



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**TESE DE DOUTORADO**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE INTEGRADA DE ESPAÇOS NATURAIS E  
ANTRÓPICOS COM O USO DE MODELAGEM AMBIENTAL E  
GEOTECNOLOGIAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

**LEANDRO FÉLIX DA SILVA**

João Pessoa/PB

2022

LEANDRO FÉLIX DA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE INTEGRADA DE ESPAÇOS NATURAIS E  
ANTRÓPICOS COM O USO DE MODELAGEM AMBIENTAL E  
GEOTECNOLOGIAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia CCEN/UFPB - como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientada pelo Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

JOÃO PESSOA/PB  
2022

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586i Silva, Leandro Felix da.

Identificação e análise integrada de espaços naturais e antrópicos com o uso de modelagem ambiental e geotecnologias em unidades de conservação no semiárido brasileiro / Leandro Felix da Silva. - João Pessoa, 2022.

170 f. : il.

Orientação: Bartolomeu Israel de Souza.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Geografia. 2. Semiárido brasileiro. 3. Caatinga.  
4. Unidade de conservação. 5. Modelagem ambiental. I.  
Souza, Bartolomeu Israel de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 911(043)



Examinador interno



**Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier**  
Examinador externo



**Prof. Dr. Diógenes Félix Da Silva Costa**  
Examinador externo



**Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani**  
Examinador externo

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Leandro Félix da Silva

### **IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE INTEGRADA DE ESPAÇOS NATURAIS E ANTRÓPICOS COM O USO DE MODELAGEM AMBIENTAL E GEOTECNOLOGIAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza  
(Presidente e Orientador)  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

---

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima  
(Avaliador Interno)  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

---

Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier  
(Avaliador Interno)  
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB

---

Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani  
(Avaliador Externo)  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

---

Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva Costa  
(Avaliador Externo)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Junho/2022

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas,  
mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra  
alma humana”.

Carl G. Jung

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a Universidade Federal da Paraíba pelo suporte e toda base oferecida para o desenvolvimento desta pesquisa e da minha formação pessoal.

A FAPESQ - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Paraíba pela contemplação da bolsa de estudo e seu curto tempo de vigência, mas que foi de suma importância para minha sobrevivência e do andamento da pesquisa.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Bartolomeu Israel de Souza pela oportunidade, pelo apoio nos momentos difíceis pessoais, empatia, paciência e as sábias palavras de encorajamento e liberdade ao permitir que eu desenvolvesse minha pesquisa de forma mais livre possível. Além é claro de todo o ensinamento acadêmico relacionado a biogeografia e da geografia do semiárido paraibano, em específicos os Cariris Velhos. Sempre terá o meu carinho, respeito e a mais profunda admiração, tanto pessoal como profissional.

A minha família (Mãe, Cintia, Leicy e Silas) e a minha esposa (Bu) pelo apoio, paciência e por todo amor impresso ao longo dessa jornada. Sem vocês não sou nada, amo vocês.

Ao meu amigo e irmão Elias Rodrigues da Cunha que me ajudou demais no momento mais crítico dessa jornada (minha gratidão eterna) e pelas risadas e diversão que tivemos no período que vivíamos no “Aquário” e por outros carnavais que passamos desde a graduação. Obrigado meu irmão!!!!

Aos colegas Einy, Marcia, Weldon, Janaina, Marcos, Chris e Felipe pelas conversas maravilhosas, risadas e a troca cultural que tivemos. Nunca esquecerei desses momentos.

## RESUMO

O semiárido brasileiro é um dos mais populosos do mundo e o seu processo de ocupação exploratório começa a partir do século XVII com a chegada de colonos europeus. Vai ser a partir desse período que se intensificam as relações de uso dos recursos naturais, como a vegetação nativa e os recursos hídricos de forma mais intensa, gerando grandes modificações aos espaços naturais até então preservados. Na região dos Cariris Velhos situada no interior do estado da Paraíba, não foi diferente, apresentando também vastas regiões modificadas ao longo dos séculos que culminou recentemente em grandes áreas com variados tipos de degradação ambiental, principalmente a desertificação. Uma vez que nesta região da Paraíba encontram-se ambientes que possuem características bastantes peculiares e destoantes das mais comuns do semiárido seco, como a presença mais elevada de umidade. No início dos anos 2000 foram propostas a criação de duas Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável nesta região, a APA do Cariri e das Onças, sendo esta última a maior UC do estado da Paraíba com intuito de gerenciar o uso dos recursos naturais mediante as necessidades antrópicas. Desde a criação das APAs até o presente momento desta pesquisa, as duas UC's não apresentam nenhum tipo de plano referentes ao ordenamento físico territorial, como zoneamento ambiental ou plano de manejo, conforme o exigido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Partindo desta problemática, essa pesquisa teve como objetivo desenvolver uma proposta de identificação de análise integrada de espaços naturais e antrópicos com o uso de modelagem ambiental e geotecnologias que possa servir de subsídio junto de outros levantamentos a futuras propostas de ordenamentos físico territoriais para ambas UC's. Os procedimentos metodológicos se basearam em três etapas: I) foi desenvolvido um modelo ambiental com o uso de geotecnologias denominado de Intensidade de Ação Antrópica - IAA que utiliza variáveis como o uso da terra e cobertura vegetal, Nível de Transformação da Paisagem - NTP, vias de acesso e a rede de drenagem. Utilizando o cálculo da Distância Euclidiana, classificação *Fuzzy* e o método de análise espacial de Sobreposição Ponderada (*Wighted Overlay*); II) aplicação do Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS (LOPES *et al.*, 2011) que utiliza parâmetros biofísicos oriundos de imagens de satélite como Temperatura de Superfície (TS) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) através de relações matemáticas entre as variáveis com a ferramenta *Raster Calculator*; III) a inserção de um conjunto de pontos amostrais coletados a campo por GNSS e obtidos através das imagens de satélites referentes áreas degradadas e preservadas para ambas as UC's, e que na sequência foram inseridos sobre o IAA e o IUSS no intuito de analisar de forma integrada os resultados de ambos, utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG. Os resultados foram divididos em capítulos, que apontaram as áreas onde ocorrem as menores e maiores IAA através de 5 níveis, sendo eles Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto (Capítulo I). Assim como áreas que concentram os menores e maiores níveis de IUSS que variaram de 0.0 (Muito Seco) a 1.0 (Muito Úmido) no Capítulo II. E por último a análise integrada entre ambos (Capítulo III), que indicou que há uma relação espacial entre as áreas de Alta e Muito Alta IAA com os níveis mais baixos de IUSS (0.0 a 0.2), TS elevadas e baixos valores de IVDN. E que nas áreas preservadas foram identificados os menores níveis de IAA (Muito Baixo e Baixo), com elevados níveis de IUSS (0.5 a 1.0) e IVDN também elevado. Apresentando a TS com comportamentos diferentes entre os períodos (chuvoso e seco) em ambas UC's. Conclui-se que a proposta de análise integrada dos espaços naturais e antropizados através de modelagem ambiental apresentou resultados bastante relevantes e satisfatórios que se aproximam da realidade local e pode ser utilizado como subsídio junto de outros levantamentos a futuras propostas de ordenamentos físico territoriais para ambas UC's.

**Palavra-chave:** Semiárido, Caatinga, Unidade de Conservação, Modelagem Ambiental.

## ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is one of the most populous in the world and its exploratory occupation process begins in the 17th century with the arrival of European settlers. It will be from this period that the relations of use of natural resources, such as native vegetation and water resources, intensify in a more intense way, generating great changes to the natural spaces preserved until then. In the region of Cariris Velhos located in the interior of the state of Paraíba, it was no different, also presenting vast regions modified over the centuries that recently culminated in large areas with various types of environmental degradation, mainly desertification. Since in this region of Paraíba there are environments that have quite peculiar characteristics and different from the most common ones in the dry semiarid region, such as the higher presence of humidity. In the early 2000s, the creation of two Conservation Units (CU) for sustainable use in this region was proposed, the EPA do Cariri and the Onças, the latter being the largest CU in the state of Paraíba in order to manage and mediate the use of natural resources through human needs. Since the creation of the EPAs until the present moment of this research, the two CU's do not present any type of plan referring to physical territorial planning, such as environmental zoning or management plan, as required by the National System of Conservation Units - NSCU. Based on this problem, this research aimed to develop a proposal for the identification of an integrated analysis of natural and anthropic spaces using environmental modeling and geotechnologies that can serve as a subsidy along with other surveys for future proposals for physical territorial planning for both CU's. Methodological procedures were based on three stages: I) an environmental model was developed with the use of geotechnologies called Intensity of Anthropic Action - IAA, which uses variables such as land use and vegetation cover, Landscape Transformation Level - LTL, roads access and drainage network. Using the Euclidean Distance calculation, Fuzzy classification and the Weighted Overlay spatial analysis method; II) application of the Soil Surface Moisture Index - SSMI (LOPES *et al.*, 2011) which uses biophysical parameters from satellite images such as Land Surface Temperature (LST) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) through relationships math between variables with the Raster Calculator tool; III) the insertion of a set of sample points collected in the field by GNSS and obtained through satellite images referring to degraded and preserved areas for both CU's, and what sequence were inserted on the IAA and the SSMI so that it can be analyzed in a integrated the results, of both using Geographic Information System – GIS. The results were divided into chapters, which pointed out the areas where the smallest and largest IAA occur through 5 levels, namely Very Low, Low, Medium, High and Very High (Chapter I). As well as areas that concentrate the lowest and highest levels of SSMI that ranged from 0.0 (Very Dry) to 1.0 (Very Moisture) in Chapter II. And finally, the integrated analysis between both (Chapter III), which indicated that there is a spatial relationship between the areas of High and Very High IAA with the lowest levels of SSMI (0.0 to 0.2), high LST and low NDVI values. In the preserved areas, the lowest levels of IAA (Very Low and Low) were identified, with high levels of SSMI (0.5 to 1.0) and also high NDVI. Presenting the LST with different behaviors between the periods (rainy and dry) in both CU's. It is concluded that the proposal for an integrated analysis of natural and anthropic spaces through environmental modeling presented very relevant and satisfactory results that are close to the local reality and can be used as a subsidy along with other surveys for future proposals for physical territorial planning for both CU's.

**Key words:** Semiarid, Caatinga, Conservation Units, Environmental Modeling.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização das Unidades de Conservação APA das Onças e do Cariri – PB
- Figura 2. Localização da APA do Cariri nos municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri
- Figura 3. Mapa Geológico da APA do Cariri
- Figura 4. Região do Plutão Bravo – Município de Cabaceiras – PB
- Figura 5. Mapa Geomorfológico da APA do Cariri
- Figura 6. Mapa Hipsométrico da APA do Cariri
- Figura 7. Mapa de Solos da APA do Cariri
- Figura 8. Extração de Bentonita - Sítio Bravo no município de Boa Vista
- Figura 9. Criação de Bodes e Cabras na APA do Cariri
- Figura 10. Localização da APA das Onças no município de São João do Tigre
- Figura 11. Mapa Geológico da APA das Onças
- Figura 12. Mapa Geomorfológico da APA das Onças
- Figura 13. Mapa Hipsométrico da APA das Onças
- Figura 14. Mapa de Solos da APA das Onças
- Figura 15. Aspectos Climáticos da APA das Onças
- Figura 16. A) Capim-Elefante ou Napier (*Pennisetum purpureum Schum*) e B) criação de bovino sobre a serra
- Figura 17. Extração de lenha para carvão
- Figura 18. Roteiro metodológico adotado na pesquisa
- Figura 19. Localização das Unidades de Conservação APA do Cariri e APA das Onças – PB/Brasil
- Figura 20. Mapa Hipométrico
- Figura 21. Reclassificação NTP
- Figura 22. Reclassificação das variáveis socioambientais
- Figura 23. Cálculo do método de Sobreposição Ponderada - *Weighted Overlay*
- Figura 24. Uso da terra e cobertura vegetal
- Figura 25. Nível de Transformação da Paisagem
- Figura 26. Rede de drenagem e vias de acesso classificados pela lógica *Fuzzy*
- Figura 27. Quantificação em % dos níveis de IAA na APA do Cariri
- Figura 28. Intensidade de Ação Antrópica – APA do Cariri
- Figura 29. Afloramento Rochoso (Lajedo Salambaia) na região do Plutão Bravo no período seco, APA do Cariri

Figura 30. Caatinga Arbustiva Fechada na Serra do Caruá (Período Seco) APA do Cariri

Figura 31. Áreas de Exceção na região do Plutão Bravo (Período Seco) APA do Cariri

Figura 32. Vias de acesso próxima a Caatinga Arbustiva Aberta na APA do Cariri (Período Chuvoso)

Figura 33. Vias de acesso próxima de uma área desertificada na APA do Cariri (Período Seco)

Figura 34. Extração de minério de Bentonita na APA do Cariri (Período Seco)

Figura 35. Áreas de Drenagem com Plantação próximo ao rio Solenidade, na APA do Cariri (Período Seco)

Figura 36. Corpos d'Água na APA do Cariri (Período Chuvoso). A) Extensão do Rio Taperoá e B) Açude

Figura 37. Quantificação em % dos níveis de IAA da APA das Onças

Figura 38. Afloramento Rochoso na APA das Onças (Período Seco).

