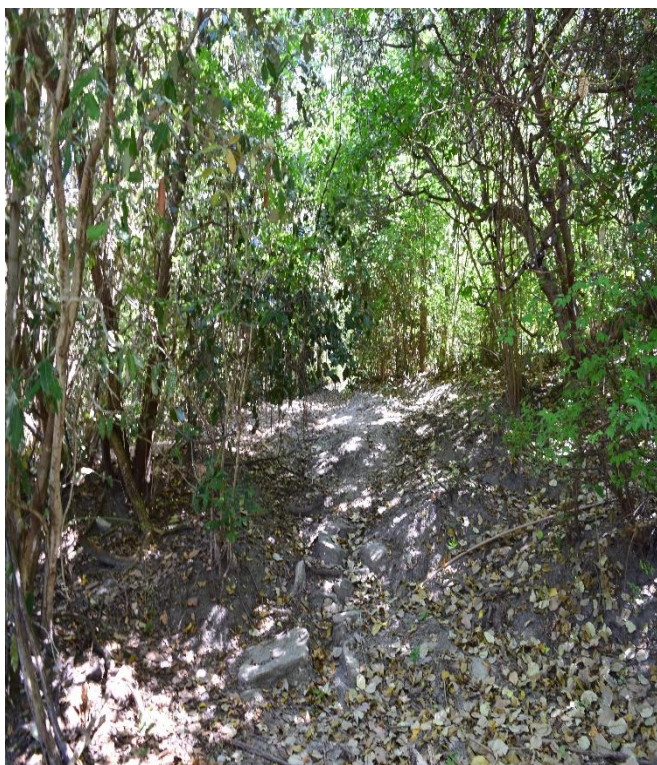
No P4, há uma área de vegetação mais densa, de porte arbóreo e bem preservada (Figura 42, 43 e 44). O IVDN apresentou valores altos para esse ponto (0,485), o IVAS demonstrou valores semelhantes (0,302), ambos a enquadrariam na classe de vegetação arbórea densa.

Figura 42. Vegetação densa do P4



Fotografia retirada em junho-2016

Figura 43. Porte da Vegetação do P4



Fotografia retirada em junho-2016

Figura 44. Porte da vegetação do P4



Os pontos 5 e 6 apresentam características e valores bem semelhantes. Foi possível identificar uma vegetação de significativa densidade, os valores identificados foram altos para o IVDN (0,492 e 0,405, respectivamente) e intermediários para o IVAS (0,289 e 0,292, respectivamente), mais uma vez os valores de ambos os índices se mantêm próximos, representando a mesma característica de vegetação (Figuras 45 e 46).

Figura 45. Ponto 5: vegetação densa na encosta



Fotografia retirada em junho-2016

Figura 46. Ponto 6: área de vegetação densa próximo a crista



Fotografia retirada em junho-2016

Dos pontos 7 ao 12, todos são localizados no topo da Serra de Santa Catarina, porém, no campo efetuado no período chuvoso, não foi possível o acesso a esses pontos, desse modo, não se pôde obter os registros fotográficos desse período. Embora tenha sido a parte de maior grau de vegetação, também foi possível encontrar um alto grau de degradação, em que a vegetação nativa vem sendo substituída por culturas como, por exemplo, de milho.

O ponto 7 foi classificado com valores intermediários de IVDN (0,387) e para o IVAS (0,219). Os P8 e P9 foram os menores valores identificados, para ambos os índices, os valores de IVDN foram 0,269 e 0,237, já os de IVAS foram 0,093 e 0,080, respectivamente. Embora estejam localizados numa área de maior altitude, esses pontos apresentam baixas quantidades de biomassa, devido a substituição da vegetação por culturas agrícolas, para tanto, são utilizados métodos de queimadas, que cada vez mais vai avançando em direção a área da vegetação natural.

P10, P11 e P12, são pontos bem preservados, com vegetação densa e de grande porte, situam-se na área mais alta da Serra, a qual foi possível acesso. Apresentaram valores de IVDN bem semelhantes (0,454; 0,451; 0,424), bem como valores de IVAS (0,290; 0,270; 0,249). Embora os índices apresentem uma maior distância em seus valores é possível constatar por meio das imagens, do mapa e do gráfico anteriormente apresentados, que eles apresentam as mesmas características da vegetação.

No último ponto analisado, P13, a partir do que foi constatado em campo, pode ser considerado um dos pontos mais preservados do conjunto de serra, infelizmente não foi possível o acesso no período chuvoso, para poder representa-la por meio de fotografia. Sua vegetação de porte arbóreo e denso não o difere da condição dos demais, porém, mesmo se tratando do período chuvoso em que a vegetação se encontra no ápice do ganho de biomassa, porém os índices apresentam valores baixos para essa área.

Alguns autores encontraram resultados em que o IVDN foi mais satisfatório para a análise de vegetação de caatinga no período chuvoso. Francisco et al (2012 e 2015) utilizaram esse índice em período chuvoso e seco, na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá-PB e o classificaram como melhor resposta a essa vegetação. O Relatório Parcial da Estação Ecológica do Raso da Catarina realizado pela Fundação Joaquim Nabuco (2015) em comparação entre o IVDN e o IVAS, também constatou que o primeiro obteve

respostas mais satisfatórias, especializando individualmente as fitofisionomias da caatinga. Outros, destacaram o IVAS como mais eficaz para o período em análise. Silva e Galvêncio (2012), ao fazerem uma comparação entre os IV para o semiárido paraibano, constaram que o IVAS responde melhor que os demais. Também Monteiro (2013) afirmou ser o IVAS apresentou melhor a realidade da biomassa da área em estudo.

Assim como Silva et al. (2015) ao analisar a vegetação de caatinga em Valente-BA, concluíram que ambos os índices (IVDN e IVAS) conseguem representar a vegetação de caatinga, também foi possível concluir que para o complexo de serras no período chuvoso os dois índices de vegetação em análise também respondem satisfatoriamente no estudo desta vegetação local, por meio de SR.

3.2.2. Período seco

Com relação ao período seco, os dois índices apresentaram o mesmo comportamento, valores bem próximos, demonstrando as mesmas características de vegetação (Figuras 47 e 48). IVDN apresentou uma variação entre os pontos de 0,262 a 0,427, enquanto o IVAS variou entre 0,153 e 0,261 (Tabela 6), a diminuição dos valores do IVAS no período seco tende a ser ainda maior, visto que o solo vai ter uma interferência mais significativa, devido ao estado de dormência e perda de folhas da vegetação nessa época.

Figura 47. Comparação entre os índices de vegetação (período seco)

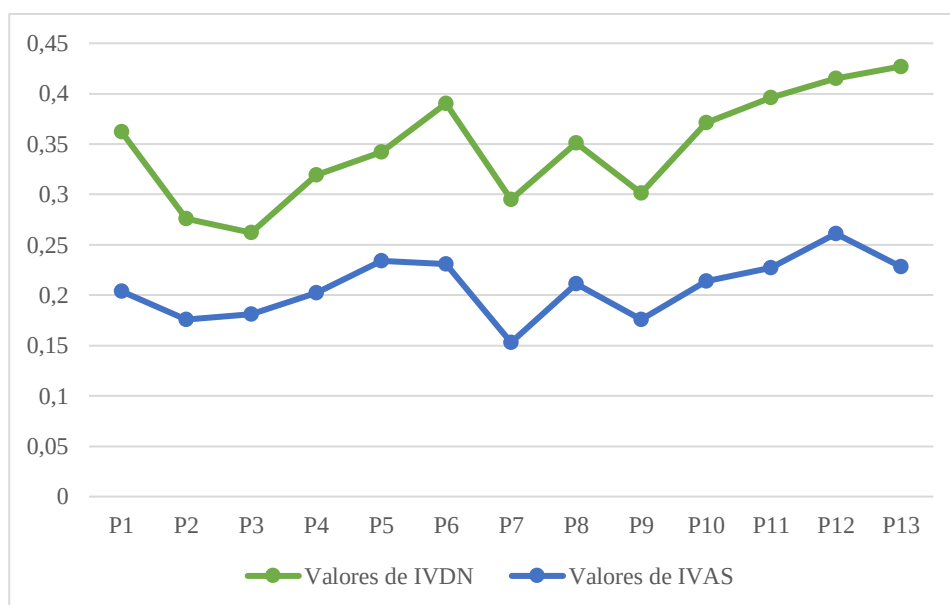
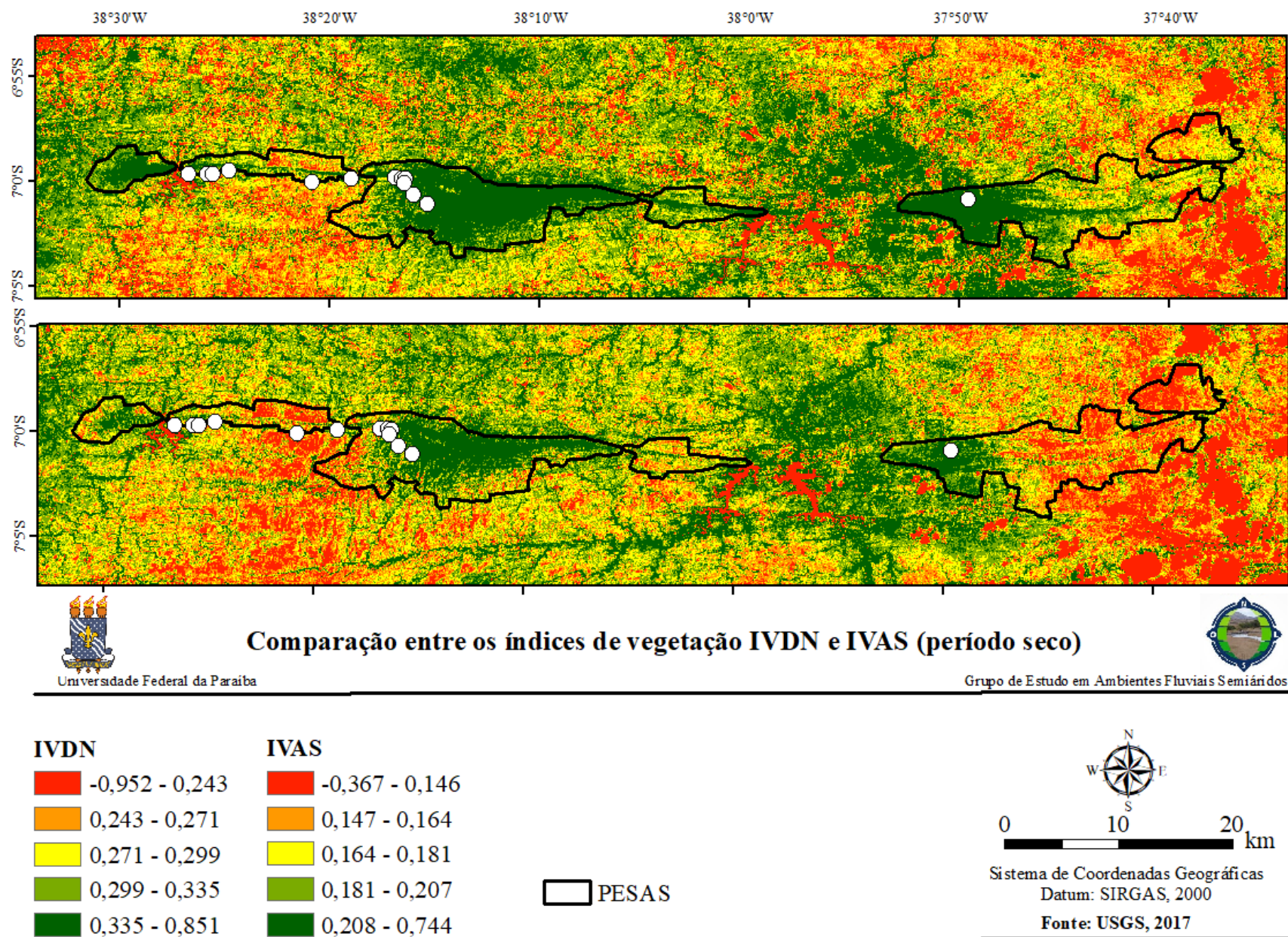


Tabela 6: Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco)

Pontos	Valores de IVDN	Valores de IVAS
P1	0.362	0.204
P2	0.276	0.176
P3	0.262	0.181
P4	0.319	0.202
P5	0.342	0.234
P6	0.39	0.231
P7	0.295	0.153
P8	0.351	0.211
P9	0.301	0.176
P10	0.371	0.214
P11	0.396	0.227
P12	0.415	0.261
P13	0.427	0.228

Figura 48. Mapa de comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco)



Para o período seco também não houve uma diferença entre os valores obtidos dos dois índices. No IVDN, apenas 2 pontos foram classificados com valores altos (0,427 e 0,415), 8 apresentaram valores intermediários (0,301-0,396), 3 pontos apresentaram menores valores (0,262-0,295) nenhum ponto foi classificado com valor abaixo de 0,2. Quanto ao IVAS, 10 pontos apresentaram respostas entre 0,261 e 0,202, os outros 3 variaram entre 0,176 e 0,181.