Figura 39. Intensidade de Ação Antrópica – APA das Onças

Figura 40. Caatinga Arbustiva Fechada APA das Onças (Período Seco)

Figura 41. Via de acesso próxima a Caatinga Arbustiva Aberta na APA das Onças (Período Seco)

Figura 42. Áreas de Exceção na região de serra na APA das Onças (Período Seco)

Figura 43. Atividade de Pecuária na região de serra na APA das Onças (Período Seco)

Figura 44. Áreas de Agropecuária de Alta e Muito Alta IAA

Figura 45. Área desertificada próxima de uma via de acesso na APA das Onças (Período Seco)

Figura 46. Áreas de Drenagem com Plantação na APA das Onças (Período Seco). A) Capim-elefante ou Napier e B) Palmas do gênero *Opuntia*

Figura 47. Gráfico de comparação dos níveis de IAA entre as duas APAs

Figura 48. Localização das Unidades de Conservação APA das Onças e APA do Cariri – PB

Figura 49. Clima e Altitude da APA do Cariri e das Onças, clima adaptado do INSA, (2014)

Figura 50. Temperatura de Superfície - TS

Figura 51. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN

Figura 52. Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS na APA do Cariri e das Onças

Figura 53. Áreas similares com os menores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de desertificação na APA do Cariri

Figura 54. Áreas similares com os maiores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de vegetação preservada na APA do Cariri

Figura 55. Áreas similares com os menores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de desertificação na APA das Onças

Figura 56. Áreas similares com os maiores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de vegetação preservada na APA das Onças

Figura 57. Solos e IUSS das Áreas Preservadas

Figura 58. Sobreposição dos pontos amostrais com o IAA e o IUSS

Figura 59. PR 09 e PI 14 na APA do Cariri Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*

Figura 60. PI 40 na APA das Onças. Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*

Figura 61. PR 28 na APA do Cariri. Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Atribuição de peso ao Nível de Transformação da Paisagem - NTP

Tabela 2. Acurácia do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

Tabela 3. Relação dos pontos das áreas desertificadas da APA do Cariri

Tabela 4. Relação dos pontos das áreas preservadas na APA do Cariri

Tabela 5. Relação dos pontos das áreas desertificadas da APA das Onças

Tabela 6. Relação dos pontos das áreas preservadas na APA das Onças

Tabela 7. Relação entre pontos das áreas degradadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA do Cariri

Tabela 8. Pontos de áreas degradadas na APA do Cariri

Tabela 9. Relação entre pontos de áreas degradadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA das Onças

Tabela 10. Pontos de áreas degradadas na APA das Onças

Tabela 11. Relação entre pontos de áreas preservadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA do Cariri

Tabela 12. Pontos de áreas preservadas na APA do Cariri

Tabela 13. Relação entre pontos de áreas preservadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA das Onças

Tabela 14. Pontos de áreas preservadas na APA das Onças

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Principais de tipos de vegetação e comunidades das Caatingas

Quadro 2. Principais características das imagens escolhidas do satélite LANDSAT 8.

Quadro 3. Pontos amostrais

## LISTA DE SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas  
ANA – Agência Nacional das Águas  
APA – Área de Proteção Ambiental  
APAc – Agência Pernambucana de Águas e Clima  
BUN – Bentonita União Nordeste  
BSh – Clima Semiárido Seco  
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
GIS - *Geographical Information System*  
GNSS - *Global Navigation Satellite System* (Sistema Global de Navegação por Satélite)  
IAA – Intensidade de Ação Antrópica  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMbio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
INSA – Instituto Nacional do Semiárido  
ITA – Índice de Transformação Antrópica  
IUSS - Índice de Umidade de Superfície do Solo  
IVDN – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada  
LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*  
MODTRAN - *Moderate Resolution Transmission Mode*  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
NASA – Agência Espacial Espacial Norte Americana  
NTP – Nível de Transformação da Paisagem  
OBIA - *Object-based Image Analysis* (Análise de Imagem Baseado no Objeto)  
OLI - *Operational Land Imager*  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PAN-BRASIL - Programa de Ação de Combate à Desertificação  
PDI - Processamento Digital de Imagens  
PI – Ponto obtido através da imagem  
PR – Ponto real obtido a campo  
SHP - *Shapefile*  
SIG - Sistemas de Informação Geográficas  
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
SUDEMA - Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente

TIRS - *Thermal Infrared Sensor*

TS - Temperatura de Superfície

UC – Unidade de Conservação

UNCCD - Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

USGS - *United States Geological Survey*

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

WebGis - *Web Geographical Information System*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 HIPÓTESE.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....</b>	<b>22</b>
1.3.1 O SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	22
1.3.2 A CAATINGA.....	24
1.3.3 PLUVIOSIDADE.....	27
1.3.4 A UMIDADE DO SOLO EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS.....	29
1.3.5 PROCESSO DE OCUPAÇÃO DOS CARIRIS VELHOS .....	30
1.3.6 DEGRADAÇÃO E DESERTIFICAÇÃO NA CAATINGA .....	31
1.3.7 FITOFISIONOMIAS PRESENTES NA REGIÃO DOS CARIRIS VELHOS .....	33
1.3.8 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	35
1.3.9 GEOTECNOLOGIAS NOS ESTUDOS AMBIENTAIS .....	37
1.3.10 MODELAGEM AMBIENTAL .....	37
<b>1.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>38</b>
1.4.1 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CARIRI.....	39
1.4.2 GEOLOGIA .....	41
1.4.3 GEOMORFOLOGIA .....	43
1.4.4 HIPSOMETRIA .....	46
1.4.5 SOLOS.....	46
1.4.6 CLIMA.....	49
1.4.7 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	49
1.4.8 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS ONÇAS.....	51
1.4.9 GEOLOGIA .....	53
1.4.10 GEOMORFOLOGIA .....	55
1.4.11 HIPSOMETRIA .....	57
1.4.12 SOLOS.....	57
1.4.13 CLIMA.....	60
1.4.14 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	62
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>75</b>
2.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	75
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	76
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO I - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO IAA.....</b>	<b>77</b>
<b>3.1 DELIMITAÇÃO DA INTENSIDADE DE AÇÃO ANTRÓPICA EM DUAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....</b>	<b>78</b>
3.1.1 Introdução.....	78
3.1.2 Materiais e Métodos .....	81
3.1.3 Resultados.....	92
3.1.4 Discussão.....	113
3.1.5 Conclusões.....	117
REFERENCIAS .....	118
<b>CAPITULO II - APLICAÇÃO DO IUSS .....</b>	<b>124</b>
<b>3.2 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE UMIDADE SUPERFICIAL DO SOLO NA IDENTIFICAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS E PRESERVADOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>	<b>125</b>
3.2.1 Introdução.....	125
3.2.2 Materiais e Métodos .....	127
3.2.3 Resultados e Discussão.....	135
3.2.3.1 Temperatura de Superfície (TS) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) .....	135
3.2.3.2 Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS na identificação das Áreas Desertificadas e Preservadas .....	137
3.2.4. Conclusões.....	149
REFERENCIAS .....	150
<b>CAPITULO III - AVALIAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE IAA E IUSS.....</b>	<b>155</b>
<b>3.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE IAA E IUSS E A INTERAÇÃO ENTRE AMBOS NA ANÁLISE INTEGRADA DOS AMBIENTES .....</b>	<b>156</b>
REFERENCIAS.....	167

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>168</b>
----------------------------------	------------

## **ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA**

Com o objetivo de sintetizar uma melhor compreensão e organização da pesquisa, a mesma foi estruturada em três partes. Sendo a primeira formada pela Introdução, Hipótese, Objetivos, Fundamentação Teórica e Metodológica, bem como a Caracterização da Área de estudo. Na segunda, encontram-se os Materiais Utilizados e os Procedimentos Metodológicos aplicados que foram sintetizados em uma figura tipo fluxograma, e que são melhores detalhados na próxima etapa (Resultados). Na última etapa, estão os Resultados que foram organizados em formas de artigos, totalizando 3, sendo eles o Capítulo I, Capítulo II e o Capítulo III. E por fim, as considerações finais.

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas têm alterado de forma intensa os ambientes naturais e a biota do planeta. A modificação de ambientes naturais pela ação humana tem ocorrido principalmente devido à exploração não sustentável de recursos naturais e à expansão das áreas urbanas (PEREIRA, 2012). Como consequência dessas atividades, grandes áreas de vegetação nativa estão sendo completamente removidas, severamente modificadas ou transformadas em conjuntos de pequenos fragmentos (FOLEY *et al.*, 2005; PEREIRA, 2012).

Atualmente a área total de cobertura florestal do mundo é de 4,06 bilhões de hectares, o que corresponde a 31% da área total. Mais da metade das florestas do mundo (54%) está localizada em apenas cinco países: Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China (FAO, 2020). O Brasil apresenta a segunda maior área de florestas, com 497 milhões de hectares, atrás apenas da Rússia, com 815 milhões de hectares (FAO, 2020).

O desmatamento é uma das principais atividades antrópicas agudas que comprometem os ecossistemas terrestres, sendo reportadas taxas da ordem de 64.000 km<sup>2</sup>/ano, por exemplo, para as florestas tropicais. Quando um bloco florestal contínuo é desflorestado o que resta são pequenos fragmentos imersos em matrizes agrícolas e urbanas (RIBEIRO *et al.*, 2009). Esses fragmentos, por sua vez, resguardam apenas a uma pequena parcela do habitat original, sendo agora um conjunto de manchas de floresta pequenas e isoladas (RIBEIRO, 2015).

Neste sentido as mudanças no uso da terra ocorridas em ambientes áridos e semiáridos estão atreladas às interações complexas entre sistemas naturais e sociais. As principais ameaças reportadas para florestas secas estão relacionadas à alta densidade populacional em áreas naturais. Estas populações geram mudanças no uso do solo e também tem grande influência na introdução e propagação de espécies invasoras (PEREIRA, 2012).

Na região do semiárido brasileiro, onde as paisagens caracterizam-se por apresentar uma vegetação do tipo caducifólia, má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, baixos índices pluviométricos associados a prolongados períodos de estiagem, temperaturas elevadas, solos rasos e pedregosos e rios intermitentes, o papel de proteção desempenhado pela vegetação torna-se ainda mais importante para sustentação desses ecossistemas (LIMA & ALMEIDA, 2017).

Devido a suas características, os ecossistemas dessa região são importantes unidades geográficas que se apresentam sob peculiaridades ambientais, variabilidade de habitats, endemismos e uma rica biodiversidade constituída por fauna e flora únicas (LEAL *et al.*, 2005). Bastos & Cordeiro (2012 p.12) afirmam que “dentro dos domínios morfoclimáticos brasileiros a

caatinga é o que apresenta a maior variedade fitogeográfica com vários padrões de caatingas, núcleos de matas úmidas, cerrados e de matas ciliares”.

Mediante a problemática exposta, torna-se de suma importância a utilização de dispositivos legais que possam regular a interação das atividades humanas com os recursos naturais disponíveis a partir de políticas públicas aplicadas.

No Brasil uma das mais importantes políticas públicas criadas no sentido de preservação, conservação e o uso racional dos recursos naturais é o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, instituído pela Lei Federal nº. 9.985 de 18 de julho de 2000, onde temos a criação das Unidades de Conservação (UCs), denominação dada às áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais, e dentre elas destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA) que se configura em uma UC de uso Sustentável (BRASIL, 2000c).

O SNUC considera como APA uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, tendo como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2018).

Em função disso, esta pesquisa teve como foco principal o desenvolvimento de uma proposta metodológica que possa identificar espacialmente onde estão concentrados os diferentes níveis de intensidades de ações antrópicas e suas resultantes como as áreas degradadas e as que ainda se encontram preservadas de vegetação nativa, em duas Unidades de Conservação (UC) na região Cariris Velhos interior do estado da Paraíba, no semiárido brasileiro.

## **1.1 HIPÓTESE**

A partir da modelagem ambiental e com auxílio das geotecnologias é possível identificar e apontar espacialmente onde estão localizadas as áreas que concentram as maiores e menores ações antrópicas nas UCs, e relacioná-las com os efeitos resultantes da transformação dos espaços naturais a partir das áreas degradadas e preservadas, utilizando aspectos biofísicos oriundos de imagens de satélites.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Identificar espacialmente os níveis de intensidade de ação antrópica em UCs localizadas no semiárido brasileiro.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- I.** Desenvolver, aplicar e avaliar a competência da proposta metodológica criada durante a pesquisa denominada de Intensidade de Ação Antrópica – IAA;
- II.** Aplicar e avaliar a competência do uso do Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS na identificação de áreas degradadas e preservadas;
- III.** Identificar e discutir através da espacialização os níveis de IAA nas APAs do Cariri e das Onças – PB, nas estações chuvosa e seca;
- IV.** Identificar e discutir através da espacialização os níveis de IUSS nas APAs do Cariri e das Onças – PB, nas estações chuvosa e seca;
- V.** Relacionar, avaliar e discutir os resultados obtidos da junção do IAA e IUSS de ambas as UC's e seu potencial para análise integrada dos espaços naturais e antrópicos.

## 1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

### 1.3.1 O Semiárido Brasileiro

No continente da América do Sul existem três grandes áreas semiáridas: a região Guajira, na Venezuela e na Colômbia; a diagonal seca do cone sul (S), que envolve muitas nuances de aridez ao longo de Argentina, Chile e Equador e o nordeste seco do Brasil (AB' SÁBER, 1999).

Segundo Ab'Sáber (1995) as razões da existência de um grande espaço semiárido, insulado num quadrante de um continente predominantemente úmido, são relativamente complexas. E que estão atrelados a uma série de fatores, entre eles questões climatológicas, como a importância da massa de ar EC (equatorial continental) em regar as depressões interplanálticas nordestinas. Por outro lado, as células de alta pressão atmosférica penetram fundo no espaço dos sertões, durante o inverno austral, a partir das condições meteorológicas do Atlântico Centro-Occidental. No momento em que a massa de ar tropical atlântica (incluindo a atuação dos ventos alísios) tem baixa condição de penetrar de leste (L) a oeste (O), o que acaba por beneficiar apenas a Zona da Mata (AB' SÁBER, 1995).

Prado (2003) aponta que a zona de baixa pressão, conhecida como Zona de Convergência Intertropical ou Frente Intertropical, ocorre onde os ventos Alísios de ambos os hemisférios se encontram, posicionando-se quase que paralelo ao Equador, a cerca de 10°N. Durante o verão, esta linha de encontro move-se para o sul (S) do Equador, trazendo alta instabilidade ao clima da metade norte (N) da região semiárida de fevereiro a abril, que representa a estação chuvosa na maior parte do nordeste (NE) do Brasil.

Ainda segundo Prado (2003), a massa úmida equatorial continental origina-se ao longo da Amazônia, produzindo fortes chuvas de convecção, e pode alcançar o oeste (O) de novembro a janeiro, particularmente quando ocorre em conjunto com o deslocamento em direção ao sul (S) da Convergência Intertropical. Assim, a estação chuvosa segue uma sequência de novembro a janeiro no oeste (O) e sudoeste (SO), até fevereiro ou abril no norte (N) e nordeste (NE), dependendo da penetração de duas massas úmidas instáveis provenientes do norte (N) e do oeste (O), assim como da sua habilidade em deslocar a massa seca e estável trazida pelos ventos Alísios (PRADO, 2003).

Em contrapartida, segundo Francisco & Santos (2017) os estudos sobre o clima desta região também indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de intensas secas que assolam grande parte da Região Nordeste, em especial sua zona semiárida.

Essa relação entre os fenômenos meteorológicos é que vai definir o regime das chuvas no semiárido, que são totalmente irregulares e variam de ano a ano (PRADO, 2003) e de localidade para localidade. Dessa forma, a principal característica de sua zona semiárida é a baixa pluviosidade (menos de 800mm/ano), exceto nas regiões com elevações mais pronunciadas (serras), acima dos 500m, onde a quantidade de chuva é maior, configurando os Brejos de Altitude, verdadeiros “oásis” na região (AB’ SÁBER, 1995; PRADO, 2003).

As temperaturas também variam conforme a região. Segundo Prado (2003) temperaturas baixas, entorno de 14°C podem ocorrer como um efeito da altitude em algumas serras, enquanto as máximas raramente são superiores a 40°C.

Normalmente as temperaturas médias anuais são consideradas elevadas com valores entre 26 a 28°C dependendo da região, entretanto, todas as áreas superiores a 250m de altitude apresentam valores que oscilam entre médias mais baixas de 20 e 22°C. Importante destacar outras características meteorológicas de extrema relevância também, como as mais altas intensidades de radiação solar, baixa nebulosidade, as mais baixas taxas de umidade relativa assim como a evapotranspiração potencial bastante elevada (PRADO, 2003).

O relevo é outro fator importante, uma vez que nas serras e chapadas mais altas, principalmente quando se estendem em longas distâncias, cortam as principais frentes de chuva, formando linhas de locais mais úmidos (PORTO *et al.*, 2004; JUNCA *et al.*, 2005; QUEIROZ *et al.*, 2006; SAMPAIO, 2010).

Nessas áreas, o balanço hídrico é favorecido, ainda, pelas temperaturas mais amenas, resultando em menor evapotranspiração e em condensação noturna, nos meses mais frios e mais úmidos do ano (SAMPALIO, 2010). As águas que recebem, podem se acumular em depressões destas partes altas, criando locais com boa disponibilidade hídrica ao longo do ano, ou, mais frequentemente, infiltram-se e escoam originando fontes de meia encosta e pés de serra úmidos, onde nelas nascem os pequenos e os grandes rios da região (SAMPALIO, 2010).

Os solos da caatinga têm a maior variabilidade do país, sendo originados de duas formações geológicas principais (SILVA *et al.*, 1993) que são: a formação sedimentar que predomina na porção oeste e a cristalina, na porção leste (L). Quase todos os solos da porção sedimentar são antigos, bem intemperizados, profundos, menos variáveis que os cristalinos e geralmente bem drenados, com boa capacidade de retenção de água (SAMPALIO, 2010).

A porção do cristalino corresponde as partes do antigo escudo cristalino pré-cambriano, exposto pela erosão geológica, formando a grande depressão sertaneja e relevos residuais de material mais resistente, em cristas, inselbergues e serras intermediárias e baixas (SILVA *et al.*, 1993; SAMPAIO, 2010).

As texturas também diferem em função do material originário e, em menor grau, do processo de formação posterior, podendo ir dos muito arenosos (Neossolos Quartzarênicos) aos muito argilosos (Vertissolos). Os primeiros com menor capacidade de retenção de água, mas percolação mais fácil (SAMPAIO, 2010).

Nos solos com menos de 1m de profundidade, a água retida é suficiente para suprir as plantas apenas por poucas semanas. Findo este estoque, se não houver novas chuvas, inicia-se um período de deficiência hídrica. Nos solos com vários metros de profundidade, o estoque de água pode durar meses e as plantas podem não ter deficiência se suas raízes conseguirem explorar um volume grande (SAMPAIO, 2010).

Essa relação entre os elementos meteorológicos e os aspectos físicos resulta em um balanço hídrico negativo em grande parte do ano, o que influencia na presença de rios e riachos intermitentes, ocorrência de secas periódicas e avassaladoras (CASTRO & CAVALCANTE, 2010).

### **1.3.2 A Caatinga**

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro e ocupa uma área de cerca de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais, segundo o Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2020a).

O bioma tem como características diferentes fisionomias de vegetação principalmente do tipo xerófila. Pesquisas mais recentes sobre as plantas da Caatinga apontam que existem pelo menos 3.347 espécies, 962 gêneros, e 153 famílias de plantas com flores (FERNANDES *et al.*, 2020). Abriga também 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 abelhas. Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver (BRASIL, 2020a).

A vegetação é classificada como um tipo de mata seca predominante em quase todo semiárido e que tem como principal característica a perda de folhas (caducifólia) no período de estiagem, além da presença de espinhos e cerdas urticantes encontradas em abundância a oeste (O), região essa denominada de sertão nordestino (PRADO, 2003; COUTINHO, 2016).

Correia *et al.* (2011) apontam que as plantas da Caatinga possuem os sistemas de armazenamento de água em raízes e caules modificados e mecanismos fisiológicos adaptados, a exemplo do fechamento dos estômatos nas horas mais quentes do dia, que permitem classificá-las como plantas xerófilas (GIULIETTI *et al.*, 2006).

Outra característica importante sobre a composição vegetal das caatingas é a presença de plantas suculentas como cactáceas e bromeliáceas presentes também em toda região, enquanto a vegetação do tipo herbácea tem predominantemente ocorrência sazonal, na estação chuvosa (PRADO, 2003; COUTINHO, 2016; SOUZA & SOUZA, 2016).

Um dos ecótonos existentes é o Agreste, que consiste em uma faixa de transição entre a zona seca (Sertão) a oeste e a zona da Mata próxima a serra do mar a leste (L), onde os índices pluviométricos são maiores. Segundo Prado (2003), nessa área de transição, a vegetação compartilha muitas características e espécies com as expansões semiáridas a oeste (O): as plantas geralmente são decíduas e espinhosas, os cactos e bromeliáceas estão presentes no solo pedregoso, microfilia generalizada e as espécies lenhosas e suculentas que devem ser consideradas como uma parte variante hipoxerófila das Caatingas encontradas a oeste (ANDRADE-LIMA, 1973; PRADO, 2003).

Fatores como luz e temperatura não são limitantes ao crescimento vegetal e não são causa de maior variabilidade ambiental na área de Caatinga (SAMPAIO, 2003). Em compensação a disponibilidade hídrica, por outro lado, não só é limitante quanto extremamente variável no tempo e no espaço (SAMPAIO, 2010).

A estrutura da vegetação é uma resposta a variação das disponibilidades hídrica e de nutrientes, sobreposta pelas ações antrópicas. Dentro do grande domínio do semiárido, os corpos de água e os locais alagados tem vegetações sem nenhuma característica de adaptação a aridez (FRANÇA *et al.*, 2003). Correspondem a áreas relativamente pequenas e, por isso são pouco considerados na escala regional, mas contribuem para o aumento da diversidade vegetal (GIULIETTI *et al.*, 2006) e tem um papel fundamental na diversidade animal e principalmente na ocupação humana (SAMPAIO, 2010).

Fora das áreas alagadas, as regiões mais úmidas continham, primitivamente, as caatingas de maior porte. No limite leste do semiárido, juntando-se com as áreas subúmidas, as caatingas arbóreas interconectam-se com as matas secas (CESTARO & SOARES, 2004) e as matas de cipó, num complexo mosaico influenciado pela topografia e pelos solos. Essas matas, por sua vez, fazem a transição com a Mata Atlântica, na franja úmida costeira (THOMAS & BRITTON, 2008; SAMPAIO, 2010).

E nos locais mais úmidos das serras, a caatinga, gradualmente, dá lugar as matas secas e, em alguns pontos a matas muito semelhantes as costeiras, pelo seu porte. Esses locais são mais numerosos no maciço da Borborema, constituindo os Brejos de Altitude (PORTO *et al.*, 2004; RODAL & SALES, 2008; SAMPAIO, 2010).

Segundo Prado (2003), o trabalho mais coerente e compreensivo sobre características da vegetação de Caatinga foi desenvolvido por Andrade-Lima (1981). Nesta revisão, ele trata as

Caatingas como um domínio (baseado principalmente nos levantamentos pioneiros de Luetzelburg, 1922-23), somados aos resultados de numerosos estudos prévios desenvolvido em anos anteriores pelo próprio Andrade-Lima que enfocavam áreas particulares de Caatinga.

O Quadro 1, desenvolvido por Prado (2003) a partir de Andrade-Lima (1981), mostra, de uma forma condensada, as principais unidades de vegetação e tipos de comunidades das Caatingas.

Quadro 1. Principais de tipos de vegetação e comunidades das Caatingas.

<b>Tipo de Vegetação</b>	<b>Fisionomia e Localidade</b>	<b>Substrato</b>
<i>Tabebuia-Anadenanthera-Myracrodruon-Cavanillesia-Schinopsis</i>	Floresta de Caatinga Alta: Norte de Minas Gerais e Centro-sul da Bahia	Pedras calcárias do Bambuú ou rochas cristalinas do Pré- Cambriano
<i>Myracrodruon-Schinopsis-Caesalpinia</i>	Floresta de Caatinga Média: maior parte do centro da província	Principalmente rochas cristalinas do Pré- Cambriano
<i>Caesalpinia-Spondias-Commiphora-Aspidosperma</i>	Floresta de Caatinga Média: área mais seca que a anterior	Principalmente rochas cristalinas do Pré- Cambriano
<i>Mimosa-Syagrus-Spondias-Cereus</i>	Floresta de Caatinga Baixa: Centro-norte da Bahia	Principalmente rochas cristalinas do Pré- Cambriano
<i>Pilosocereus-Poeppigia-Dalbergia-Piptadenia</i>	Floresta de Caatinga Baixa: solos arenosos da série do Cipó	Arenitos das séries do Cipó
<i>Cnidoscolus-Commiphora-Caesalpinia</i>	Caatinga Arbórea Aberta: Sudoeste do Ceará e áreas secas médias com solos soltos e ácidos	Principalmente rochas cristalinas do Pré- Cambriano
<i>Caesalpinia-Aspidosperma-Jatropha</i>	Caatinga Arbustiva: áreas mais secas do vale do rio São Francisco	Principalmente rochas cristalinas do Pré- Cambriano

<i>Caesalpinia-Aspidosperma</i>	Caatinga Arbustiva Aberta: Cariris Velhos, Paraíba	Principalmente rochas cristalinas do Pré-Cambriano
<i>Mimosa-Caesalpinia-Aristida</i>	Caatinga Arbustiva Aberta (Seridó): Rio Grande do Norte e Paraíba	Principalmente rochas cristalinas do Pré-Cambriano
<i>Aspidosperma-Pilosocereus</i>	Caatinga Arbustiva Aberta: Cabaceiras, Paraíba	Principalmente rochas cristalinas do Pré-Cambriano
<i>Calliandra-Pilosocereus</i>	Caatinga Arbustiva Aberta: pequenas áreas restritas e espalhadas com solos ricos em cascalhos	Principalmente rochas metamórficas do Pré-Cambriano
<i>Copernicia-Geoffroea-Licania</i>	Floresta de Caatinga de Galeria: vales dos rios do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte	Principalmente solos aluviais
<i>Auxemma-Mimosa-Luetzelburgia-Thiloa</i>	Floresta de Caatinga Média: oeste do Rio Grande do Norte e Ceará central	Principalmente rochas cristalinas do Pré-Cambriano

Fonte: Prado (2003) modificado de Andrade-Lima (1981).