Os P1, P6, P10 e P11 apresentaram para o IVDN valores semelhantes, sendo esses, 0,362, 0,390, 0,371 e 0,396, enquanto o IVAS apresentou valores de 0,204, 0,231, 0,214 e 0,261, mais uma vez é notório a semelhança entre os valores dos índices. De acordo com o que foi obtido em campo todos os pontos, apresentam vegetação de grande porte. Os dois últimos pontos, localizados mais ao topo da serra, apresentaram apesar de estar no período seco uma folhagem verde, o que a diferencia da vegetação em que foi encontrada na parte inferior das serras que preservam suas folhas verdes apenas no período chuvoso, o fator determinante pode ser explicado a partir da altitude e declividade que irão propiciar um ambiente mais úmido e de difícil acesso, sendo mais fácil manter a vegetação verde, devido a umidade e mais preservada devido ao difícil acesso (Figura 49).

Figura 49. Representação da Vegetação dos P1, P6, P10 e P11.



Fotografia retirada em setembro-2017

Os pontos 4,5,8 e 9 também apresentaram respostas parecidas no IVDN (0,319; 0,342; 0,351; 0,301), com o IVAS também procedeu da mesma maneira (0,202; 0,234; 0,211; 0,176). A partir das observações em campo, foi possível perceber que há a predominância de uma vegetação densa, porém a sazonalidade fez com que os índices de vegetação apresentassem valores mais baixos, se comparado ao período chuvoso, devido à perda de folhas da vegetação nessa época do ano, no caso do P9, a vegetação vem sofrendo com o processo de substituição por culturas agrícolas (Figura 50).

Figura 50. Representação da Vegetação dos P4, P5, P8 e P9



Fotografia retirada em setembro-2017

Os P2, P3 e P7 foram identificados com os menos valores, tanto de IVDN (0,276; 0,262; 0,295), quanto para o IVAS (0,176; 0,181; 0,153). Os dois primeiros estão num processo de degradação por meio de queimadas, enquanto que o último sofre com o corte de lenha (Figura 51), provavelmente como fonte alternativa, devido ao período de estiagem prolongada que a área vinha sofrendo.

Figura 51. Representação da Vegetação dos P2, P3 e P7



Fotografia retirada em setembro-2017

Os últimos pontos P12 e P13 (Figuras 52 e 53), apresentaram os maiores valores de IVDN (0,415 e 0,427) e um dos maiores valores de IVAS (0,261 e 0,228), apesar da diferença entre os valores dos dois índices, ambos representaram os locais com maior presença de vegetação no período seco, o que mais uma vez vem corroborar que os dois são satisfatórios para o estudo e a representação dessa vegetação local.

Figura 52. Representação da Vegetação do P12



Fotografia retirada em setembro-2017

Figura 53. Representação da Vegetação do P13



Fotografia retirada em setembro-2017

Diversos autores afirmaram que o IVAS é o índice mais adequado para o estudo da vegetação de caatinga no período seco (SANTOS et al. 2015; ALVES E AZEVEDO 2015; SILVA E GALVÍNCIO 2012, ALVES E AZEVEDO, 2015; RIBEIRO et al., 2016), em contrapartida, Rêgo et al. (2012) afirmam que ambos os índices são satisfatórios e Francisco et al. (2012) utilizaram o IVDN em sua pesquisa sobre a Caatinga, mesmo no período seco e consideram a resposta eficaz. Desse modo, para o complexo de Serras paraibano também foi possível identificar, a partir das observações em campo, que ambos os índices, tanto no período chuvoso quanto no período seco se apresentam como adequados para representar a vegetação local por meio de dados de Sensoriamento Remoto, porém, nenhum dos índices é totalmente eficaz para classificar a vegetação, quanto ao seu porte, bem como a sua densidade, os índices só poderão ser fieis a realidade caso sejam relacionados aos dados de campo, como porte, densidade, altura. A exemplo, pode-se citar a correlação entre o IVDN e o Índice da Biomassa Lenhosa-IVBL, utilizado na pesquisa de Francisco et al. (2012), a partir da metodologia desenvolvida por Chaves et al. (2008).

3.3.VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO NOS ANOS SECO E CHUVOSO E SUA RELAÇÃO COM O ÍNDICE DE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE - ITU

Já foi identificado a condição diferenciada que o complexo de Serras traz para o ambiente local dentro do semiárido quanto a sua vegetação, pretendeu-se então, identificar se essa condição da vegetação possui uma relação com a umidade da área. Após identificar que os dois índices de vegetação apresentam uma resposta semelhante e que ambos se mostraram eficazes para o estudo da vegetação local, escolheu-se o IVAS para efetuar a correlação com o ITU. Para tanto, foi feita uma análise da relação entre o ITU e o IVAS, observando também a declividade de cada ponto, para verificar se há uma correlação.

O ITU terá uma relação direta com a declividade da área, levando em consideração, também, a área de captação de fluxo, desse modo, será representado a média do ITU e sua relação com a declividade de cada ponto. O ITU apresentou uma variação média para toda a área entre 5,815 e 27,42, porém os pontos analisados variaram entre 8.045 e 13.322. Os pontos que se destacaram com um maior potencial de umidade foram P5 e P6 com valores de 12.066 e 13.322, respectivamente, os menores valores foram dos P7 ao P11, os demais se mantiveram com valores médios (Tabela 7).

Tabela 7. Média do ITU, Declividade (°) e Altitude (m)

Pontos	ITU	Declividade (°)	Altitude (m)
P1	10.359	10.813	375
P2	9.457	9.206	351
P3	11.208	4.285	337
P4	10.966	7.821	364
P5	13.322	4.629	335
P6	12.066	4.194	402
P7	8.045	17.672	552
P8	8.095	13.556	661
P9	8.521	9.64	675
P10	8.763	9.388	712
P11	8.563	16.587	718
P12	9.03	4.714	648
P13	10.794	9.303	296

É perceptível que os pontos com maiores valores de ITU estão relacionados com as menores declividades e por sua vez de altitude, o contrário também acontece, os menores valores são associados as maiores declividades e as áreas mais elevadas, isso

devido a quantidade de acúmulo do fluxo da água, ou seja, o índice leva em consideração a área de fluxo acumulado, dessa forma, as áreas mais íngremes não acumularão fluxo, sendo esse acumulado nas áreas mais planas, como é o caso do P5 e P6, que obtiveram os maiores valores, por estarem localizados próximos a reservatórios de água (Figuras 54, 55 e 56).

Figura 54. Relação entre o ITU e a Declividade (°) de cada ponto

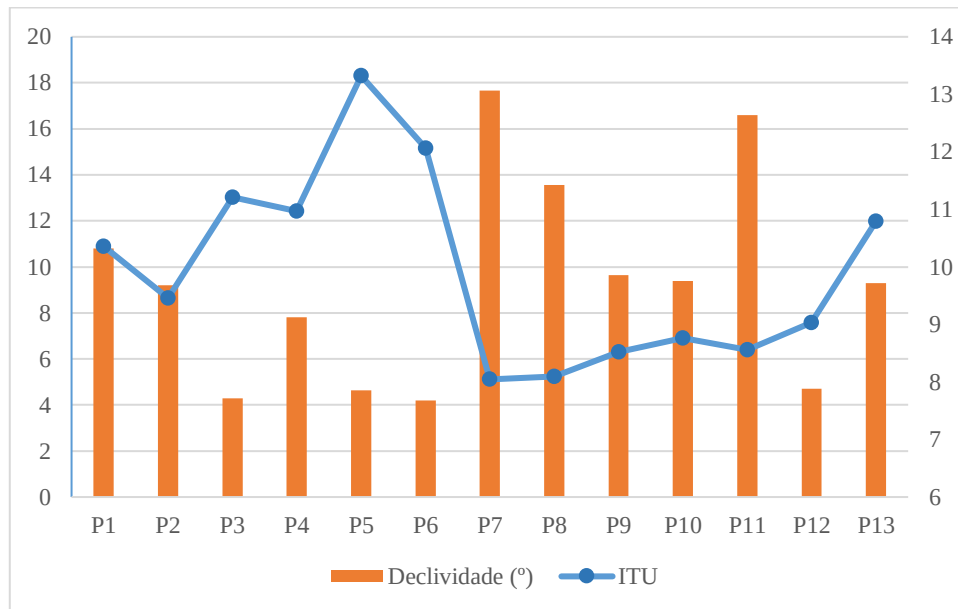


Figura 55. Relação entre o ITU e a Altitude (m) de cada ponto

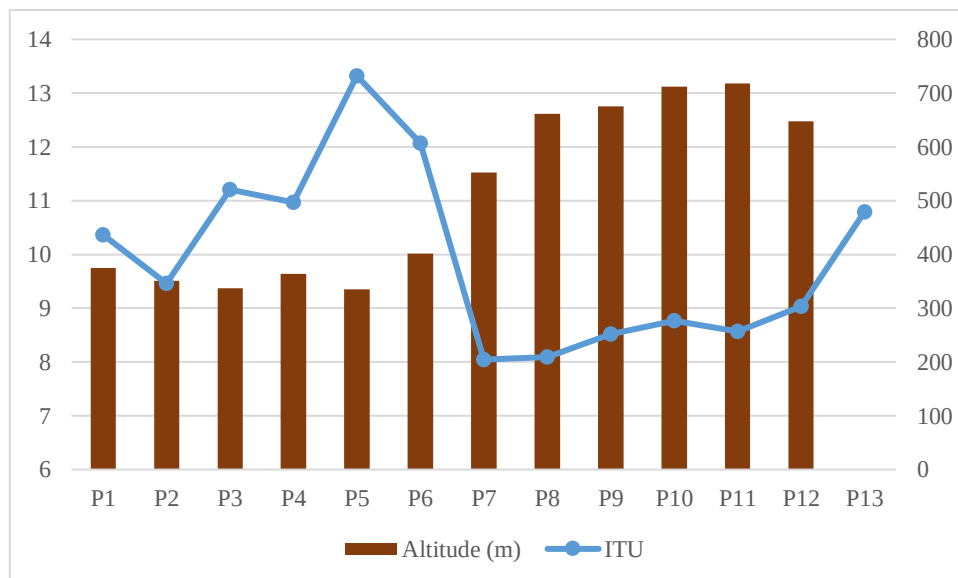
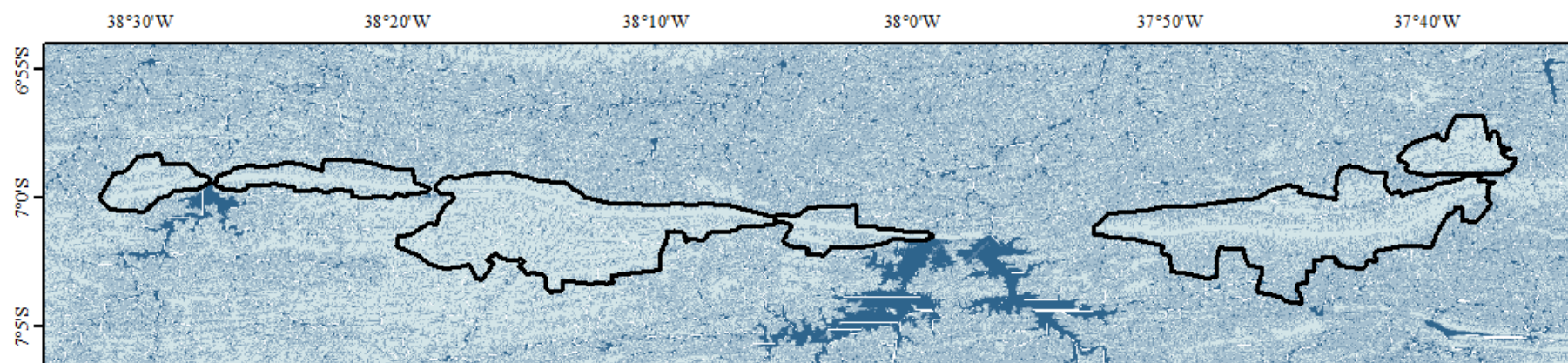


Figura 56. Índice Topográfico de Umidade - ITU

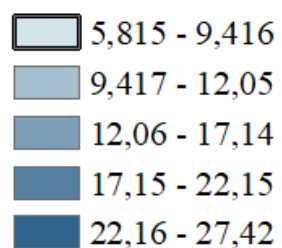


Universidade Federal da Paraíba

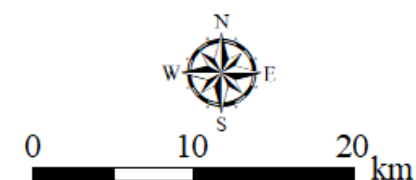
Índice Topográfico de Umidade - ITU



Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos



 PESAS



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: SIRGAS, 2000

Fonte: MDE SRTM (Farr et al., 2007);
Escala: 1:150.000 (considerados os
30 m de resolução do MDE);