O conceito de caatingas proposto por Andrade-Lima foi basicamente desenvolvido a partir da concepção florística da província, porém sem perder a relação com a fisionomia e a ecologia da vegetação, sendo uma das propostas mais aceitas e utilizadas (PRADO, 1991; SAMPAIO, 1995; SAMPAIO & RODAL 2000; PRADO, 2003).

### 1.3.3 Pluviosidade

Francisco & Santos (2017) afirmam que a caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa, pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos, no interior; até mais úmidos, na costa leste da região. Conforme Sales & Ramos (2000), em todo o nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de

temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais (FRANCISCO & SANTOS, 2017).

Ainda segundo Francisco & Santos (2017) os principais mecanismos causadores de chuvas na região nordeste (NE), são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios. A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global, tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico; e em fenômenos que se processam regionalmente, como no caso das massas de ar e dos sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera (FRANCISCO & SANTOS, 2017).

No caso do estado da Paraíba, sua zona semiárida e de transição é caracterizada por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste e também no Brejo e Litoral (AESAs, 2020b), sendo estes dois últimos, zonas úmidas. Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas são a ZCIT, as Frentes Frias, os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (FRANCISCO & SANTOS, 2017), sendo a ZCIT o principal provedor de chuvas no estado da Paraíba. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro, para posições mais ao sul (S) e aproximadamente 4°S, em março-abril (UVO, 1989; FRANCISCO & SANTOS, 2017), neste último período temos a maioria das chuvas no semiárido.

Outro fenômeno a se destacar são as Frentes Frias. Conforme descreve Francisco & Santos (2017) estas caracterizam-se como um importante sistema causador de chuvas na Paraíba. A penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais, entre os meses de novembro e janeiro, é responsável pelas chuvas na faixa litorânea da região. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). Os autores afirmam ainda que a massa de ar frio penetra por baixo do quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando nuvens convectivas e estratiformes, e assim consequentemente as chuvas, conforme descreve Kousky (1979).

Na região dos Cariris Velhos – PB, é onde encontramos os menores índices de precipitação pluviométrica do semiárido brasileiro (COHEN & DUQUÉ, 2001; SOUZA *et al.*, 2009; SENA *et al.*, 2012). Souza *et al.* (2009) destacam que a localização dessa região exerce papel fundamental na compreensão dos baixos índices pluviométricos aí dominantes. O Cariri está situado no fim do percurso dos fluxos úmidos que se direcionam para o semiárido

nordestino e em situação de sotavento, fazendo parte da diagonal mais seca do Brasil, com médias pluviométricas de cerca de 500mm/ano, conforme descrito também por Nimer (1979).

Ainda segundo Souza *et al.* (2009), embora haja uma média pré-definida para a região, existe também uma complexidade muito grande sobre a quantidade e a distribuição de chuvas, que variam muito no espaço e no tempo. Uma vez que grande parte das chuvas estejam concentradas entre os meses de fevereiro e maio, a distribuição é totalmente heterogênea e desigual, ou seja, a quantidade de chuva esperada para um mês pode ocorrer em poucos dias ou mesmo horas, assim como a próxima chuva pode ocorrer muitas semanas depois.

### **1.3.4 A Umidade do Solo em Ambientes Semiáridos**

Nas regiões semiáridas a disponibilidade de água é um fator que determina e influencia direta e indiretamente das mudanças ambientais. A quantidade de água no solo limita o número e o tamanho das espécies de plantas perenes em áreas áridas (PAN *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2011). Segundo Santos *et al.* (2011) a umidade do solo é importante para o crescimento das plantas, estando altamente relacionada com as características temporais e de intensidade dos eventos pluviométricos. A precipitação efetiva depende, assim, da intensidade da chuva, da taxa na qual a água é removida do solo através do escoamento superficial, percolação profunda ou drenagem e a evaporação da superfície do solo (AMPOFO, 2006).

Conforme Martorano *et al.* (2008) a ausência ou a presença de vegetação, tal como as práticas agrícolas e a ação de agentes naturais, também são influentes nas propriedades hidrodinâmicas da água no solo. As referidas mudanças são decorrentes de alterações físicas que ocorrem em função do manejo adotado ou não, ocasionando aumento da macroporosidade do solo em relação à microporosidade (MENEZES *et al.*, 2013).

Quando a água se infiltra no solo terá a dinâmica definida a partir da evaporação, da evapotranspiração ou continuará infiltrando para as camadas mais profundas. De acordo com Oliveira *et al.* (2001), com o processo de redistribuição de água no solo a região do perfil com alto conteúdo de água drena rapidamente a água para as camadas inferiores mais secas (MENEZES *et al.*, 2013).

É a partir dessa relação complexa entre os estágios e interações da disponibilidade da água e o solo tanto nas áreas naturais quanto nas áreas cultivadas no semiárido que várias pesquisas tem se dedicado a estudar os seus efeitos (MELO & MONTENEGRO, 2015; LEITE *et al.*, 2019; INOCÊNCIO *et al.*, 2020).

Nesta perspectiva destaca-se a proposta metodológica desenvolvida por Lopes *et al.* (2011), que consiste em espacializar através de um modelo empírico matemático informações

sobre a umidade da superfície dos solos, utilizando produtos de sensores remotos visando ao estudo de regiões degradadas da Caatinga.

### **1.3.5 Processo de Ocupação dos Cariris Velhos**

A região dos Cariris Velhos encontra-se no interior do estado da Paraíba, caracterizado principalmente pelo predomínio da paisagem seca, local de morada dos índios Cariris, que a partir do século XVII, com a chegada do colonizador europeu, vão começar a passar pelo processo de conquista de suas terras, partindo pela catequização dos que se rendiam ou eram dominados e o extermínio físico dos que resistiam (SOUZA *et al.*, 2009).

O conflito entre os índios e os colonizadores só foi solucionado no início do século XVIII com vitória dos colonizadores, o que ampliou e permitiu que essa região fosse ainda mais ocupada pela pecuária bovina, primeiro produto comercial do semiárido (SOUZA, 2008).

Segundo Souza (2008), é através da expansão da pecuária extensiva que começaram também as modificações maiores nos padrões das caatingas do Cariri e, como regra, em toda a zona semiárida paraibana e nordestina, não apenas pelo consumo direto da vegetação nativa, mas também pelas constantes queimadas a que eram submetidas, cujo objetivo era a renovação do pasto durante o período chuvoso. Em quantidades cada vez maiores, à medida que a população aumentava, era necessária a exploração de madeira para produzir carvão, lenha, cercas e material de construção para as moradias (SOUZA, 2008).

Conforme ainda Souza (2008) as áreas próximas às várzeas dos rios passaram ainda mais a ser exploradas nesse processo de expansão da ocupação inicial, o que pode ser explicado pela presença de água no lençol freático, mesmo durante o período de estiagem. As grandes distâncias e as dificuldades de comunicação em relação ao litoral, por sua vez, fizeram com que nas várzeas fossem desenvolvidas lavouras de ciclo vegetativo curto (particularmente o feijão e o milho) utilizadas para subsistência (SOUZA 2008), práticas essas que continua sendo desenvolvida até os dias atuais.

Atividade agropastoril foi pioneira nesta região, no qual destaca-se principalmente a pecuária, desde o início dessa ocupação, os bovinos eram criados soltos no pasto nativo (salvo as fêmeas em lactação, que ficavam presas no curral). Durante a estiagem, recebiam complemento forrageiro na área de pastagem, advindo este das culturas alimentares e também do algodão chamado de restolho (SOUZA 2008).

Já a criação de ovinos e principalmente os caprinos, por sua vez, também pastavam nessas áreas embora, devido a sua maior rusticidade e também por serem considerados um tipo de criação inferior aos bovinos, não tivessem acesso, em nenhuma época do ano, a nenhum

complemento alimentar. E a agricultura, que sempre cumpriu um papel importante na economia de todo o sertão nordestino, embora fosse uma atividade complementar à pecuária (SOUZA 2008).

Nos períodos de seca intensa e prolongada que influenciavam diretamente no não desenvolvimento das lavouras subsistência, a caça de animais selvagens era bastante intensificada o que, juntamente com o desmatamento, explica a rarefação e mesmo extinção de alguns animais de maior porte em algumas regiões do semiárido, a exemplo dos veados e porcos-do-mato. As onças, por sua vez, por conta da predação que faziam ao gado, foram reduzidas significativamente, com poucos remanescentes tendo sobrevivido em áreas de mais difícil acesso (SOUZA, 2008).

Outra atividade econômica de destaque que foi desenvolvida nessa região foi a cotonicultura (cultura do Algodão) que segundo Souza (2008) está relacionada a necessidade de fibras pelo mercado externo, encontrando o seu auge durante a Guerra de Secessão nos EUA (1861/1865), onde o Brasil substituiu parcialmente esse país nas exportações desse produto para a Inglaterra, ocorrendo novo surto de produção dessa matéria prima no final do século XIX e início do século XX, com o crescimento da indústria têxtil na região nordeste (MOREIRA & TARGINO, 1997; SOUZA, 2008), contribuindo decisivamente para o desmatamento excessivo.

Moreira & Targino (1997) destacam que, com a consolidação da cotonicultura no semiárido paraibano, estabelece-se um trinômio formado pelo gado-algodão-policultura, marco da organização desse espaço, dominante até a segunda metade do século XX.

E a sua decadência segundo Souza (2008), ocorre em virtude da ocorrência da praga do bicudo (*Anthonomus grandis*), atingindo seu maior impacto no ano de 1980 embora, na realidade, isto possa ser considerado a gota-d' água dessa queda da produção, visto que as razões principais para que isso ocorresse já vinham acontecendo desde a década de 1960: a competição com as fibras sintéticas e, ainda mais que isso, a falta de competitividade da produção paraibana (e, por extensão, de todo o nordeste) frente as outras regiões brasileiras e de outros países (BARRETO *et al.*, 2000).

### **1.3.6 Degradação e Desertificação na Caatinga**

Nas Américas, o Brasil é o segundo país com maior porcentagem de florestas secas degradadas por ações antrópicas (PORTILLO-QUINTERO & AZOFEIFA, 2010). Já dentre os ecossistemas brasileiros, a Caatinga é um dos mais ameaçados e alterados; dentre as muitas formas de degradação que o bioma está exposto, pode-se destacar a extração de madeira de

forma ilegal, a criação de estradas, gado e agricultura, ambos eventos ligados principalmente pelo desmatamento, apresentando extensas áreas degradadas, com solos sob intenso processo de desertificação (CASTELLETTI *et al.*, 2003).

A desertificação é definida pelas Nações Unidas como a diminuição ou a destruição do potencial biológico, sendo iniciada com a devastação da cobertura vegetal natural ocorrida em regiões de clima árido, semiárido e subúmido seco, e acentuada em decorrência das variações climáticas (PAN-BRASIL, 2004; BRASIL, 2020b).

Apesar de terem sido iniciadas na década de 1970, as discussões sobre a desertificação no Brasil ficaram mais evidentes a partir da Eco-92, conferência ambiental internacional realizada na cidade do Rio de Janeiro entre os dias 03 e 14 de junho de 1992, quando o assunto foi discutido e somado as pautas da Agenda 21 (BRASIL, 2020b).

Antes desse evento, porém, em 17 de junho de 1994, foi estabelecida pela ONU a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), com mais de 179 países fazendo parte, entre os quais o Brasil foi signatário e teve como principal propósito o de amenizar a pobreza nas terras áridas, manter e restaurar a produtividade e mitigar os efeitos da seca (VIEIRA, 2015a).

A partir do ano de 2004 o Brasil aprovou o Programa de Ação de Combate à Desertificação (PAN-BRASIL), que teve como metas, identificar os fatores que contribuem para a desertificação e as medidas de ordem prática necessárias ao seu combate e à mitigação dos efeitos da seca (BRASIL, 2020b). A maioria dos estudiosos da matéria concorda com as proposições da UNCCD sobre os fatores determinantes da desertificação, isto é, que é resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas (PAN-BRASIL, 2004).

Parte dos impactos gerados nos recursos naturais, em particular na cobertura vegetal, são para anteder as necessidades básicas das populações locais em diferentes regiões suscetíveis a desertificação, que em última análise atua como facilitador desse processo de degradação devido a exploração direta ou uso excessivo de recursos naturais (ZHOU *et al.*, 2015; BEZERRA *et al.*, 2020).

Os resultados dessa sobre-exploração estão ligados, no que diz respeito aos solos, principalmente intensificação da erosão, particularmente a laminar (com eventuais ocorrências de pequenas áreas afetadas pela erosão em sulcos ou “voçorocas”) e os processos de salinização do solo, tanto em áreas de agricultura de sequeiro como de agricultura irrigada. Outra característica é que nas áreas afetadas, a vegetação apresenta porte reduzido, algumas espécies com nanismo e concentração diluída, geralmente coincidindo com a presença da Caatinga hiperxerófita (PAN-BRASIL, 2004), além da pequena diversidade dominante. Logo, a

desertificação é um risco ambiental e social considerada por Nascimento (2015) e Bezerra *et al.* (2020) como um dos maiores problemas ambientais dos tempos contemporâneos.