3.3.1. Ano chuvoso

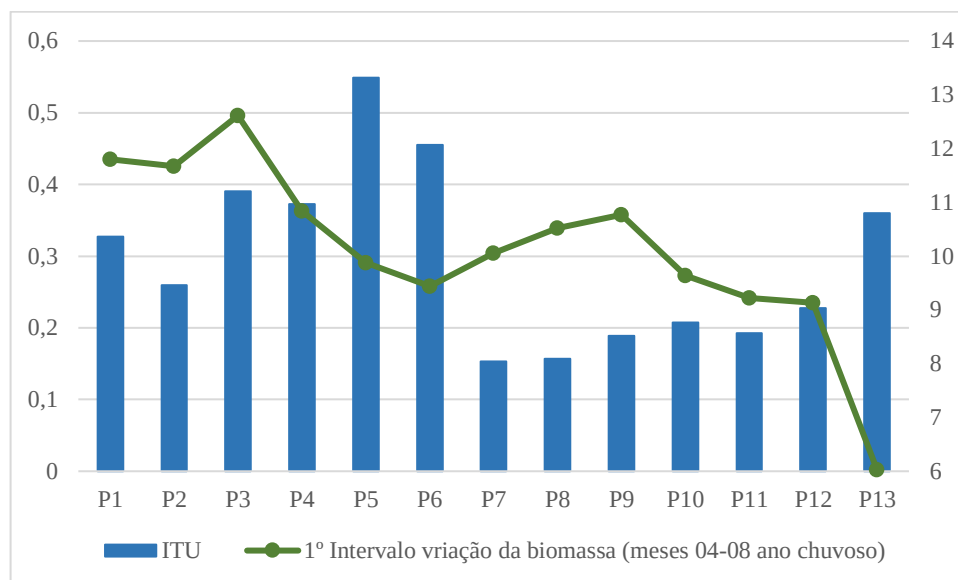
Para a correlação do ITU com o IVAS no ano chuvoso foram utilizados 4 intervalos de observação, obedecendo a ordem de disponibilidade das imagens de satélite sem cobertura de nuvem para a área. Dessa maneira, foi escolhida a primeira imagem referente ao período chuvoso e todas as seguintes até a última imagem do período seco, referente ao ano escolhido. Os valores positivos são referentes a perda da biomassa, enquanto os negativos representam o ganho.

Para o ano chuvoso (2008), o primeiro intervalo analisado foi entre a imagem referente ao mês 04 (abril) e ao mês 08 (agosto). Todos os pontos perderam biomassa, os pontos com maiores perdas foram os P2 e P3 com 74,4,2 e 65,69%, que apresentaram médios valores de ITU. O que menos perdeu foi o P13 com valor de 1.09%, esse ponto obteve médio valor de ITU. Foi possível identificar que os pontos com menores valores de ITU e que apresentaram uma menor perda de biomassa, por sua vez têm uma maior altitude, enquanto os que apresentaram maior valor de ITU, tiveram perdas médias a altas e estão localizados numa menor altitude (Tabela 8; Figura 57).

Tabela 8. Variação de biomassa no 1º intervalo de análise (meses 04-08 ano chuvoso)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	0.435	63.78%
P2	0.425	65.69%
P3	0.496	74.47%
P4	0.363	60.40%
P5	0.291	47.70%
P6	0.258	59.31%
P7	0.304	54.48%
P8	0.339	55.03%
P9	0.358	57.93%
P10	0.273	52.30%
P11	0.242	44.90%
P12	0.235	51.76%
P13	0.002	1.09%

Figura 57. Variação da biomassa da vegetação e sua relação com o ITU 1º intervalo de análise (meses 04-08 ano chuvoso)



O segundo intervalo diz respeito a análise da perda de biomassa dos meses 08 (agosto) e 11 (novembro), todos os pontos perderam biomassa, isso pode ser explicado pelo intervalo de dois meses entre as datas analisada, devido não haver disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvem para a área. O ponto com maior perda de biomassa foi o P8 com 83.03% e os pontos com menores perdas foram o P4 e P6 com 7.56 e 4.52%, respectivamente. Os demais se mantiveram com valores entre 20 a 45%, aproximadamente.

Tabela 9. Variação da biomassa no 2º intervalo de análise (meses 08-11 ano chuvoso)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	0.063	25.51%
P2	0.083	37.39%
P3	0.071	41.76%
P4	0.018	7.56%
P5	0.1	31.35%
P6	0.008	4.52%
P7	0.093	36.61%
P8	0.23	83.03%
P9	0.091	35.00%
P10	0.107	42.97%
P11	0.099	33.33%
P12	0.052	23.74%
P13	0.051	28.18%

Nesse intervalo de análise, os pontos com ITU mais baixos tiveram as maiores perdas de biomassa, enquanto que os maiores valores do índice se mantiveram com perdas médias e baixas (Figura 58). Esse comportamento em que todos os pontos perderam biomassa, pode ser explicado pelo fato de estar no auge do período seco no mês de novembro e pela ausência de precipitação nessa época em todos os postos pluviométricos, com exceção do posto pluviométrico da cidade de Emas que marcou 4,7mm no início do mês de agosto, além do mais, esse posto está mais próximo apenas do P13, o que influenciaria apenas a ele. (Tabela 10).

Figura 58. Variação da biomassa e sua relação com o ITU - 2º Intervalo de análise (meses 08-11 ano chuvoso)

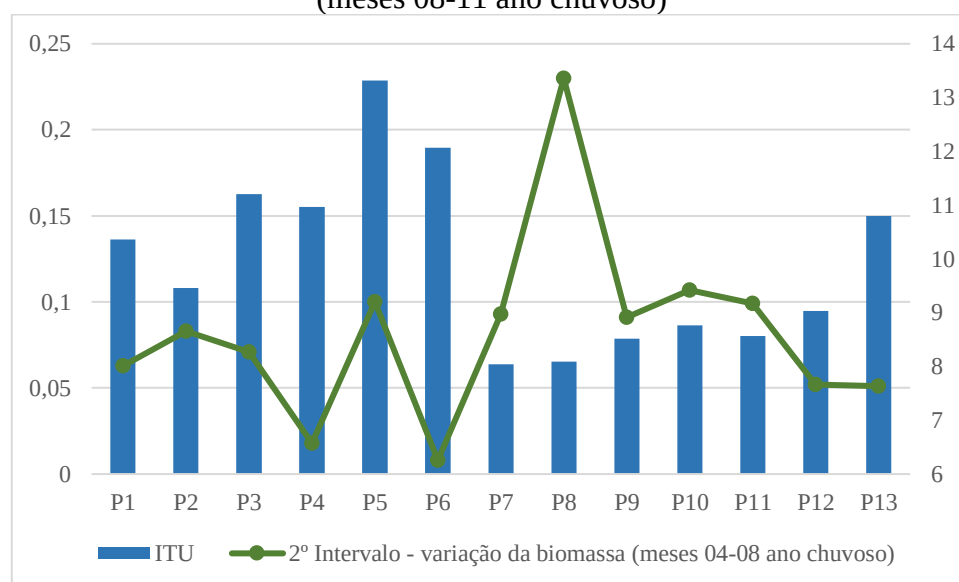


Tabela 10. Precipitação mensal dos postos próximos aos pontos (mm) no ano de 2008

Mês	Aguiar	Coremas	Carrapateira	Emas	Nazarezinho	S. J. da Lagoa Tapada	S. José de Piranhas
1	76.7	91.8	95.8	21.4	152.4	36.2	173.7
2	247.0	237.2	241.4	133.3	210.0	26.0	309.2
3	543.7	530.7	509.4	361.4	563.0	31.7	686.3
4	298.8	244.0	242.7	166.3	194.2	5.2	198.3
5	187.6	233.0	143.4	93.9	235.6	0.0	107.3
6	46.6	34.0	13.0	3.2	18.7	0.0	2.3
7	51.6	33.3	33.6	0.0	17.0	0.0	27.0
8	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	5.6
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	8.8	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	60.9

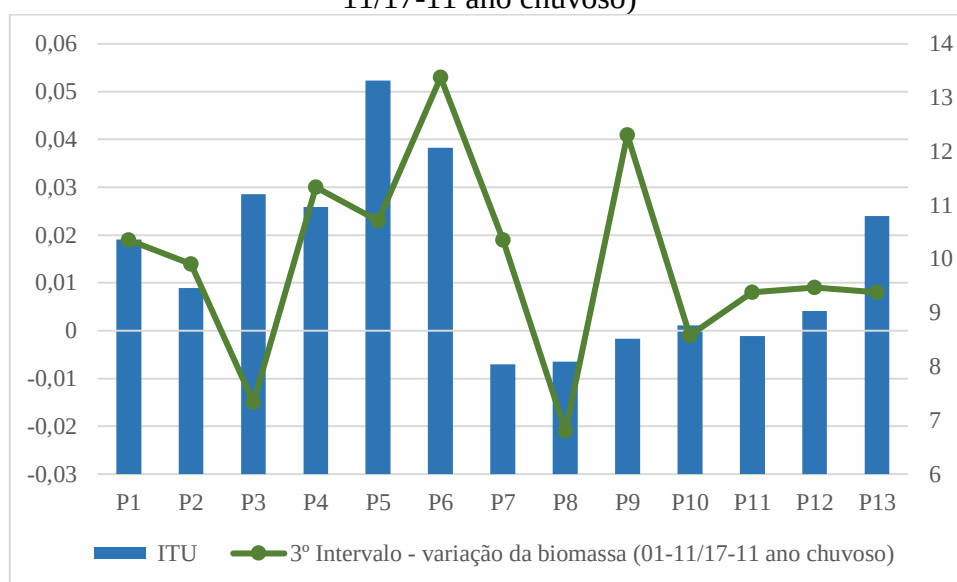
O terceiro intervalo foi entre os dias 1 e 17 do mês de novembro, utilizou-se duas imagens do mesmo mês por não haver disponibilidade de imagens de outros meses que permitissem fechar os quatro intervalos de análises. Os pontos com maiores perdas foram P6 e P9 com 31,36 e 24,26%. Três pontos apresentaram ganho de biomassa o P3, P8 e P10 com um ganho de 1,5, 2,10 e 0,10%, respectivamente. Os demais apresentaram uma perda média entre 4 e 14%, aproximadamente (Tabela 11).

Tabela 11. Variação da biomassa no 3º intervalo de análise (01-11/17-11 ano chuvoso)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	0.019	10.33%
P2	0.014	10.07%
P3	-0.015	1.50%
P4	0.03	13.64%
P5	0.023	10.50%
P6	0.053	31.36%
P7	0.019	11.80%
P8	-0.021	2.10%
P9	0.041	24.26%
P10	-0.001	0.10%
P11	0.008	4.04%
P12	0.009	5.39%
P13	0.008	6.15%

A análise desse intervalo permitiu identificar que três pontos ganharam biomassa, mesmo sem haver precipitação para os últimos quatro meses. Além disso, os P8 e P10 possuem um baixo ITU e ganharam biomassa e ao mesmo tempo o P9 que também possui um valor baixo perdeu uma elevada porcentagem, em uma outra situação o P3 com ITU considerado entre médio e alto também ganhou biomassa, os demais tanto com valores de ITU alto, médio e baixo apresentaram uma perda média, o que significa dizer que não houve um padrão de situações parecidas entre os resultados (Figura 59).

Figura 59. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 3º intervalo de análise (01-11/17-11 ano chuvoso)

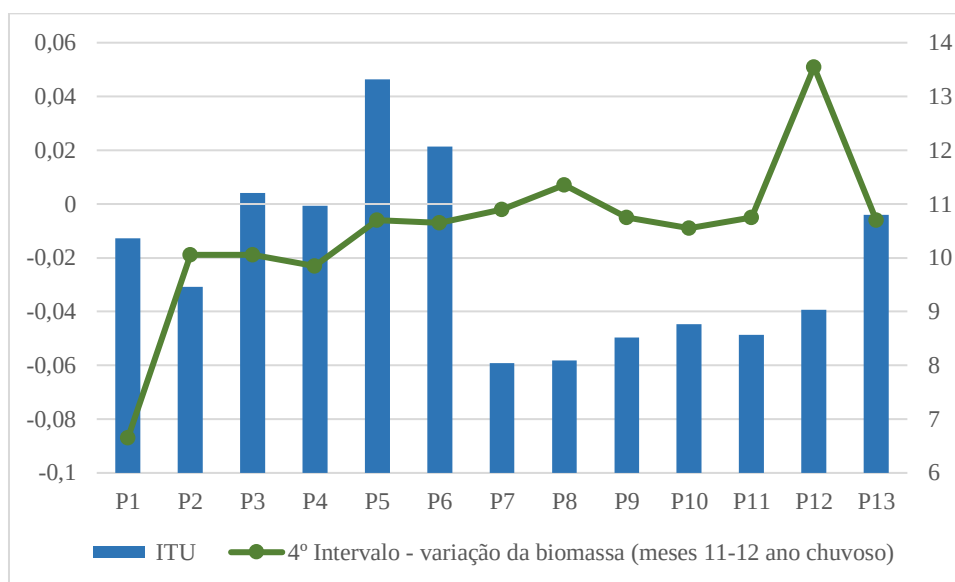


O último intervalo analisado para o ano chuvoso foi entre os meses 11 (novembro) e 12 (dezembro). Nesse intervalo, com exceção dos P8 e P12, todos os outros apresentaram ganho de biomassa. O P1 se destacou como o que maior apresentou ganho com 8,70%, o P12 perdeu 32,28% da sua biomassa e os demais se mantiveram com um ganho entre 1 e 2,5%, aproximadamente (Tabela 12; Figura 60).