Importante destacar que com o decorrente avanço deste tipo de degradação, exige-se cada vez mais o entendimento de suas causas para que se possa propor novas alternativas, medidas e soluções que auxiliem na mitigação, assim como tentar conter o seu avanço. É nessa perspectiva que as tecnologias atuais podem contribuir de forma significativa nas pesquisas aplicadas a desertificação em todo semiárido brasileiro, o que vem gerando uma gama de estudos das mais diversas áreas do conhecimento aplicadas esta problemática (SOUSA *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2015b; TOMASELLA *et al.*, 2018; MARIANO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018b; PRINCE & PODWOJEWSKI, 2019; BEZERRA *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2020).

Na região dos Cariris Velhos o processo de desertificação é bastante acentuado, estando relacionado principalmente com: I) a predisposição geocológica ou o equilíbrio instável resultante dos fatores climáticos, edáficos e topográficos; e II) as diferentes modalidades das ações antrópicas, diretas ou indiretas, que começam pela eliminação ou degradação do revestimento vegetal, chegando a desencadear o comprometimento dos outros componentes do ecossistema e dando início à formação de núcleos de desertificação (SOBRINHO, 1982; PAN-BRASIL, 2000; MELO, 2000). Neste sentido, uma frente ampla de estudos vem sendo também direcionados especificamente sobre a desertificação na região dos Cariris Velhos (SOUZA, 2009; TRAVASSOS & SOUZA 2014a; TRAVASSOS & SOUZA 2014b; SOUZA, 2015 *et al.*, 2015).

### **1.3.7 Fitofisionomias Presentes na Região dos Cariris Velhos**

Existem várias propostas de classificação para os diferentes tipos de caatingas existentes no semiárido brasileiro, porém, neste estudo, optou-se pela classificação proposta por Souza & Souza, (2016) pela especificidade nos levantamentos realizados na região dos Cariris Velhos.

Neste sentido, as principais fitofisionomias de caatinga que recobrem a área de estudo são:

- **Caatinga Arbórea:** Predominantemente nas várzeas dos rios, zonas serranas e no entorno de alguns afloramentos rochosos mais expressivos (lajedos), onde tem maior umidade e solos mais profundos (Neossolo Flúvico, Neossolo Regolítico e Argissolo vermelho – amarelo). As espécies dominantes originalmente são a Aroeira (*Myracrodon urundeuva*), Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), Pau-ferro (*Caesalpinia férrea*, var. *Leiostachia*), Jatobá (*Hymenaea rubriflora*), Mulungu (*Erythrina velutina*), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), Craibeira (*Tabebuia aurea*), Tamboril (*Enterolobium*

*contortisiliquum*), Oiticica (*Licania rigida*), Quixabeira (*Sideoxylum obtusifolium*) e o Ipê – roxo (*Handroantus impetiginosus*).

- **Caatinga Arbóreo-Arbustiva Fechada:** Localizada próxima às várzeas, em solos relativamente profundos (Neossolo Regolítico) e nas áreas serranas. Representam uma fitofisionomia com presença de menos umidade nos solos que a anterior, com o predomínio do estrato arbóreo e secundariamente do estrato arbustivo. Nesse caso, ocorreria a dominância de espécies onde sobressaiam o Angico (*Anadenanthera colubrina*), Imburana-de-cheiro (*Amburana cearensis*), Imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*), a Catingueira (*Poincianella gardneriana*), Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), Pereiro (*Aspidosperma pyriforme*), Facheiro (*Pilosocereus pachycladus*), Mandacaru (*Cereus jamacaru*), Imbiratanha (*Pseudobombax marginatum*), Pau – ferro (*Caesalpinia ferrea*, var. *férrea*), Catolé (*Syagrus cearensis*), Pau-de-serrote (*Luetzelburgia auriculata*), Icó (*Capparis icó*) e a Barriguda (*Ceiba glaziovii*). As espécies arbustivas dominantes seriam o Pinhão-bravo (*Jatropha molissima*), Marmeleiro (*Croton blanchatinus*), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*), Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*), Bom-nome (*Maytenus rígida*), Maniçoba (*Manihot glaziovii*), Xique-xique (*Cereus gounellei*) e à Palmatória-de-espinho (*Opuntia palmadora*). No estrato herbáceo dominariam a Macambira (*Bromélia laciniosa*), Caróá (*Neoglaziovia variegata*), Coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis*), Palmatória-de-pêlo (*Opuntia inamoena*), Jureminha (*Desmanthus virgatus*), Velame (*Croton campestris*), Malva-branca (*Sida galheirensis*), Macambira (*Bromélia laciniosa*) e, durante a estação chuvosa, principalmente o Capim-panasco (*Aristida adscensionis*).
- **Caatinga Arbustivo-Arbórea Fechada:** Ocorrência das mesmas espécies da classificação anterior, embora com estrato arbustivo dominante sobre o arbóreo, o que reflete a presença de solos menos profundos (Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico) e, em certas áreas, com problema de drenagem e salinidade (Vertissolo e Planossolo Háptico), além de maior presença de antropismo, através da retirada de algumas espécies arbóreas e do pastoreio, quando comparada à classificação anterior. Pode-se dizer que seria uma caatinga secundária, em avançado estágio sucessional.
- **Caatinga Arbustiva Fechada:** Localizadas em áreas distantes da várzea, onde predominam solos rasos e com pequena capacidade armazenamento de água (Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico). As plantas existentes nessas áreas não chegam a compor estrato arbóreo, uma vez que as espécies correspondentes a essa classificação se encontram muito dispersas, havendo o domínio de arbustos e herbáceas. Apesar das

manchas de solo exposto estarem mais presentes que nos subtipos anteriores, ainda predomina a presença de forte cobertura vegetal. Esta pode ser caracterizada como uma área onde a sucessão ecológica está em fase intermediária. Apesar da presença de alguns elementos arbóreos, onde se destacam o Pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), Catingueira (*Poincianella gardneriana*) e o Facheiro (*Pilosocereus pachycladus*), as espécies de maior dominância são as arbustivas pioneiras, onde o Pinhão-bravo (*Jatropha molissima*), Marmeleiro (*Croton blanchatianus*), Mofumbo (*Combretum leprosum*) e a Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) recobrem extensas áreas, formando elevado adensamento, o mesmo ocorrendo com o Xique-xique (*Cereus gounellei*), cactácea de maior presença nesses terrenos, enquanto as espécies herbáceas são as mesmas encontradas noutras áreas.

- **Caatinga Arbustiva Semiaberta e Aberta:** Apresenta estágio avançado de degradação, onde grandes manchas de solo recobertas apenas por plantas herbáceas dividem espaço com pequenas ilhas de vegetação. Nessas áreas, destacam-se pela sua maior presença o Pereiro (*Aspidosperma pyriformium*) e a Catingueira (*Poincianella gardneriana*), ocorrendo também o Pinhão-bravo (*Jatropha molissima*) e o Xique-xique (*Cereus gounellei*).

Além das tipologias apresentadas para a Caatinga nos Cariris Velhos, temos também a ocorrência de Brejos de Altitude (Mata de Altitude), concentrados na fronteira com o estado de Pernambuco. Segundo Porto *et al.* (2004), uma parte das florestas semidecíduais montanas constituem-se de encaves florestais localizados na região semiárida da Caatinga, localmente denominados de Brejos de Altitude ou Florestas Serranas. A existência desses encaves de floresta em uma região onde a precipitação média anual é considerada baixa está associada à ocorrência de planaltos e chapadas entre 500 a 1.100 m de altitude, onde as chuvas orográficas garantem níveis de precipitação superiores a 1.000 mm/ano. Os Brejos são, em sua grande maioria, disjunções de Floresta Estacional Semidecidual Montana e a flora desses encaves possuem espécies pertencentes a Floresta Amazônica e das florestas montanas do sudeste do país e principalmente espécies da Mata Atlântica de terras baixas do Nordeste (PORTO *et al.*, 2004).

### 1.3.8 Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UC) são definidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) como espaços territoriais, incluindo seus recursos ambientais, com características

naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente (BRASIL, 2020c).

Essas unidades asseguram às populações tradicionais o uso sustentável dos recursos naturais de forma racional e ainda propiciam às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis. Estas áreas estão sujeitas a normas e regras especiais. São legalmente criadas pelo governo federal, estaduais e municipais, após a realização de estudos técnicos dos espaços propostos e, quando necessário, consulta à população (BRASIL, 2020c).

As UC's estão divididas em duas categorias importantes, as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável que são definidas da seguinte maneira:

- **Unidades de Proteção Integral:** tem como objetivo a proteção integral da natureza, por isso as regras e normas para esta categoria são mais restritivas. É permitido apenas atividades de uso indireto dos recursos naturais como: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico de contemplação, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental. As categorias de proteção integral podem ser classificadas em: estação ecológica, reserva biológica, parque, monumento natural e refúgio de vida silvestre (BRASIL, 2020c).
- **Unidades de Uso Sustentável:** são áreas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse grupo, atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais são permitidas, mas desde que praticadas de uma forma que a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos esteja assegurada (BRASIL, 2020c). Já as categorias de uso sustentável são classificadas segundo Brasil (2020c), em: Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Extrativista, Área de Proteção Ambiental (APA) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

No caso da região semiárida brasileira, a mesma encontra-se como a menos protegida pelo sistema de Unidades de Conservação (BRASIL, 2020c). E que está sobre as mais variadas pressões antrópicas, por tratar-se de uma das regiões semiáridas mais populosa do mundo, o que reforça ainda mais a necessidade de preservação e conservação dos recursos, principalmente o bioma Caatinga.

### **1.3.9 Geotecnologias nos Estudos Ambientais**

As geotecnologias podem ser definidas como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Esse conjunto de tecnologias abriga diversas subáreas, tais como a Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema Global de Navegação Por Satélite (GNSS), *WebGIS* integrados a páginas na internet, mapas interativos, aplicativos de posicionamentos e os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

E podem ser empregadas em diversos campos do conhecimento, dentre os quais podemos citar a Cartografia, Geografia, Agricultura, Meteorologia, Oceanografia, Ciências Florestais, Biologia, Engenharias e a Geologia. Também tem contribuído para os estudos de planejamentos urbanos e áreas rurais, meios de transporte, comunicação e energia, solos, geomorfologia, análises oceânicas e das formações vegetais naturais.

Destaca-se o uso do sensoriamento remoto através de imagens satélite que permite o registro dos alvos na superfície terrestre de grandes áreas, além de um amplo acervo de imagens multitemporais que estão sendo geradas desde a década de 1970 até os dias atuais.

Tais imagens, mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como a dinâmica da cobertura vegetal ao longo do ano e os antrópicos, tais como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

As atividades para geração de imagens e outros tipos de dados, envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética) emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. São geralmente trabalhadas com *softwares* específicos para processamento digital de imagens (PDI). No entanto, existe uma interoperabilidade entre o PDI e os SIGs que possibilitam essa integração no objetivo de extrair as informações necessárias (MENDONÇA *et al.*, 2011).

É nesse contexto que as geotecnologias são de suma importância nos dias atuais para os estudos ambientais, devido a sua praticidade e pelo volume de informações que podem ser extraídos.

### **1.3.10 Modelagem Ambiental**

Segundo Steyaert (1993) os processos ambientais no mundo real são, tipicamente, tridimensionais, dependentes do tempo e outros fatores complexos. Essa complexidade pode

incluir comportamento não linear, componentes estocásticos e realimentações em múltiplas escalas de tempo e de espaço. Assim sendo, a natureza espaço-temporal dos fenômenos ambientais, devido a sua importância para compreensão do fenômeno em estudo, coloca algumas questões à modelagem ambiental. Estas questões se referem à criação de modelos matemáticos e computacionais com representações, uma vez que, o fenômeno deve ser de alguma forma, representado.

A modelagem deve considerar que os processos da natureza resultam em interações espaço-temporais complexas entre os diversos elementos que os compõem, ou seja, as propriedades ambientais. No modelo matemático de um processo, as propriedades ambientais são tratadas como variáveis do modelo enquanto que suas inter-relações são representadas por operações aritméticas ou lógicas (FULGUEIRAS, 2001).

O uso de modelos na investigação dos sistemas ambientais permite levantar hipóteses, fazer diagnósticos, previsões e simulações, além de constituírem ferramentas promissoras para a exploração e extração de dados, que permitem eficácia na comunicação das informações (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os modelos espaciais ganham cada vez mais importância, haja vista a grande disponibilidade de dados espaciais obtidos via sensoriamento remoto associada a uma ampla capacidade de manipulação e análise fornecida pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o que permite o monitoramento de processos dinâmicos em diferentes resoluções espaciais e temporais (GAUCHEREL & HOUET, 2009).

Modelos espaciais de simulação, que realisticamente reproduzem padrões espaciais de mudanças, são hoje requisito para o entendimento e avaliação de complexas questões ambientais em escalas local, regional e global levando em consideração o aspecto temporal, seja na simulação, predição e construção de cenários futuros, nos quais o funcionamento de um sistema pode ser explorado em diferentes condições (SOARES FILHO *et al.*, 2007).

Modelos que utilizam métodos empírico-estatísticos são denominados modelos dirigidos aos dados (*Data-driven models*), nos quais o tratamento das informações pode incluir desde técnicas de álgebra espacial até métodos estatísticos mais sofisticados com a implementação de abordagens utilizando lógica *fuzzy* e inteligência artificial (PAEGELOW & CAMACHO, 2008).

#### **1.4 Caracterização da Área de Estudo**

A área de estudo consiste em duas Unidades de Conservação Estaduais: Área de Preservação Ambiental do Cariri e a Área de Preservação Ambiental das Onças, ambas situadas

na microrregião dos Cariris Velhos nos domínios do bioma Caatinga, no estado da Paraíba (PARAÍBA, 2004), conforme a Figura 1.

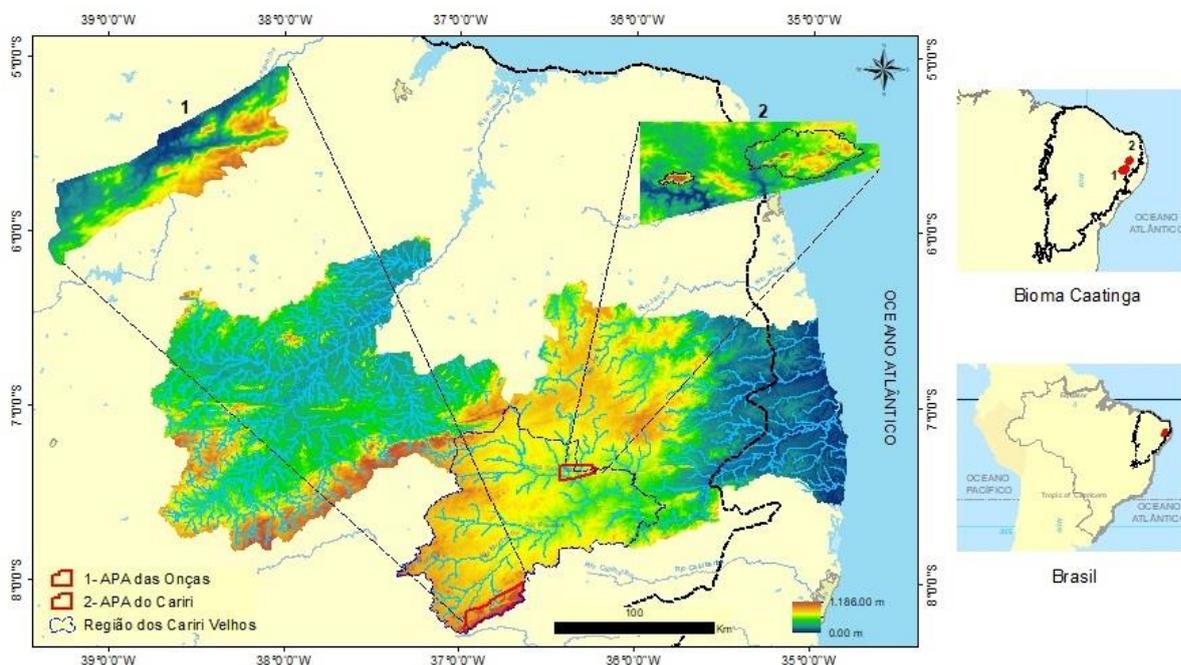


Figura 1. Localização das Unidades de Conservação 1) APA das Onças e 2) APA do Cariri – PB.

Ambas as UC's se encontram dentro da bacia hidrográfica do rio Paraíba, a qual possui no total uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior bacia dessa parte do país, pois abrange 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% de toda a Paraíba. Além da grande densidade demográfica existente nessa bacia, nela estão incluídas as cidades de João Pessoa, capital do estado, e Campina Grande o segundo maior centro urbano estadual e um dos mais importantes do interior da região nordeste do país (AESAs, 2020).

#### 1.4.1 Área de Proteção Ambiental do Cariri

A APA do Cariri está localizada entre os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri, entre as latitudes 07° 20' 00" e 07° 25' 00" (S) e longitudes 36° 25' 00" e 36° 15' 00" (W), conforme apresentado na Figura 2. Criada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Paraíba, pelo Decreto Estadual 25.083 de 8 de junho de 2004 (PARAÍBA, 2004), com uma área de aproximadamente 15.514,99 ha, situada no semiárido paraibano, na microrregião dos Cariris Velhos.

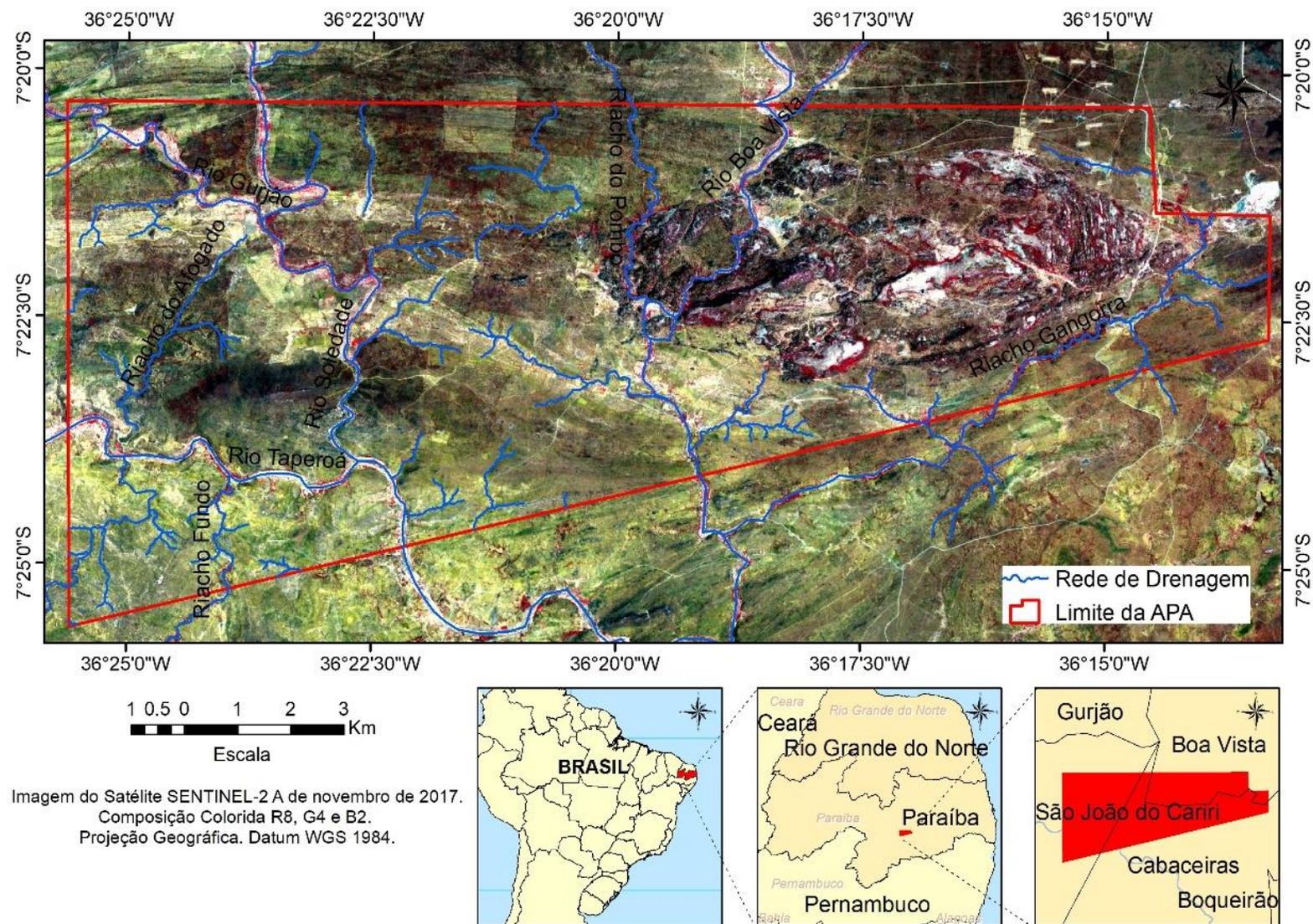


Figura 2. Localização da APA do Cariri nos municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri.

Sua criação partiu da necessidade da preservação dos sítios arqueológicos e paleontológicos e dos monumentos naturais, assim como a conservação da vegetação remanescente da Caatinga e por seus aspectos ecológicos e potencialidades para implantação de projetos turísticos sustentáveis e de pesquisa científica. Os sítios arqueológicos e paleontológicos e os monumentos naturais preenchem os requisitos para criação dessa modalidade de Unidade de Conservação de uso sustentável que contemplam totalmente os municípios citados (PARAÍBA, 2004).

### 1.4.2 Geologia

A geologia da APA do Cariri (Figura 3) foi mapeada na escala de 1:100.000 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2012a), sendo formada em sua maior parte pelas unidades Ortognaisse Cabaceiras junto das unidades Floresta Anfíbolito e Floresta Mármore, todos pertencentes ao Complexo Floresta, compostos por granitos, gabros, dioritos e mármores. Situados no Domínio da Zona Transversal que abrange grande parte dos litotipos pré-cambrianos (CPRM, 2017).

A Suíte Intrusiva Carnoió é caracterizada por anfibólitos ortognaises de composição granítica a sienogranítica, entretanto, termos de composição álcali-granítica/quartzo-sienítica. Possuem coloração cinza clara a levemente rosada, são inequigranulares, leucocráticos, com granulação média na matriz e textura granoblástica a porfiroblástica. Constituem rochas foliadas caracterizadas pela orientação preferencial de cristais de anfibólio, por vezes estirados (CPRM, 2017).

O Complexo Sertânia é composto, principalmente, por gnaises à almandina-biotita contendo uma fácies quartzítica e outra anfibolítica, os quais incluíram níveis carbonáticos, calcissilicáticos, anfibolíticos, de rochas metamáficas e raras formações ferríferas (CPRM, 2017).

Já a Suíte Intrusiva São João do Sabugi é composta por litotipos que foram classificados como biotita-anfibólio quartzo dioritos a quartzo monzonitos/monzodioritos mesocráticos com textura fanerítica fina inequigranular e cor cinza escura a preta (CPRM, 2017).

O Plúton Bravo encontra-se no Domínio das Suítes Graníticas Ediacaranas. E conforme Romano *et al.* (2018) consiste num *Stock* elipsoidal formado por monzosienogranitos, porfiríticos (textura de grandes cristais), enclaves (envolta de material metamórfico), e zonas híbridas, de minerais metaluminosos e levemente peraluminosos.

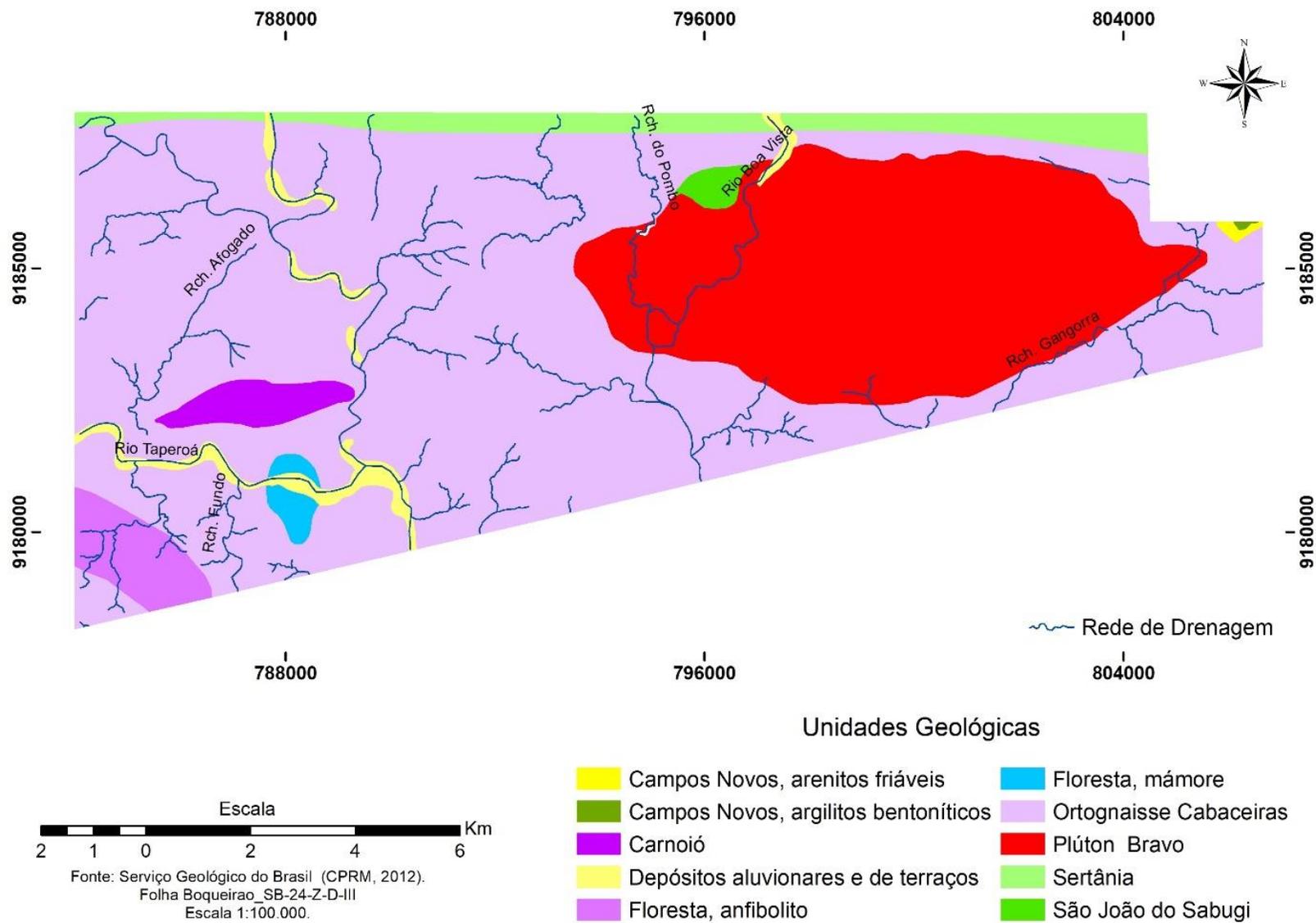


Figura 3. Mapa Geológico da APA do Cariri. Fonte: CPRM (2017).