Tabela 12. Variação da biomassa no 4º intervalo de análise (meses 11-12 ano chuvoso)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	-0.087	8.70%
P2	-0.019	1.90%
P3	-0.019	1.90%
P4	-0.023	2.30%
P5	-0.006	0.60%
P6	-0.007	0.70%
P7	-0.002	0.20%
P8	0.007	10.29%
P9	-0.005	0.50%
P10	-0.009	0.90%
P11	-0.005	0.50%
P12	0.051	32.28%
P13	-0.006	0.60%

Figura 60. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 4º intervalo de análise
(meses 11-12 ano chuvoso)



Para o último intervalo analisado todos os pontos, exceto os P8 e P12, obtiveram ganho, ou seja, tanto os pontos com baixo, médio e alto ITU obtiveram ganho. Embora, tenha havido a precipitação nos postos de Aguiar (8.8mm), Coremas (10mm) e significativamente em S. José de Piranhas (60.9mm), (Tabela 13), essa não influenciará em todos os pontos, de modo que todos pudessem ganhar biomassa, devido a distância existente entre os postos e os pontos.

Tabela13. Precipitação antes do imageamento

Dias	Aguiar	Coremas	S. José de Piranhas
01	0.0	0.0	0.0
02	0.0	0.0	0.0
03	0.0	0.0	0.0
04	0.0	0.0	0.0
05	0.0	0.0	0.0
06	0.0	0.0	0.0
07	0.0	0.0	0.0
08	0.0	0.0	0.0
09	0.0	0.0	0.0
10	8.8	10	26.7
11	0.0	0.0	34.2
12	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0

3.3.2. Ano seco

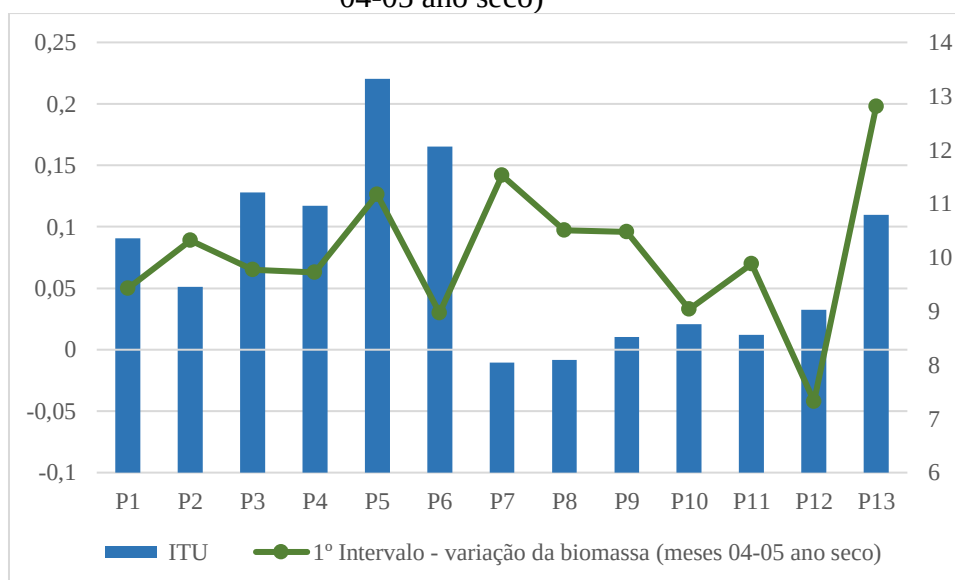
Para o ano seco (2015) também foram analisados 4 intervalos. O primeiro deles faz referência aos meses 04 (abril) e 05 (maio). Para esse intervalo, todos os pontos apresentaram perda de biomassa, com exceção do P12 que apresentou um ganho de 4,20%. Os pontos com as maiores perdas foram os P13, P7, P5 e P3 com um percentual de 39,36, 26,84, 23,91 e 21,50%, respectivamente. Para esses pontos o ITU variou entre médio para os P3 e P13, alto para o P5, que foi identificado como o ponto com o valor mais alto do ITU e baixo para o P7 que foi caracterizado como o menor do índice (Figura 61). É perceptível que também no ano seco, o índice não representou um padrão, no qual os maiores valores estão associados com perda ou ganho de biomassa, pelo contrário, foi

identificado perda de biomassa em pontos com ITU variados, permitindo constatar mais uma vez que tal índice não é eficaz para associar a variação da biomassa.

Tabela 14. Variação da biomassa no 1º intervalo de análise (meses 04-05 ano seco)

Pontos	Variação da biomassa	%
p1	0.05	10.08%
p2	0.089	21.50%
p3	0.065	13.92%
p4	0.063	12.86%
p5	0.126	23.91%
p6	0.03	6.82%
p7	0.142	26.84%
p8	0.097	16.64%
p9	0.096	18.90%
p10	0.033	6.72%
p11	0.07	12.35%
p12	-0.042	4.20%
p13	0.198	39.36%

Figura 61. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 1º intervalo de análise (meses 04-05 ano seco)



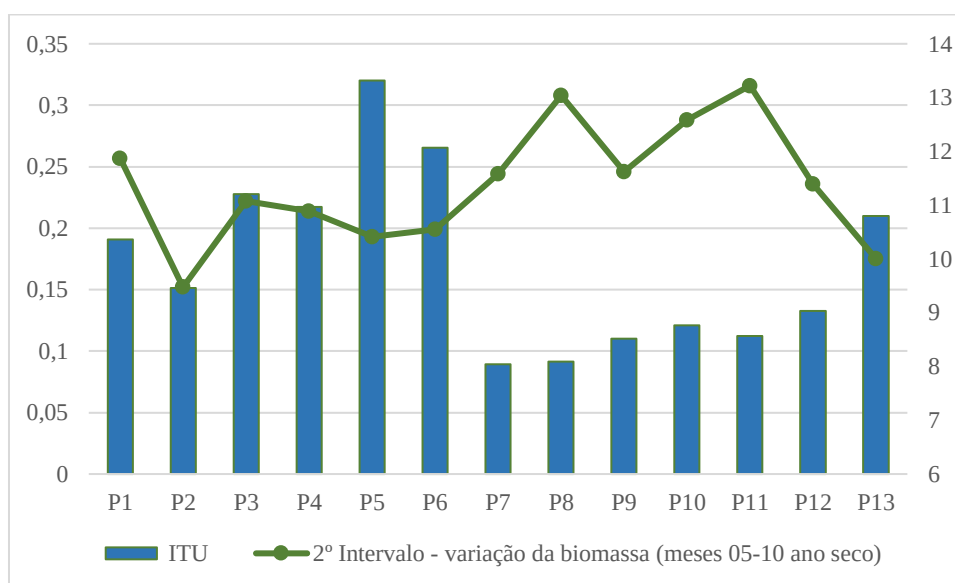
O segundo intervalo analisado para o ano seco foi dos meses 05 (maio) e 10 (outubro). A distância de tempo entre a data das imagens, proporcionou uma perda relativamente maior nesse intervalo, em detrimento dos demais, foram 5 meses de distância entre uma imagem e outra, uma que estava inserida na estação chuvosa e a outra totalmente pertencente a estação seca, fato que tendenciou esses resultados. Todos os

pontos apresentaram uma perda acima de 45%, sendo as maiores de 63,58, 63,37 e 63,05% referentes aos P11, P8 e P7, respectivamente. Todos esses pontos estão localizados no topo da Serra, caracterizados por uma altitude elevada e baixos valores de ITU. O ponto com menor perda foi P2 com 46,77% que possui um ITU baixo (Figura 62).

Tabela 15. Variação da biomassa no 2º intervalo de análise (meses 05-10 ano seco)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	0.257	57.62%
P2	0.152	46.77%
P3	0.222	55.22%
P4	0.214	50.12%
P5	0.193	48.13%
P6	0.199	48.54%
P7	0.244	63.05%
P8	0.308	63.37%
P9	0.246	59.71%
P10	0.288	62.88%
P11	0.316	63.58%
P12	0.236	55.27%
P13	0.175	57.38%

Figura 62. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 2º intervalo de análise (meses 05-10 ano seco)

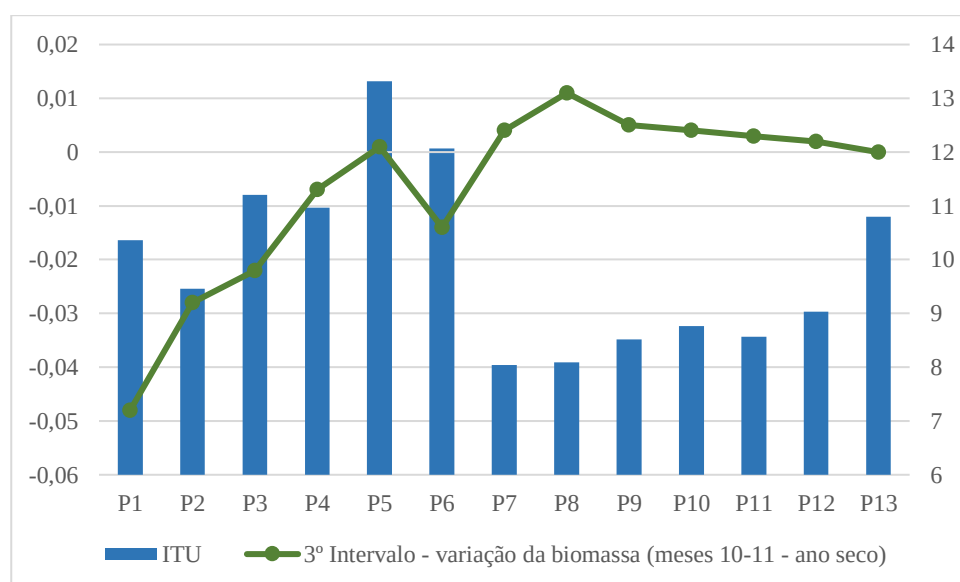


O intervalo seguinte é referente aos meses 10 (outubro) e 11 (novembro), nele, 5 pontos obtiveram um ganho de biomassa, enquanto 7 apresentaram perda e 1 ponto não obteve perda nem ganho. Os pontos que ganharam biomassa foram do P1 ao P4 e o P6 (4.80%; 2.80%; 2.20%; 0.70%; 1.40%, respectivamente), os que obtiveram perda foram P5 e do P7 ao P12 (0.48%; 2.80%; 6.18%; 3.01%; 2.35%; 1.66%; 1.05%, respectivamente), o P13 foi o que não apresentou perda nem ganho de biomassa (Figura 63).

Tabela 16. Variação da biomassa no 3º intervalo de análise (meses 10-11 ano seco)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	-0.048	4.80%
P2	-0.028	2.80%
P3	-0.022	2.20%
P4	-0.007	0.70%
P5	0.001	0.48%
P6	-0.014	1.40%
P7	0.004	2.80%
P8	0.011	6.18%
P9	0.005	3.01%
P10	0.004	2.35%
P11	0.003	1.66%
P12	0.002	1.05%
P13	0	0.00%

Figura 63. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 3º intervalo de análise (meses 10-11 - ano seco)



Alguns postos pluviométricos registraram precipitação nesse intervalo, porém essa foi sempre abaixo de 10mm. e concentradas no dia 31/10, ou seja, 6 dias antes da data da segunda imagem analisada (05/11) para esse intervalo (Tabela 17), desse modo, 5 pontos ganharam biomassa nesse intervalo de análise. Essa precipitação possivelmente influenciou no ganho de biomassa, porém é possível também que tenha havido uma maior quantidade de precipitação no topo da serra com uma proximidade maior dos pontos estudados e que os postos pluviométricos por estarem numa altitude e declividade menor que a dos pontos, não tenham registrado.