A Formação Campos Novos é constituída por unidade sedimentar essencialmente de arenitos fluviais localmente silicificados,ossilíferos e argilas variadas fossilíferas, de sistema lacustre, que é capeada por um derrame basáltico. Segundo CPRM, (2017) na área da Bacia de Boa Vista esta Formação pode ser dividida em: argilitos bentoníticos representados por argilitos na qual se incluem as argilas bentoníticas e arenitos friáveis, representados por arenitos de granulometria fina a grânulos, arenitos silicificados e componentes rudáceos (conglomerados) em um sistema flúvio-lacustre. Os argilitos são diferenciados pela coloração que ocorre de forma variável, tais como: marrom claro esbranquiçado, marrom escuro e ainda verde escuro acinzentado ou verde lodo (CPRM, 2017).

Quanto aos Depósitos de Aluvionares e Terraços, se concentram principalmente nas calhas e barras de pontal dos rios Taperoá, Paraíba e em alguns pontos do Rio Soledade onde há um maior número de extrações de material para construção civil. Em outras ocorrências destes depósitos não possuem espessura aparente importante e se formam pelo efeito de espalhamento causado pelas chuvas concentradas e torrenciais típicas de semiárido nordestino e localizadas nas planícies de inundação com baixo gradiente. O sedimento é mal selecionado, com granulometria de areia grossa a grânulos e é composto por quartzo, feldspatos, mica, anfibólios, fragmentos de rocha e óxidos (CPRM, 2017).

O Plutão Bravo (Figura 4) aflora no centro-leste da Paraíba, entre os municípios de Boa Vista e Cabaceiras, e foi alojado em ortognaisses graníticos de alto teor metamórfico (CPRM, 2017). Na superfície apresenta forma elipsoidal, com aproximadamente 12 km de comprimento por 5 km de largura, contendo diversas formas de lajedos locais, sendo os mais conhecidos os do Pai Mateus, da Salambaia, do Bravo, Manoel de Souza e a Saca de Lã (SOUSA & XAVIER, 2017) e que devido a beleza cênica desta região se tornou um importante atrativo turístico (SILVA *et al.*, 2019).

### **1.4.3 Geomorfologia**

A geomorfologia foi elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012a) na escala de 1:250.000, de acordo com a Figura 5.

A APA encontra-se na unidade geomorfológica do Pediplano Central do Planalto da Borborema em que as principais formas de relevo são o Topo Convexo localizadas na região sul, geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (IBGE, 2009).

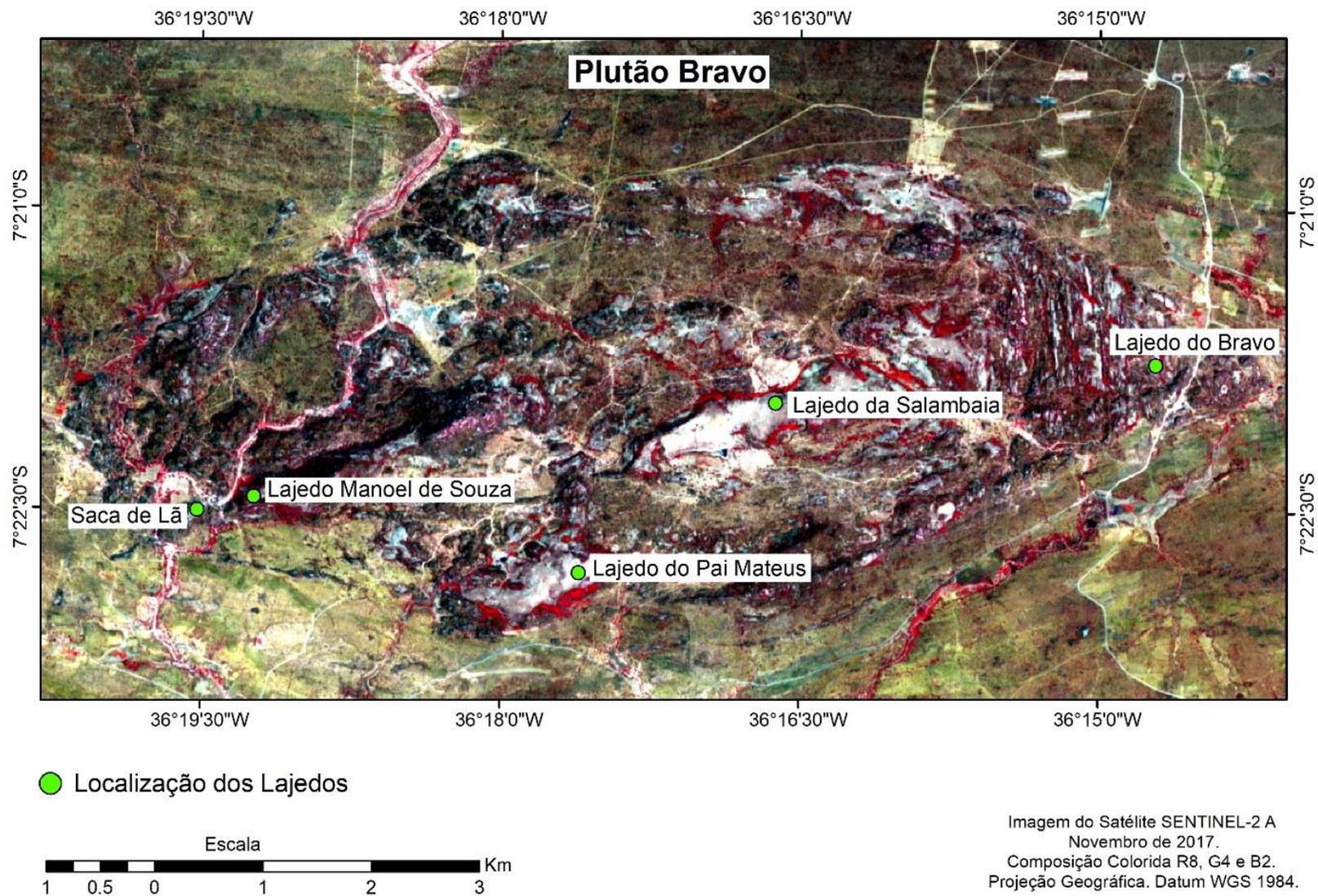


Figura 4. Região do Plutão Bravo – PB.

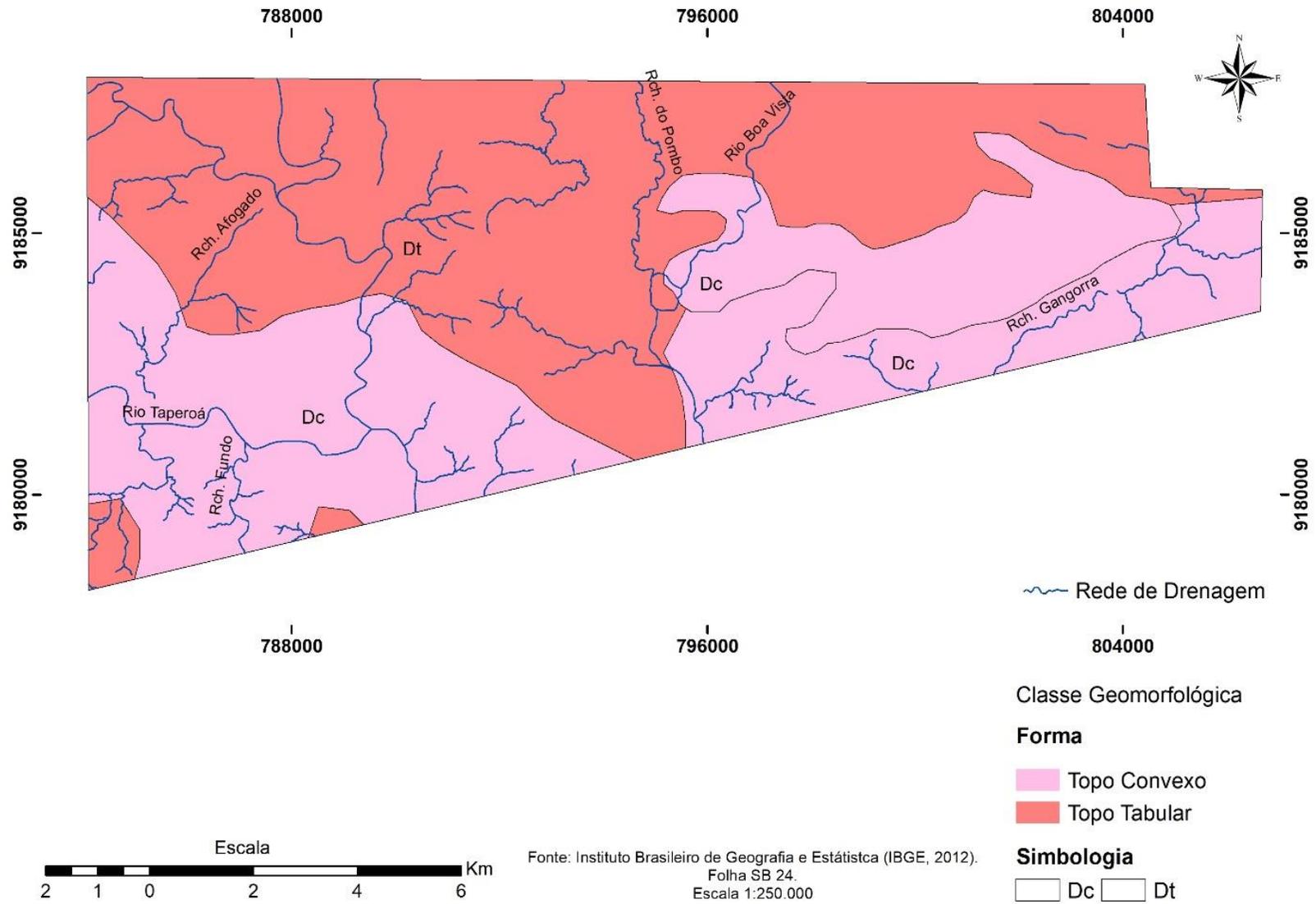


Figura 5. Mapa Geomorfológico da APA do Cariri. Fonte: IBGE (2012a).

Nessa área, os Topos Tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, denotando eventual controle estrutural. São em geral definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos, apresentando vertentes de pequena declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação, atuando sobre uma superfície aplanada (IBGE, 2009), forma essa que predomina em toda porção norte da APA do Cariri.

#### **1.4.4 Hipsometria**

A Hipsometria na APA do Cariri (Figura 6) apresenta classes altimétricas que variaram de 402 a 627 metros.

As cotas de altitudes mais baixas variam de 402 a 430m e estão relacionadas com as planícies de inundação dos rios, enquanto as altitudes consideradas medianas, acima de 430 m até 478m, apontam um relevo suave ondulado. As cotas altimétricas acima de 478m indicam a presença de relevo mais inclinado. As maiores cotas de elevação estão relacionadas com os grandes afloramentos rochosos na região do Plutão Bravo, a oeste (O), e de pequenas serras a leste (L), com elevações pouco acima de 600m de altitude.

#### **1.4.5 Solos**

O levantamento e mapeamento dos solos foi elaborado na escala de 1:250.000 (IBGE, 2012a), conforme demonstra a Figura 7.

As classes de solos mapeadas foram o Luvisssolo Crômico que predomina em quase toda a APA. São solos rasos a pouco profundos e apresentam frequentemente revestimento pedregoso na superfície (pavimento desértico) ou na massa do solo e normalmente possuem uma crosta superficial de 5 a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente susceptíveis aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte B (EMBRAPA, 2020a).

Ainda segundo Embrapa (2020a), estes solos são de elevado potencial nutricional, decorrente das altas quantidades de nutrientes disponíveis às plantas e de minerais primários facilmente intemperizáveis e são ricos em bases trocáveis, especialmente o potássio. Ocorrem em relevo suave ondulado, o que facilita o emprego de máquinas agrícolas, podendo também ocorrer em relevo mais movimentado, podendo chegar a forte ondulado.