Tabela 17. Precipitação entre os intervalos de análise (mês de outubro)

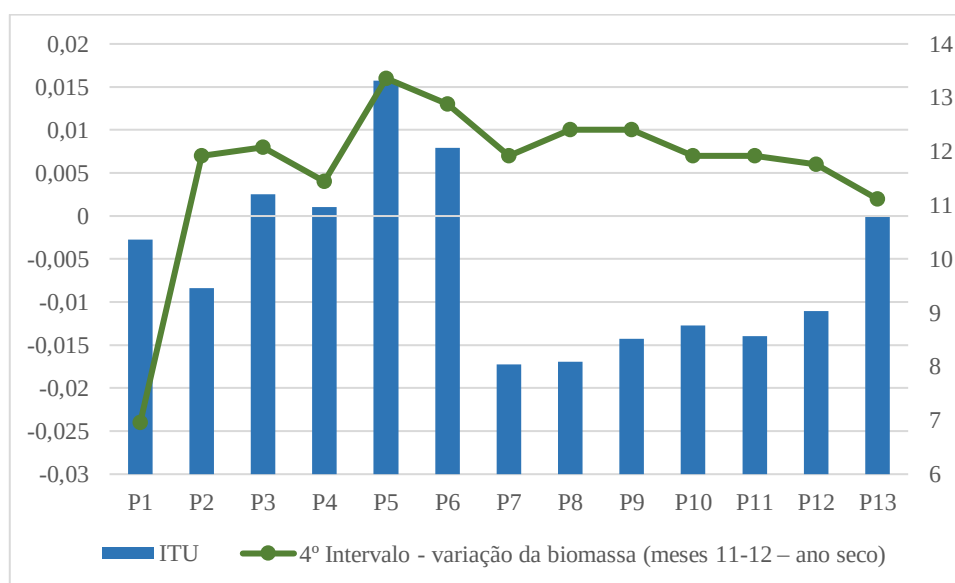
Postos	Dias/ Precipitação (mm)																															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Aguiar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	
Coremas	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Carrapateira	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Emas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Nazarezinho	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	
S. J. da Lagoa																																
Tapada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	
S. J. de																																
Piranhas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	

O último intervalo analisado no ano seco foi entre os meses de 11 (novembro) e 12 (dezembro). Nesse apenas um ponto (P1: 2,40%) apresentou ganho de biomassa, esse ponto possui um ITU médio, os demais todos perderam. As maiores perdas foram dos P5 e P9 (7,73 e 6,21%), o primeiro possui o maior valor de ITU e o segundo possui um dos menores valores, dentre todos os pontos (Tabela 19; Figura 64).

Tabela 18. Variação da biomassa no 4º intervalo de análise (meses 11-12 ano seco)

Pontos	Variação da biomassa	%
P1	-0.024	2.40%
P2	0.007	3.48%
P3	0.008	3.96%
P4	0.004	1.82%
P5	0.016	7.73%
P6	0.013	5.78%
P7	0.007	5.04%
P8	0.01	5.99%
P9	0.01	6.21%
P10	0.007	4.22%
P11	0.007	3.93%
P12	0.006	3.17%
P13	0.002	1.54%

Figura 64. Variação da biomassa e sua relação com o ITU 4º intervalo de análise (meses 11-12 – ano seco)



Foi possível diagnosticar que para ambos os anos (chuvoso e seco) os pontos os quais perderam ou ganharam biomassa, possuíam uma variação considerável do índice topográfico de umidade, ou seja, pontos com altos valores do índice perderam mais em um intervalo, e menos em outro, permitindo concluir que esse não é representativo da quantidade de umidade existente na área, pois ele leva em consideração a área acumulada e a parte das serras onde havia maior presença de vegetação era no topo, onde exatamente não há um acúmulo do fluxo, o que proporcionou um baixo ITU nas áreas onde haviam maior concentração de biomassa.

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos no Brasil utilizando o índice topográfico de umidade, e embora alguns utilizem os índices de vegetação não há uma correlação entre eles. Lunguinho et al. (2016) analisaram o ITU em conjunto com o IVDN, os autores utilizaram o ITU para entender a influência que os inselbergs exercem na existência de áreas mais úmidas na caatinga. Os autores constataram que esses afloramentos apresentam declividades mais acentuadas em torno de 18 a 39 graus, favorecendo o escoamento superficial pra áreas e ao entorno, fazendo com que haja uma manutenção da vegetação.

Em uma análise feita numa unidade de conservação no Paraná Hung et al. (2016) utilizaram o ITU como suporte ao planejamento e gestão dessa. Os autores constataram que o índice se mostrou eficaz no mapeamento de ambientes hidromórficos através da análise da distribuição espacial de solos e da paisagem.

Na bacia do Lajeado Ferreira no Rio Grande do Sul, Minella e Merten (2012), utilizaram o ITU aplicado à modelagem agrícola e ambiental, os autores concluíram que a utilização de índices topográficos representa uma contribuição relevante para o planejamento agrícola e ambiental através da modelagem de processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos.

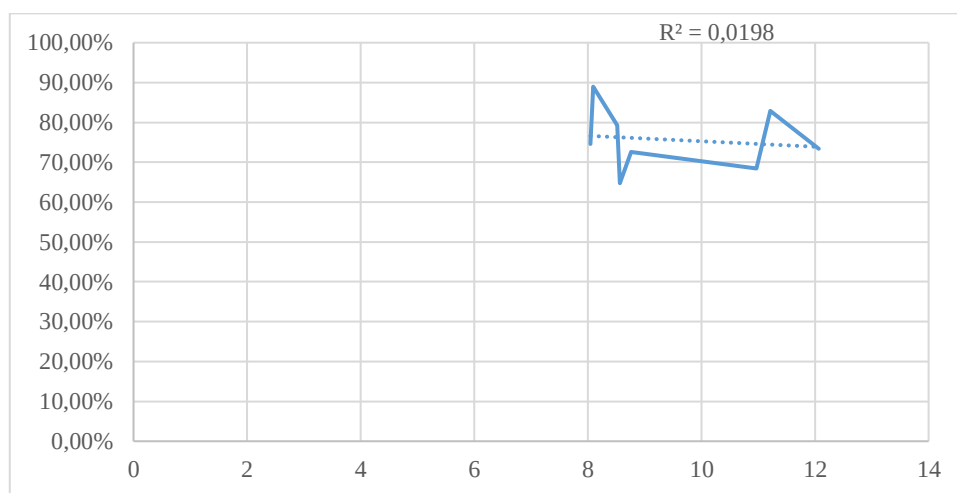
Diante do exposto é possível enxergar que os trabalhos com ITU no Brasil estão relacionados com planejamento, mapeamento de ambientes hidromórficos, bem como métodos para mapeamento de solo (COELHO e GIASSON, 2010), mas não necessariamente correlacionando com a vegetação, como foi o foco dessa pesquisa.

3.4.CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O ITU E O IVAS NOS ANOS CHUVOSO E SECO

Visualmente foi possível verificar que não há uma relação de perda e ganho de biomassa com os valores do ITU no ano chuvoso, para corroborar essa afirmativa foi feita a correlação de Pearson para identificar estatisticamente a correlação linear entre as duas variáveis.

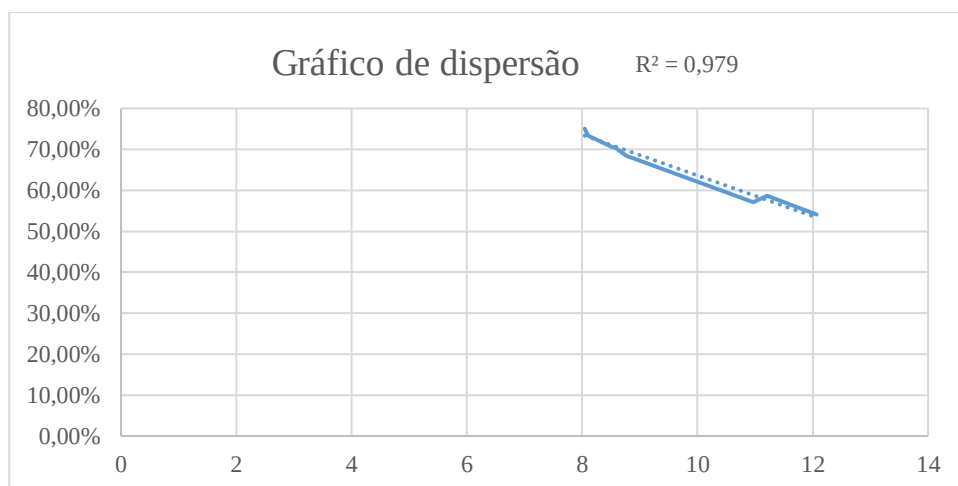
De acordo com a Figura 65, é possível observar que não houve uma correlação entre os pontos, além de não apresentar uma relação de linearidade, o fator de correlação r^2 mostrou que a representatividade foi de menos de 2%, significando dizer que para o ano chuvoso não há correlação entre os valores de ITU e a variação da biomassa.

Figura 65. Correlação de Pearson entre o ITU e a variação da biomassa (ano chuvoso)



Para o Ano Seco embora as análises de relação tenham destoado, assim como no ano chuvoso, não havendo um padrão dessa relação entre os pontos, os dados estatísticos mostraram uma correlação linear entre as duas variáveis, chegando a representar 97% (Figura 66).

Figura 66. Correlação de Pearson entre o ITU e a variação da biomassa (ano seco)



Os dados permitiram constatar que a medida em que os valores do índice de vegetação são maiores, essa correlação tende a ser menor, do contrário haverá uma correlação maior. E embora tenha havido uma correlação positiva para o ano seco, alguns pontos vão se mostrar sempre destoando dessa afirmativa, ou seja, sempre se apresentarão com uma correlação baixa. Isso significa que o ITU não é um bom indicador para correlacionar com a presença e variação da biomassa, visto que, esse levará em consideração a área de captação, e para a área em estudo, exatamente onde tem um maior índice de biomassa essa área de captação é menor, dessa maneira, o índice não representa a umidade existente no topo das serras, portanto, não havendo uma relação entre o ITU e os valores de IV.

Embora, deve-se também levar em consideração a relação do uso da superfície, ou seja, as áreas mais elevadas e de maior declividade são mais conservadas, pois terão um difícil acesso, sendo um obstáculo para o seu uso, o que faz com que a população local utilize as áreas menos íngremes. Desse modo, nas áreas mais planas onde o ITU apresenta maiores valores, tem um menor índice de biomassa, devido ao uso mais excessivo da superfície, dificultando as análises e apresentando uma menor correlação. Outro ponto que se deve levar em consideração é a baixa resolução do pixel (30m) que não permite uma análise mais detalhada, quanto a resolução espacial, bem como os possíveis erros que podem ocorrer na extração dos dados topográficos, como superestimava da altitude e declividade, por exemplo.

Outro fator que corrobora essa afirmativa, de baixa qualidade dos dados, é o fato da vegetação apresentar um ganho de biomassa (nos dois anos) nos meses de novembro e dezembro, no qual não foi registrada precipitação para o primeiro (novembro) e no segundo (dezembro), essa precipitação não foi considerável em todos os postos pluviométricos que pudessem cobrir toda a área dos pontos estudados. Esse ganho de biomassa no intervalo em que não houve precipitação registrada nos postos, indica que esses não representam a precipitação que possivelmente caia no topo das Serras, por fatores como a distância dos postos para o topo, bem como a altitude e até outros tipos de precipitação como o orvalho que embora seja captado em uma quantidade irrisória pelos postos pluviométricos terão influência na manutenção da umidade para a vegetação (Figura 67).

É possível observar a considerável diferença entre a altitude dos postos pluviométricos e a dos pontos analisados (Tabela 19). O posto que apresenta uma maior altitude é o de Carrapateira que está a 382m, porém existem pontos que chegam a 712 e 718m e que apresentam uma distância de aproximadamente 75km. do posto. A menor distância entre posto e ponto é de 13,5 a 14km, aproximadamente, trata-se do posto de Nazarezinho e dos P8, P9, P11 e P12 (Tabela 20), porém a diferença de altitude entre posto e pontos é de mais de 400m, mesmo quando há uma menor distância, haverá uma diferença hipsométrica considerável.

Tabela 19. Comparação da Altitude dos Pontos analisados e dos Postos pluviométricos

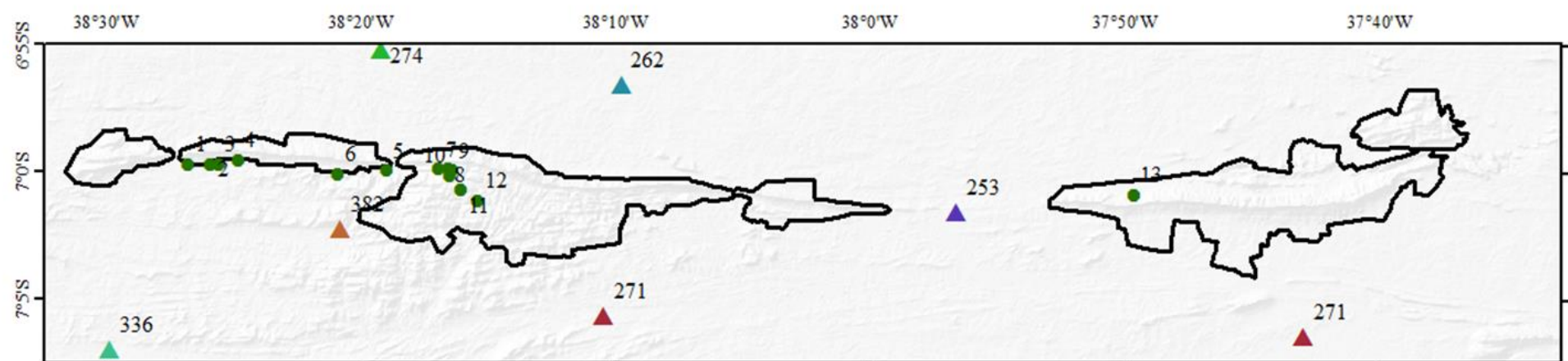
Altitude dos Pontos (m)		Altitude dos postos(m)	
P1	375	Aguiar	271
P2	351	Carrapateira	382
P3	337	Coremas	253
P4	364	Emas	271
P5	335	Nazarezinho	274
P6	402	S. J. da Lagoa Tapada	262
P7	552	S. J. de Piranhas	336
P8	661		
P9	675		
P10	712		
P11	718		
P12	648		
P13	296		

Tabela 20. Distância entre os pontos analisados e os postos pluviométricos

Postos Pluviométricos	Distância dos Pontos Analisados (km)												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Aguiar	31.94	30.44	29.91	28.71	18.91	21.77	15.94	15.44	15.16	15.03	13.75	12.31	39.27
Carrapateira	93.06	92.02	91.47	90.11	79.47	82.85	75.74	75.08	74.76	74.84	73.87	72.53	27.25
Coremas	81.54	79.96	79.41	78.05	67.39	70.78	63.66	63.01	62.69	62.77	61.8	60.47	15.97
Emas	38.68	37.32	36.85	35.85	27.26	29.57	24.89	24.49	24.24	24.04	22.74	21.4	39.8
Nazarezinho	31.82	30.25	29.7	28.24	18.13	21.51	14.56	13.96	13.72	14.02	13.86	13.34	37.86
S. J. da Lagoa Tapada	14.53	15.22	15.49	16.53	23.78	20.77	27.11	27.7	27.93	27.63	27.91	28.71	74.84
S. J. de Piranhas	22.93	21.95	21.62	20.55	18.02	18.7	18.21	18.36	18.51	18.82	20	21.1	57.07

Também é interessante destacar o quanto é comum em áreas semiáridas a ocorrência de chuvas torrenciais, especialmente nas áreas de Serras, o fato dessas chuvas serem bem localizadas podem fazer com que elas não ocorram nas áreas dos postos pluviométricos e por sua vez, esses não cheguem a armazenar essa pluviosidade excedente.

Figura 67. Espacialização dos postos pluviométricos e dos pontos estudados



Universidade Federal da Paraíba

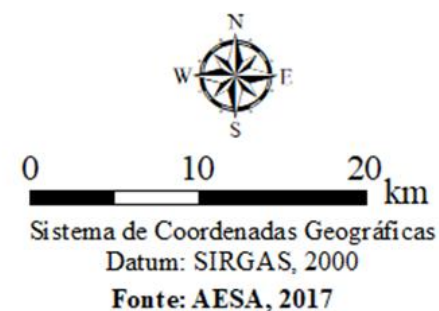
Localização e altitude dos Postos pluviométricos e pontos analisados



Grupo de Estudo em Ambientes Fluviais Semiáridos

Altitude (m)

▲ 253 - Coremas	P1 - 375	P8 - 661
▲ 262 - S. J. da Lagoa Tapada	P2 - 351	P9 - 675
▲ 271 - Aguiar/ Emas	P3 - 337	P10 - 712
▲ 274 - Nazarezinho	P4 - 364	P11 - 718
▲ 336 - S. J. de Piranhas	P5 - 335	P12 - 648
▲ 382 - Carrapateira	P6 - 402	P13 - 296
	P7 - 552	□ PESAS



A vegetação existente no complexo de Serras, mantém-se devido a interação entre o clima local influenciado pela altitude, que proporcionara uma maior umidade e um regime de precipitação diferenciada, porém o índice topográfico de umidade não foi eficaz como indicador da relação entre umidade e vegetação, nem os postos pluviométricos são capazes de representar a precipitação que possivelmente caia no topo das Serras. Em geral, é possível identificar que há uma condição diferenciada tanto com relação a vegetação quanto ao regime pluviométrico principalmente das áreas do topo das serras, embora não tenha havido uma correlação direta com o índice topográfico de umidade, os resultados permitem a percepção de que há a existência de uma diferenciação na paisagem, dando margem para que possa ser efetuada uma categorização e/ou classificação da mesma.

3.5. CLASSIFICAÇÃO POR UNIDADES DE PAISAGENS - UP

As informações usadas para gerar as unidades de paisagem foram altitude, declividade e vegetação, desse modo foram classificadas quatro Unidades de Paisagens: Pedimento, Topo plano, Topo convexo e Escarpa (Figura 68).

O Pedimento foi classificado a partir das áreas planas com declividade de até 8° e altitude de até 300m. Essa unidade representa a maior parte da área, desenvolveu-se associada ao processo erosivo de regressão de escarpas, comumente encontrada nas áreas de clima semiárido, nela está presente uma vegetação mais arbustiva e com um maior grau de degradação, por ser uma área mais plana, tende a ser mais povoada e mais utilizada quanto ao uso da superfície, onde a população desenvolve suas moradias e boa parte de suas atividades agrícolas (Figura 69).

Figura 68. Classificação por Unidades de Paisagens

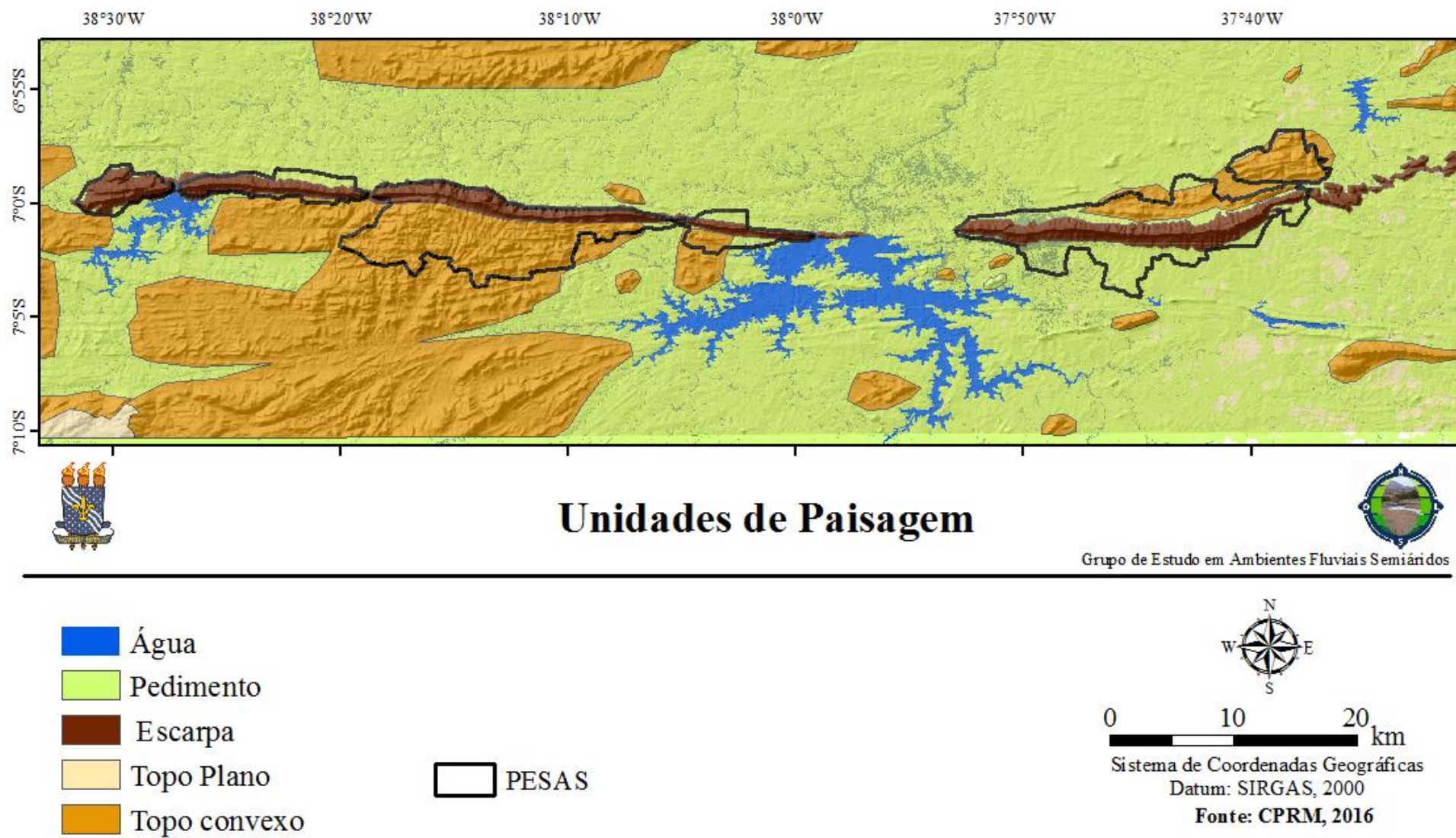


Figura 69. Unidade de Pedimento



O topo convexo (Figura 70), foi a segunda unidade de maior representatividade, foram as áreas com maior altitude e médias declividades, são formas que apresentam topos aguçados, nessa unidade estão situadas a vegetação de porte mais arbóreo, são áreas em que o uso já se torna menos expressivo, embora ainda seja possível encontrar em alguns pontos a substituição da vegetação natural por práticas agrícolas.

A outra Unidade de Paisagem identificada foi a classe nomeada como Topos planos, são caracterizadas por apresentarem altitude elevada e declividade baixa, essa foi a unidade menos representativa na área.

Figura 70. Unidade de Topos convexos



Por fim, foi classificada a área mais alta e mais íngreme como a Unidade de Escarpa, está localizada em toda a parte central do complexo de Serras, configura-se como uma forma montanhosa e acidentada com vertentes retilíneas e onde também pode ser encontrada vegetação de porte arbóreo denso e mais conservada, essa condição está relacionada ao dificultoso acesso a essa área, fazendo com o uso e a ocupação na unidade Escarpa seja menos intenso (Figura 71).

Figura 71.Unidade de Escarpa



A metodologia de classificação das unidades de paisagem vem se configurando como uma ferramenta de análise dentro da Geografia, essa classificação pode ser feita a partir de dados como relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos. Algumas pesquisas foram desenvolvidas no Brasil e no Nordeste utilizando alguns desses elementos. Amorim e Oliveira (2008) fizeram uma classificação por unidades de paisagem na cidade de São Vicente - SP utilizando dados geomorfológicos, eles dividiram em 5 unidades.

No Paraná também foi feita uma classificação usando dados de declividade, solos e uso e ocupação, as informações integradas deram origem a 9 unidades (BRAGATTO et al., 2013)

Para o estado do Ceará Rodriguez e Silva (2002) utilizaram esse tipo de classificação utilizando dados de clima, relevo, solos e uso e ocupação da terra, integrando essas informações eles categorizaram várias unidades para todo estado e associaram ao grau de vulnerabilidade a desertificação.

No semiárido, mais precisamente no Seridó do Rio Grande do Norte, categorizaram a microrregião em 6 classes também usando terminologias da geomorfologia (DINIZ e OLIVEIRA, 2015).

Na Paraíba, Monteiro e Souza (2015) fizeram uma identificação das unidades de paisagem e da degradação ambiental da Apa das Onças no município de São João do Tigre, os autores integraram as informações de altitude e vegetação e identificaram três unidades: caatinga hipoxerófila, mata serrana e brejo de altitude. Para a mesma área de estudo Lima e Silva (2015) fizeram uma classificação ecodinâmica das UP, integrando dados de geologia, geomorfologia, pedologia, pluviometria e vegetação delimitando 6 unidades.

Após a análise integrada dos elementos fisiográficos do complexo de serras, foi possível identificar que devido sua disposição orográfica há um desenvolvimento diferenciado do regime de chuvas, que podem chegar a aproximadamente 1050mm/ano, de solos e vegetação, no qual foram identificadas áreas de caatinga arbórea densa. Essa interação aliada ao seu relevo de altitude média e superfícies aplainadas, faz do complexo de Serras um local diferenciado dentro do Semiárido seco, ao qual pode ser possível de classificá-lo como um enclave subúmido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



*“Toda conclusão humana é
apenas uma tese esperando
uma antítese”.*
(Rodrigo Quito)

O complexo de Serras possui um regime diferencial quanto aos seus aspectos geoambientais, a interação entre a geologia, geomorfologia e clima da área permite a existência de um ambiente particular dentro do Semiárido, proporcionando um regime de precipitação diferente e por sua vez um desenvolvimento de uma vegetação local, com características de porte e densidade distintas da vegetação habitual de caatinga.

A comparação entre os índices de vegetação (IVDN e IVAS), permitiu compreender que ambos são satisfatórios para a quantificação e representação da vegetação local, porém, não é totalmente satisfatório para a classificação dos tipos de vegetação, uma vez que, é necessário a correlação com os dados de campo.

O índice topográfico de umidade não apresentou uma correlação com a variação da biomassa para o ano chuvoso, mas apresentou para o ano seco, se mostrando ineficaz como um indicador da relação entre vegetação e a umidade, pois os dados estatísticos não foram condizentes com a análise da relação dos intervalos de variação da biomassa e o ITU para o referido período. Essa baixa correlação pode estar relacionada com a área de captação, por ser maior nas áreas mais baixas e planas, onde a vegetação apresentou um menor índice de biomassa, bem como pode estar associada a rápida resposta da vegetação aos condicionantes locais como o clima e as alterações antrópicas que farão com que os arranjos de espécies sejam distintos e acabem se comportando de forma diferenciada entre o topo e a base. É provável que o ITU seja mais eficaz para o entendimento da influência da umidade ao analisar outros fatores ambientais, cuja mudança e a variação sejam mais lentas, como por exemplo, os solos.

A vegetação local, mantém-se devido a interação entre o clima local influenciado pela altitude, que proporcionará uma maior umidade e um regime de precipitação diferenciado, porém os postos pluviométricos não são capazes de representar fielmente a precipitação que possivelmente caia no topo das Serras, devido à baixa qualidade e espacialização dos dados de chuvas, bem como a falta de monitoramento do orvalho, que mesmo em uma quantidade menor, influenciará na manutenção da umidade para a vegetação.

Foram identificadas a partir da integração dos dados de altitude, declividade, uso e ocupação da superfície e vegetação 4 Unidades de Paisagens: o Pedimento, Topo Convexo, Topo Plano e Escarpa. A análise integrada dos elementos fisiográficos aliada ao seu relevo de altitude média e superfícies aplainadas, faz do complexo de Serras um local diferenciado dentro do Semiárido seco, ao qual pode ser classificado como um enclave subúmido.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras, *Geomorfologia* 43, 1–39. **Google Scholar**, 1974.
- AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia à serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*. São Paulo, v. 18, 1969.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA-AESA, 2010
- ALCÁNTARA AYALA, Irasema. Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. **Revista Mexicana de Ciencias Geológicas**, v. 17, n. 1, 2000.
- ALI, Geneviève A.; ROY, André G.; LEGENDRE, Pierre. Spatial relationships between soil moisture patterns and topographic variables at multiple scales in a humid temperate forested catchment. *Water Resources Research*, v. 46, n. 10, 2010.
- ALLEN, R. G. et al. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation, version**, v. 1, p. 97, 2002.
- ALLEN, Richard G.; TASUMI, Masahiro; TREZZA, Ricardo. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 133, n. 4, p. 380-394, 2007.
- ANDRADE, Leidiane do Livramento; SOUZA, Leticia Helena de; SAKURAGI, Jójhy; CASTRO, Ruy Morgado de. Estudo de ilhas de calor na Cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE. Florianópolis, 2007, p. 473-480.
- ANDRADE-LIMA, D. 1981. The Caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 149-163.
- ARAÚJO FILHO, J. C.. Relação Solo e Paisagem no Bioma Caatinga XXXIII Congresso

Brasileiro de Ciência do Solos. Aptidão pedoclimática das culturas dos feijões caupi e comum para o Estado de Alagoas. 2011.

ARAÚJO, Elânia Daniele Silva. Sensoriamento Remoto na análise das mudanças ambientais na cidade de Campina Grande-PB. Campina Grande, 2015. 55p.

AZEVEDO, Pedro Vieira de; ALVES, Telma Lucia Bezerra. Análise da variação espacial e temporal do índice de vegetação e sua relação com parâmetros climáticos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 530-553, 2015.

BAHIA, Ruy Benedito Calliari et al. Análise da evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis através de Métodos Potenciais. 2007.

BANDA, Karina et al. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016.

BESSE, Jean-Marc. Ver a Terra: seis ensaios sobre a paisagem e a geografia. Trad. Vladimir Bartalini. São Paulo: Perspectiva, 2006.

BASTIAANSEN, W.G.M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, v.229, p.87-100, 2000.

BERTALANFFY, L. v. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra. n.13. São Paulo, 1971. 27p.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. *Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest*, v. 39, fasc. 3, 1968. p. 249-272.

BÉTARD, François; PIERRE, Jean; SALES, Vanda Claudino. Caracterização Morfopedológica de uma Serra Úmida no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro: o caso do maciço de Baturité-CE. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*. n12, 2007. p. 107-126.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrologic Science Bulletin*, v.24, n.1, p.43–69. 1979.

BEZAURY Creel, Juan E. 2009. El valor de los bienes y servicios que las Áreas Naturales Protegidas proveen a los mexicanos. México: The Nature Conservancy

BRANCO, S. M. Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 143p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972. 683p. Boletim Técnico 15, Série Pedologia, 8.

BRASIL. Ministério do Interior. Mapa geológico: escala 1:25.000.000. Recife: SUDENE, 1974.

CAPEL, H. Filosofia Y Ciencia en la Geografia Contemporanea. Barcelona: Temas Unversitários, 1982

CARDENAS, F. P. A. Zoneamento Geoambiental de uma parte da Bacia do Rio Nechí– Colômbia, por meio de Técnicas de Geoprocessamento. **Brasília: UnB/IG (Dissertação de Mestrado nº 137)**, 1999.

CASSETI, Valter. Geomorfologia. **Fundação de Apoio a Pesquisa–FUNAPE/UFG**, 2005.

CASSETTI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991.

CASTELLETTI, C.H.M.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A.M.M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA J.M.C. TABARELLI, M. & FONSECA, M.T. (Orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. Da descrição de áreas à teoria dos geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas. Pernambuco, 2013. 218p.

CERVANTES-BORJA, J.; ALFARO-SÁNCHEZ, G. La ecologia del paisaje en el contexto Del desarrollo sustentable. In: Salinas Cháves, Eduardo; Middleton, John. (Orgs.) La ecologia del paisaje como base para el desarrollo sustentable em América Latina, 1998.

CHAVES, L.B.; FRANCISCO, P.R.M.; LIMA, E.R.V.de; SILVA, B.B.da; BRANDÃO, Z.N. CHAVES, L.H.G. Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e da degradação da Caatinga da Bacia do Rio Taperoá-PB. In: SILVA, B.B.da. (Org), Aplicações ambientais

brasileiras de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Campina Grande: EDUEFG, 2013, p.1-31.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: A abordagem da Teoria do Caos e da geometria fractal em Geografia. In: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. (org.) Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A.. Desenvolvimento da quantificação em geografia. Geociencias, n. no. especial, p. 67-78, 1990.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 52, n. 2, p. 21-35, 1990.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CIRILO, J. A. C. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. Estudos Avançados, v.22, p.61-82, 2008.

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale. "do São Francisco." *Inventário de projetos. CODEVASF, Brasília* (1999).

CORRÊA, A.C.B., TAVARES, B.A.C., MONTEIRO, K.A., CAVALCANTI, L.C.S., LIRA, D.R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico. São Paulo, 31 (1/2), 2010. p.35-52.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros (2001). Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro, Curso de PósGraduação em Geografia, Rio Claro.s

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. TAVARES, Bruno de Azevêdo Cavalcanti; MONTEIRO, Kleython de Araújo; CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; LIRA, Daniel Rodrigues de. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. Revista do Instituto Geológico, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

DALBEM, R. P. MOURA, Angelita Rolim de; JORGE, Felipe Vanhoni; MOROKAWA, Mayara; VALASKI, Simone. Delimitação de unidades de paisagem: conceito e método aplicados ao município de Paranaguá/PR/ Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2005. p. 3429-3438. 1 CD-ROM.

DE LIMA, Fabiana Silva; ALMEIDA, Nadjacleia Vilar. Dinâmica Espaço-temporal da Cobertura Vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil (Spatial and temporal dynamic of the vegetation cover in the environmental protection area (EPA) of Cariri, Paraíba-PB, Brasil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 699-721, 2017.

DUPUIS-TATE M.-F., 1998, Le paysage fluvial des paysagistes d'aménagement, *Revue de géographie de Lyon*, volume 73, n° 4, p. 285-292.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro:2013. 83p.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

Esau, K. 1974. Anatomia das plantas com sementes. Edgard Blücher, São Paulo. 293p

FEITOSA, Fernando AC et al. Estudos Hidrogeológicos de Bacias Sedimentares da Região Semiárida do Nordeste Brasileiro. Brasília, Ministério de Minas e Energia-Secretaria de Minas e Metalurgia-Serviço Geológico do Brasil, 2004.

FIERZ, M. M. A teoria do equilíbrio dinâmico em geomorfologia. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 605-629, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em Sensoriamento Remoto. Oficina de textos, 3ed. São Paulo, 2011. 128p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos, 2002.

FOLHARINI, Saulo de Oliveira; OLIVEIRA, Regina Célia de. Proposta de zoneamento ambiental para o município de São José do Rio Pardo-SP. *Geografia*, Londrina, v. 22, n. 1, p.95-116, 2013.

FRANÇA, Carmena Ferreira de; PIMENTEL, Márcia Aparecida da Silva; PROST, Maria Thereza Ribeiro da Costa. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha de Marajó, norte do Brasil. *Anais do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra*. 10p. 2010.

FRANÇA, Carmena Ferreira de; PIMENTEL, Márcia Aparecida da Silva; PROST, Maria Thereza Ribeiro da Costa. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha de Marajó, norte do Brasil. *Anais do VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra*. Portugal, 2010. 10p.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megma et al. Mapeamento da Caatinga com Uso de Geotecnologia e Análise da Umidade Antecedente em Bacia Hidrográfica (Mapping of Caatinga with Use of Geotechnology and Analysis of Antecedent Humidity in Hydrographic Basin). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 676-693, 2012.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO – FUNDAJ. Semi-árido: Proposta de convivência com a seca. 2002.

Fundação Joaquim Nabuco, 2015. Estação Ecológica Raso da Catarina, cap 6.

Garda, E. C. Atlas do meio ambiente do Brasil. 2.ed. Brasília: Terra Viva/EMBRAPA, 1996. 138p.

GOETHE, J. W. As Afinidades Eletivas. São Paulo, Nova Alexandrina, 1992.

GOMES, Paulo Cesar da C. Geografia e Modernidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GREGORY, K. J. A Natureza da Geografia Física. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1992. 367p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. Geomofologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HAIGH, M. J. Geography and general systems theory, philosophical homologies and current practice. *Geoforum*, 16(2): 191 – 203, 1985.

HARDY, Andrew J. Mapping soil moisture as an indicator of transport corridor slope instability using remotely sensed data. *Journal of Maps*, v. 6, n. sup1, p. 1-11, 2010.

HASUI, Yociteru et al. (Ed.). **Geologia do Brasil**. Beca, 2012.

HASUI, Yociteru et al. *Geologia do Brasil*. São Paulo, SP: Beca, 2012.

HOWARD, A. D. (1973) – Equilíbrio e Dinâmica dos sistemas Geomorfológicos. *Nor. Geomorf.*, 13(26): 3-20.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation índices for soil influences. *International Agrophysics*, V 4, nº 4., p. 367-376, 1998.

HUNG, M.N.W.B.; WROBLEWSKI, C.A.; OLIVEIRA, J.G.; PAULA, E.V. Utilização do Índice Topográfico de Umidade como suporte ao Planejamento e Gestão Ambiental de Unidades de Conservação de Uso Sustentável. *Anais do XI SINAGEO*, 2016. 6p.

INPE, 2010. TOPODATA: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos: INPE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cadastro de Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2 ed., 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. INPE Nordeste mapeia desmatamento da Caatinga. 2015.

JACKSON, R. D. & HUETE, A. R. Interpreting vegetation índices. *Preventive veterinary Medicine*, 11 185-200. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1991.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 95-133.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.95-133. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p.222

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratorio-reconhecimento de solos do estado do Ceara. descricao de perfis de solos e analises.** MA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1973.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (Tradução da Segunda Edição). Parêntese Editora, p.251-292. São José dos Campos, 2009.

JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese editora, 2011, 672p

KILL, LHP; CORREIA, R. C. A região semi-árida brasileira. KILL, LHP e MENEZES, EA Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 17-35, 2005.

KNIPLING, Edward B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote sensing of environment, v. 1, n. 3, p. 155-159, 1970.

LATORRE, Marcelo Lopes; ANDERSON, Liana Oighenstein; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de. Sensor MODIS: Características gerais e aplicações. In: Sensoriamento Remoto Espaço e Geografia. Vl. 06. n.01. Brasília, 2003. p. 97-126.

LEAL, Inara Roberta; DA SILVA, José Maria Cardoso. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária UFPE, 2003.

LEONARDI, Giuseppe; CARVALHO, I. S. As Pegadas de dinossauros das bacias do Rio do Peixe, PB. C. SCHOBENHAUS; DA CAMPOS; ET QUEIROZ; M. WINGE; CO BERBERT, 2002.

LIMA, Maria Niedja Silva et al. Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na área de preservação ambiental das onças, no município de São João do Tigre/PB. In: Paraíba: Pluralidade e representações geográficas. Edufcg, Campina Grande, 2015.

LIMBERGER, L., 2006. Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia. *Revista Geografia* 15, 95-109.

LOIOLA, Maria Iracema Bezerra; ROQUE, Alan de Araújo; OLIVEIRA, Ana Claudia Pereira de. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. *Revista Ecologia*, 2012. p.14-19

LUNGUINHO, Rony Lopes; SOUZA, Jonas Otaviano Praça de; SOUZA, Bartolomeu Israel de. Inselbergs, Dinâmica Hidrológica e Influência na Caatinga. *Anais do XI SINAGEO*, 2016. 6p.

MACHADO, Célia Cristina Clemente. Alterações da superfície no Parque Nacional do Catimbau (PE-Brazil): Indicadores Biofísicos e influência humana. Pernambuco, 2014. 221p.

MAGALHÃES, Gledson Bezerra; SILVA, Edson Vicente da. Da teoria à prática: as unidades geoambientais e sua contribuição para o planejamento territorial cearense. Portugal, 2010. 13p.

MAIA, Gerda Nickel. **Caatinga árvores e arbustos e suas utilidades**. Leitura & Arte, 2004.

MAIA, Rúbson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; SALES, Vanda Claudino. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 1. Esp, p. 6-19, 2010.

MALDONADO, F. D. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), 311 f. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE – São José dos Campos, São Paulo (INPE-12679-TDI/1007). 2004.

MALVEZZI, Roberto. Semi-árido - uma visão holística. Brasília, 2007. 140p.

MALVEZZI, Roberto. SEMI-ÁRIDO Uma Visão Holística. 1ed. 2005. p. 140.

MANTELATTO, F. L. M.; CHRISTOFOLETTI, R. A. Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): Influence of season, sex, size and the molt stage. *Marine Biology*, v. 138, n. 3, p. 585-594, 2001.

MARKHAM, B.L., BARKER, L. L. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*. V.8, N.3, 1978. p. 517-523.

MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e Possibilidades de Aplicação. Revista Geografia - v. 17, n. 2. Londrina, 2008. 21p.

MATALLO JUNIOR., H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO JR, H (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

MENDOZA, Josefina G. Et Alii. El Pensamiento Geografico. Barcelona: Alianza Editorial, 1988.

MENESES, Paulo R.; MADEIRA NETTO, J. da S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Editora Universidade de Brasília; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MENESES, Paulo Roberto; MADEIRA NETO, José da Silva. Sensoriamento Remoto reflectância dos alvos naturais. Editora Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2001. 261p.

MINELLA, Jean Paolo Gomes; MERTEN, Gustavo Henrique. Índices topográficos aplicados à modelagem agrícola e ambiental. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, 2012.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MIN. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2010. Monitoramento dos biomas brasileiros: Bioma Caatinga. Brasília: MMA.

MMA- Ministério do Meio Ambiente, 2010. Monitoramento dos biomas brasileiros: Bioma Caatinga. Brasília: MMA.

MOLINA, P. H., El paisaje natural en la confluencia de los ríos Jarama y Manzanares (Madrid). *Ería*. Departament de Geografia de la Universidad de Oviedo.p. 105-123.Oviedo, 1992.

MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

MONTEIRO, Priscylla Ferraz Câmara et al. Vegetation indices simulated from different sensors for the estimation of biophysical variables of common bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 4, p. 433-441, 2013.

MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues; SOUZA, Bartolomeu Israel de. Identificação das unidades de paisagem e da degradação ambiental na Apa das Onças-PB. *In: Paraíba Pluralidade e representações geográficas*. EDUFPG. 2015. p. 49-60.

NEVES, Fernando Frachone; SILVA, F. G. B.; CRESTANA, Silvio. Comparação entre três métodos de evapotranspiração potencial aplicados a duas sub-bacias hidrográficas de Descalvado-SP. **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 28p.

OLIVEIRA, Wagner Máximo de; CHAVES, Iêde de Brito; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semi-árido paraibano. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR- INPE*, Natal, 2009. p. 2103-2110.

PASSOS, Messias; DUBREUIL, Vincent. A relação clima-vegetação no semi-arido brasileiro. *Boletim de geografia*, v. 22, n. 1, p. 35-48, 2004.

PAVÃO, V.M.; QUERINO, C.A.S.; LEITE, L.O. ; QUERINO, J.K.A.S.; MACHADO, N.G.; BIUDES, M.S. Estimativa do Albedo Superficial através do Geoprocessamento para o Município de Humaitá - AM. *Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Exposicarta*. Gramado, 2014. 13p.

PEIXOTO, Filipe da Silva; SALES, Marta Celina Linhares. Análise de Microclimas na Cidade de Viçosa do Ceará: Abordagem na Perspectiva do Conforto Térmico (Analysis of the Microclimate in Viçosa Ceará: Approach in View of Thermal Comfort). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, n. 1, p. 47-58, 2012.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2002, 478p.

PHILLIPS, J. D. Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability. *Catena*, Amsterdam, v. 43, p. 101-113, 2001.

PHILLIPS, J. D. The perfect landscape. *Geomorphology*, v. 84, p. 159-169, 2007.

PIMENTEL, Carlos. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 2004.

PONTES, Edel Guilherme Silva; AZEVEDO, Pedro Vieira de. Balanço De Radiação Sobre Uma Superfície Vegetada No Agreste Alagoano Em Duas Épocas Do Ano. 1998. 5p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, v.1, 2007, 127p.

PRADO, Darién E. As caatingas da América do Sul. Ecologia e conservação da Caatinga, v. 2, p. 3-74, 2003.

PRATES, Venina et al. Índices para a representação da paisagem como apoio para levantamento pedológico em ambiente de geoprocessamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 4, p. 408-414, 2012.

PRICHOA, Carla Eva; RIBEIRO, Selma Regina Aranha; HOLGADO, Pedro Molina. Aplicação da análise visual em duas unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Pitangui, PR, mediante processamentos digitais. Terr@Plural, Ponta Grossa, v.8, n.1, p. 185-201, 2014.

PRIGILL, Phillip. & VOLKMAN, Nancy. Landscapes in History. New York: John Wiley & Sons, 1998.

RÊGO, Shirley Coutinho Alves et al. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1217-1229, 2012.

REICH, Peter B.; BORCHERT, Rolf. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **The Journal of Ecology**, p. 61-74, 1984.

RENEWICK, William H. Equilibrium, disequilibrium, and nonequilibrium landforms in the landscape. Geomorphology, vol. 5. 1992. p.265-276.

RIBEIRO, Gabrielle de Araújo; DE CASTRO SILVA, João Nailson; DA SILVA, Janaína Barbosa. Índice de vegetação ajustado ao solo (IVAS): estado da arte e suas potencialidades (Adjusted Vegetation Index to Solo (SAVI): state of the art and its potential). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 2054-2074, 2016.

ROA LOBO, José; KAMP, Ulrich. Uso del índice topográfico de humedad (ith) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, Trujillo-Venezuela. **Revista geográfica venezolana**, v. 53, n. 1, 2012.

ROA, José Gregorio; KAMP, Ulrich. Uso del índice topográfico de humedad (ith) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, estado trujillo-Venezuela. *Revista geográfica venezolana*, v. 53, p. 1, 2012.

ROCHA, A.V.; SHAVER, G.R. Advantages of a two band EVI calculated from solar and photosynthetically active radiation fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(9), 2009. p.1560-1563

RODAL, Maria Jesus Nogueira; NASCIMENTO, LM do. Levantamento florístico da floresta serrana da Reserva Biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 16, n. 4, p. 481-500, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoeecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: EDUFC, 2002.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. A Classificação das Paisagens a partir de uma visão Geossistêmica. *Mercator*, ano 01, n. 01, 2002. 18p.

ROSA, R.A. Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Manaus, 1990, Anais... São José dos Campos, INPE, 1990. v.2, p.419-425.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia. FFLCH-USP*, n.6, p. 17-29, 1992.

ROUSE, J. W., R. H. HAAS, J. A. SCHELL, D. W. DEERING, J. C. HARLAN. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1973, 371p.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R. ; FOTIUS, G. A. . As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. In: Silva, J.M.C.; Tabarelli, M.; Fonseca, M.T. da.: Lins, L.V.. (Org.). Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, v. , p. 17-36.

SANTOS, Cícero Félix dos; SCHISTEK, Haroldo. OBERHOFER, Maria. Conhecendo o Semi-árido em Busca da Convivência. 2007. 48p.

SANTOS, Francineide Amorim. ALVES, T. L., AZEVEDO, P. V., & SANTOS, C. COMPORTAMENTO SAZONAL DO ALBEDO E DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA (Albedo Seasonal Behavior and vegetation indices in the upper basin Paraíba River). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 1015-1023, 2015.

SANTOS, Taciana Oliveira dos. Identificação de Ilhas de Calor em Recife-PE por meio de Sensoriamento Remoto e dados Meteorológicos de Superfície. Recife, 2011. 90p.

SCHAMA, Simon. Paisagem e Memória. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SCHEIDEGGER, A.E., 1992. Limitations of the system approach in geomorphology. In: J.D. Phillips and W.H. Renwick (Editors), Geomorphic Systems. *Geomorphology*, 5:213-217, this issue.

SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B.G. Relações clima-água-plantas. In: FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; VILELA, L.A.A.; SILVA, A.M. (Eds.) Manejo de irrigação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Lavras. 1998. p.46-85.

SENA, Jaricélia Patrícia de Oliveira. Análise da Precipitação Pluviométrica em Anos Extremos no Cariri Paraibano e suas Consequências na Agricultura e Cobertura Vegetal. Dissertação de Mestrado, Campina Grande, 2017.

SILVA SÁ, Ivan Ighour; GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano; MOURA, Magna Soelma Beserra de. SÁ, Iêdo Bezerra. Uso do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) para caracterização da cobertura vegetal da região do Araripe Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física – RBGF*. Vol. 01 n.01. Recife 2008. p. 28-38.

SILVA, B. B. da; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, n.2, p.243-252, 2005b.

SILVA, Cassio Roberto da; DANTAS, Marcelo Eduardo. Mapas Geoambientais. 2010. 17p.

SILVA, D. N. F. Reconstrução da paisagem geomorfológica através da assinatura geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-Mirim, Pernambuco.

Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2012. 167p.

SILVA, Janaína Barbosa da. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Ecossistema Manguezal em Pernambuco. Pernambuco, 2012. 188p.

SILVA, Lucas Souza; FRANÇA, CASS de M. SIG como ferramenta de mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na APA Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 16, 2013.

SILVA, S. G.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD-22. **Petrolina-PE, na Primeira Década do Século XXI. Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1446-1456, 2012.

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. Métodos em Questão. São Paulo, n. 6, 1977. 50p.

SOUSA, Paulo Victor Paz de. A Serra de Santa Catarina: Um enclave subúmido no sertão paraibano e a proposta de criação de uma unidade de conservação. Fortaleza, 2011. 87p.

SOUZA FILHO, M. ; Sales, M. C. L.(2009). Microclimas urbanos nos enclaves úmidos do ceará: o caso de ubajara. In: XII Encontro de Geógrafos da America Latina, 2009. XII Encontro de Geógrafos da America Latina.

SOUZA, Alexandre dos Santos; FURRIER, Max; VALADARES, Diego Nunes; NÓBREGA, Wesley Ramos; SANTOS, Aparecida D. Garcia dos. A Geomorfologia: Uma Reflexão Conceitual. Cadernos do Logepa v.8, n.1-2, p.37-53. 2013.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlória Pinto Vidal de. Os Enclaves Úmidos e Sub-Úmidos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro. Mercado, ano 05, n. 09, 2006. 18p.

SUGUIO, K. Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins / Kenitiro Suguiou. Rio de Janeiro, 1998.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TROPPEMAIR, H. Biogeografia e Meio Ambiente. 4ª ed., 259p. Rio Claro, 1994.

TROPPEMAIR, H.; Galina, M. H. Geossistemas. Mercator, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

VALERIANO, Márcio de Morisson. REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS (II): MODELAGEM. Revista Espaço e Geografia, 2003.

VELOSO, H. P., Rangel-Filho, A L. R. & Lima, J. C. A, 1992 Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, RJ.

VERSTAPPEN, H.TH. 1983. Applied Geomorphology: geomorphological surveys for environmental development. Elsevier, Amsterdam, 437 p.

VITTE, A. C. O Desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na geografia física. In: Revista Mercator, n. 11, 2007, p.71-78. VITTE, A. C. Kant, Goethe e Alexander Humboldt: Estética e paisagem na gênese da geografia física moderna. In: Revista ACTA Geografia, Ano IV, n. 8, 2010, p. 07-14.

VITTE, Antônio C. A Construção da Geomorfologia Brasileira: as transformações paradigmáticas e o estudo do relevo. Geografia: Ensino & Pesquisa, v.12, n.2, p.44-54, 2008.

VITTE, Antonio Carlos; DA SILVEIRA, Roberison Wittgeinstein Dias. KANT, GOETHE E ALEXANDER HUMBOLDT: ESTÉTICA E PAISAGEM NA GÊNESE DA GEOGRAFIA FÍSICA MODERNA (Kant, Goethe and Alexander Humboldt: esthetics and landscape in the genesis of modern Physical Geography). **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 4, n. 8, p. 07-14, 2010.

WINTER, Thomas C. The Concept of Hydrologic Landscapes. *Journal of the American Water Resources Association* 37 (2001): 335-349.

ZACHARIAS, A. A. A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental. São Paulo: UNESP. 2010.