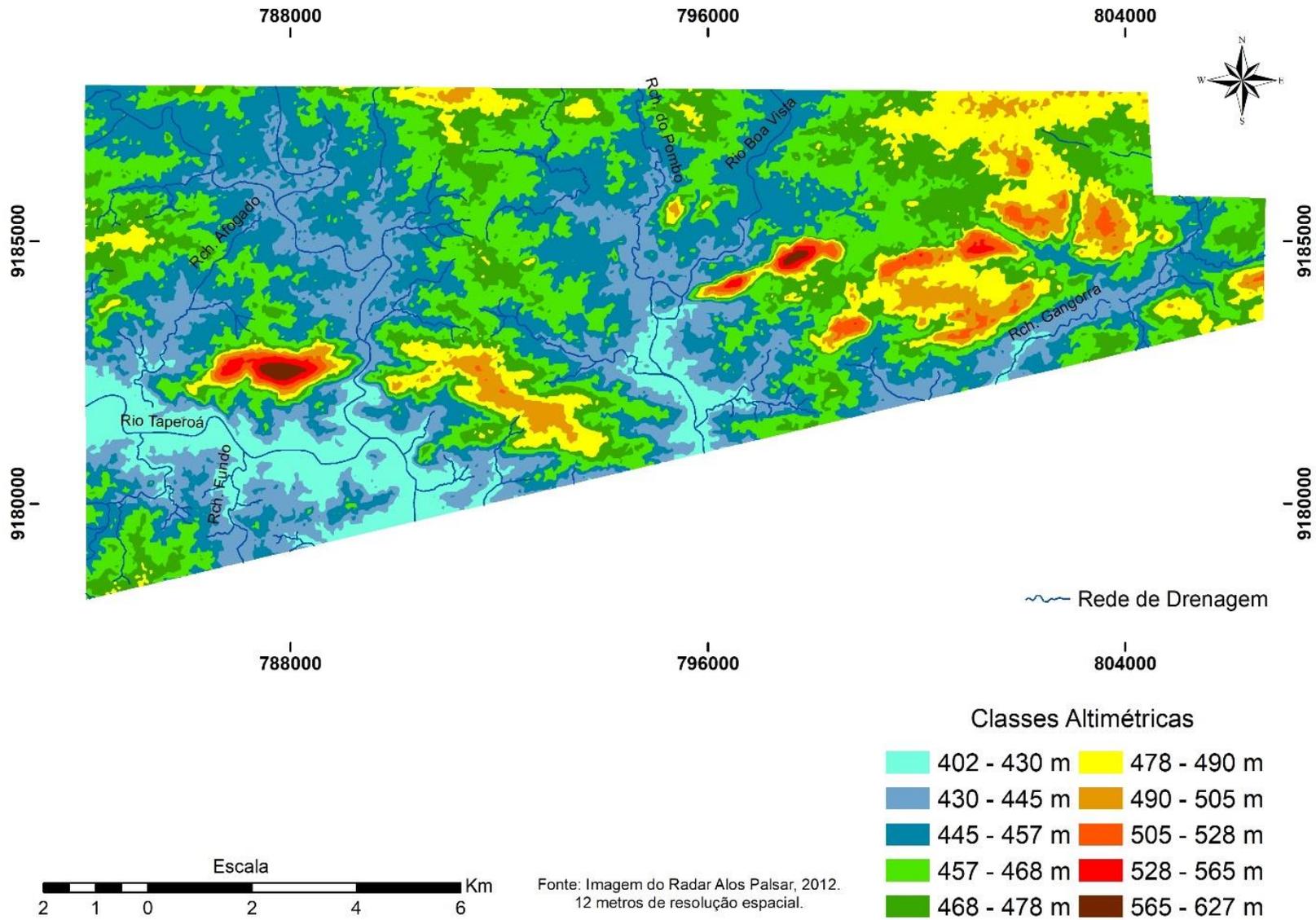


Figura 6. Mapa Hipsométrico da APA do Cariri. Fonte: Elaborado pelo autor.

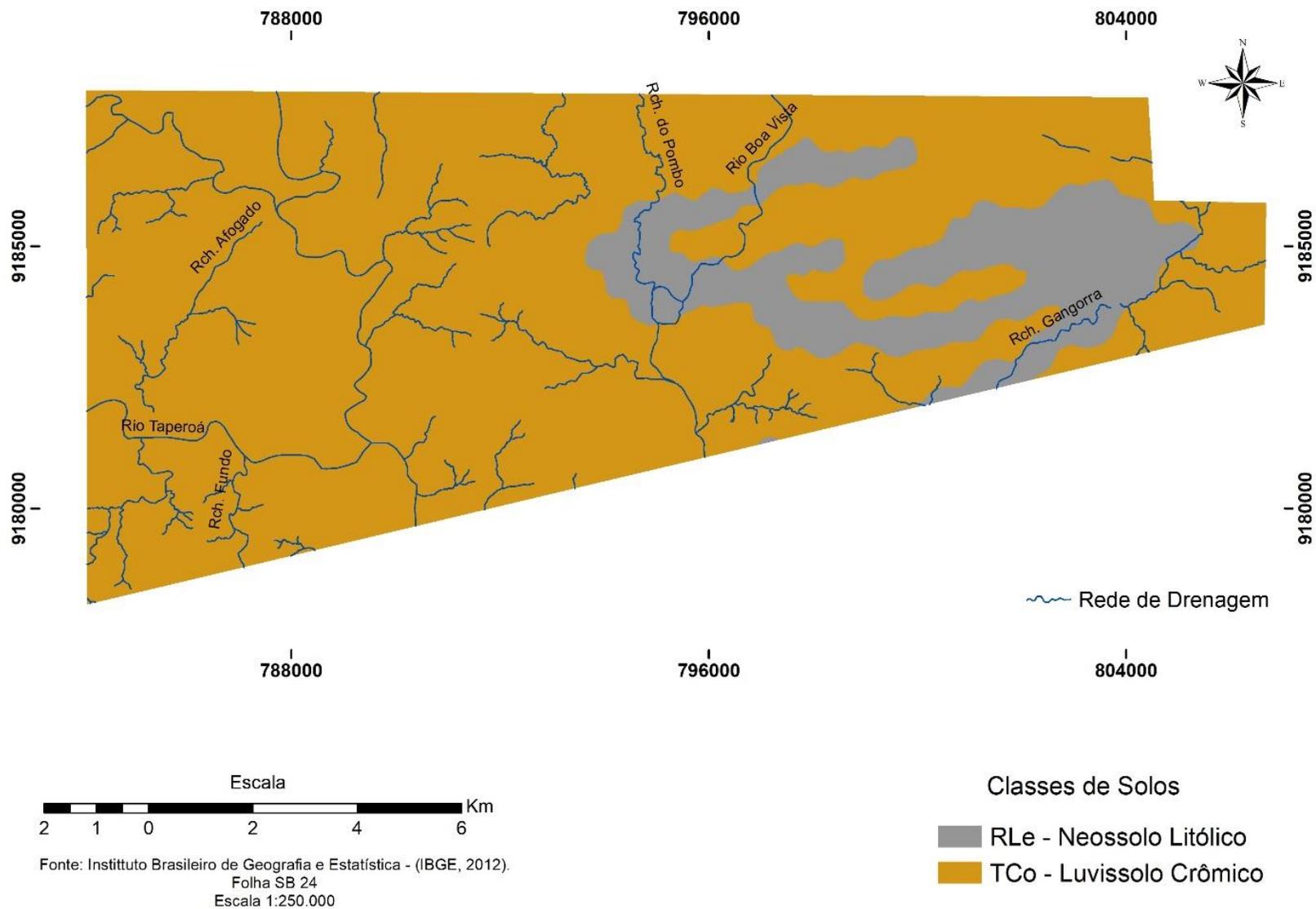


Figura 7. Mapa de Solos da APA do Cariri. Fonte: IBGE (2012a).

As áreas onde estes solos ocorrem são bastante deficientes em água, sendo este o principal fator limitante para o uso agrícola (EMBRAPA, 2020a).

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão (EMBRAPA, 2020b).

Sua fertilidade está condicionada à soma de bases e à presença de alumínio, sendo maior nos eutróficos e mais limitada nos distrófios e álicos, sendo indicados normalmente para preservação da flora e fauna (EMBRAPA, 2020b).

#### **1.4.6 Clima**

O clima da APA do Cariri é caracterizado principalmente pelos baixos índices pluviométricos, com uma precipitação média anual entre 400 e 500 mm (AESAs, 2018) e um clima classificado por Köppen (1931) como semiárido (BSh) ou semiárido seco com temperaturas médias anuais que variam entre de 25°C e 27°C, características que fazem dessa região a mais seca do país (SOUZA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2019).

A vegetação dominante é formada por espécies caducifólias de caráter xerófilo e grande quantidade de plantas espinhosas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos além da presença de cactáceas e bromeliáceas (BALLÉN *et al.*, 2016).

Importante destacar que na região do Plutão Bravo formado basicamente por grandes afloramentos rochosos em constante processo de intemperismo químico, físico e biológico, é possível encontrar entre os afloramentos rochosos microambientes com características totalmente diferentes do seu entorno. Com temperaturas mais amenas, maior concentração de umidade, solos do tipo de ambientes mais úmidos e uma vegetação típica dessas condições caracterizando verdadeiros ecotónos encravados nos domínios de Caatinga seca (LUNGUINHO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019).

#### **1.4.7 Aspectos Socioeconômicos**

Na região da APA do Cariri não existem cidades, apenas algumas comunidades espaçadas que sobrevivem da agricultura de subsistência, mineração, caprinocultura, artesanato e do turismo ecológico (SILVA *et al.*, 2019).

Geralmente a agricultura é desenvolvida em pequenos roçados que ficam próximos as moradias ou nas áreas de planície de rio que são ocupadas com diversos tipos de plantações e

representam o processo atual de ocupação das margens dos rios e riachos (planícies aluviais e terraços) pela atividade agrícola. E por se tratar de áreas que concentram mais umidade, são utilizadas normalmente para o plantio de grãos, legumes, frutas, hortaliças e forragem principalmente na estação chuvosa (SILVA *et al.*, 2019).

A atividade de extração do minério de Bentonita, mais especificamente, é desenvolvida no município de Boa Vista, o qual se encontra na porção nordeste (NE) da APA do Cariri, tendo seu início no final dos anos 1960, com duas grandes áreas de extração denominadas de Sítio Bravo e Urubu (ARAÚJO, 2008). Segundo Silva (2011) nessa região concentra-se 60% das reservas brasileiras desse mineral (Figura 8), utilizado principalmente como agente tixotrópico de fluidos de perfuração de poços de petróleo e d'água; pelletização de minérios de ferro; aglomerante de areias de moldagem usadas em fundição; descoramento de óleos vegetais, minerais, animais e a impermeabilização de bacias (LUZ & OLIVEIRA, 2008).



Figura 8. Extração de Bentonita no município de Boa Vista. Foto: Autor, 11/2019.

Nessa região, temos um conjunto de minas de extração, dentre elas a Mina Bravo, explorada pela empresa BUN – Bentonita União Nordeste e que concentra uma parte de suas infraestruturas e instalações dentro da região da APA e atualmente ocupa 278,61 há, ou seja, 3,13% dessa UC, segundo Silva *et al.* (2019).

A caprinocultura é uma atividade econômica extremamente importante para esta região (Figura 9). Além de fornecer alimentos como carne e leite, o couro desses animais é utilizado para fabricar peças de montarias, roupas, chinelos, sapatos e uma infinidade de outros objetos de forma artesanal, que trazem em si neste processo uma gama de saberes seculares passados na transformação dessa matéria prima, destacando os saberes tradicionais da cultura regional e secular, além de fomentarem a economia local.



Figura 9. Criação de caprinos na APA do Cariri. Foto: Autor, 05/2018.

O turismo é desenvolvido principalmente a partir das belezas cênicas presentes na região e consiste principalmente no turismo de contemplação da fauna e flora e das grandes formações rochosas conhecidas como lajedos. Destacam-se os lajedos do Bravo, Manoel de Souza e a Saca de Lã e os dois mais conhecidos, lajedos da Salambaia e o Pai Mateus, situados na região do Plutão Bravo entre os grandes afloramentos rochosos, no município de Cabaceiras (SOUSA & XAVIER, 2017; ROMANO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019). Além do turismo de contemplação destaca-se também a Festa do Bode Rei, Festa Religiosa de São Bento e os Festejos Juninos (SILVA & SILVA, 2009) na cidade de Cabaceiras, o que acaba movimentando também em determinadas épocas do ano a economia desta região.

#### 1.4.8 Área de Proteção Ambiental das Onças

A APA das Onças está localizada no município de São João do Tigre entre as latitudes 08° 15' 00" e 08° 00' 00" (S) e longitudes 37° 00' 00" e 36° 35' 00" (W), conforme pode ser observado na Figura 10.

A APA das Onças foi criada pelo Decreto Estadual 22.880 em 25 de março de 2002 (PARAÍBA, 2002) com uma área de aproximadamente 38.535,00 ha, inseridos dentro da região dos Cariris Velhos, ao sul do estado da Paraíba.

A criação desta APA visou garantir a conservação da vegetação remanescente da Caatinga arbustiva-arbórea, Mata do Agreste e dos recursos hídricos da região, além da preservação dos sítios arqueológicos existentes nas localidades de Pintura Rupestre, assim como proteger e garantir a conservação do habitat da Onça Parda (*Felis concolor sp*) e do Veado-Campeiro (*Ozotocerus bezoarticus sp*), espécies ameaçadas de extinção, entre outras que ocorrem nesta região do semiárido (PARAÍBA, 2002).

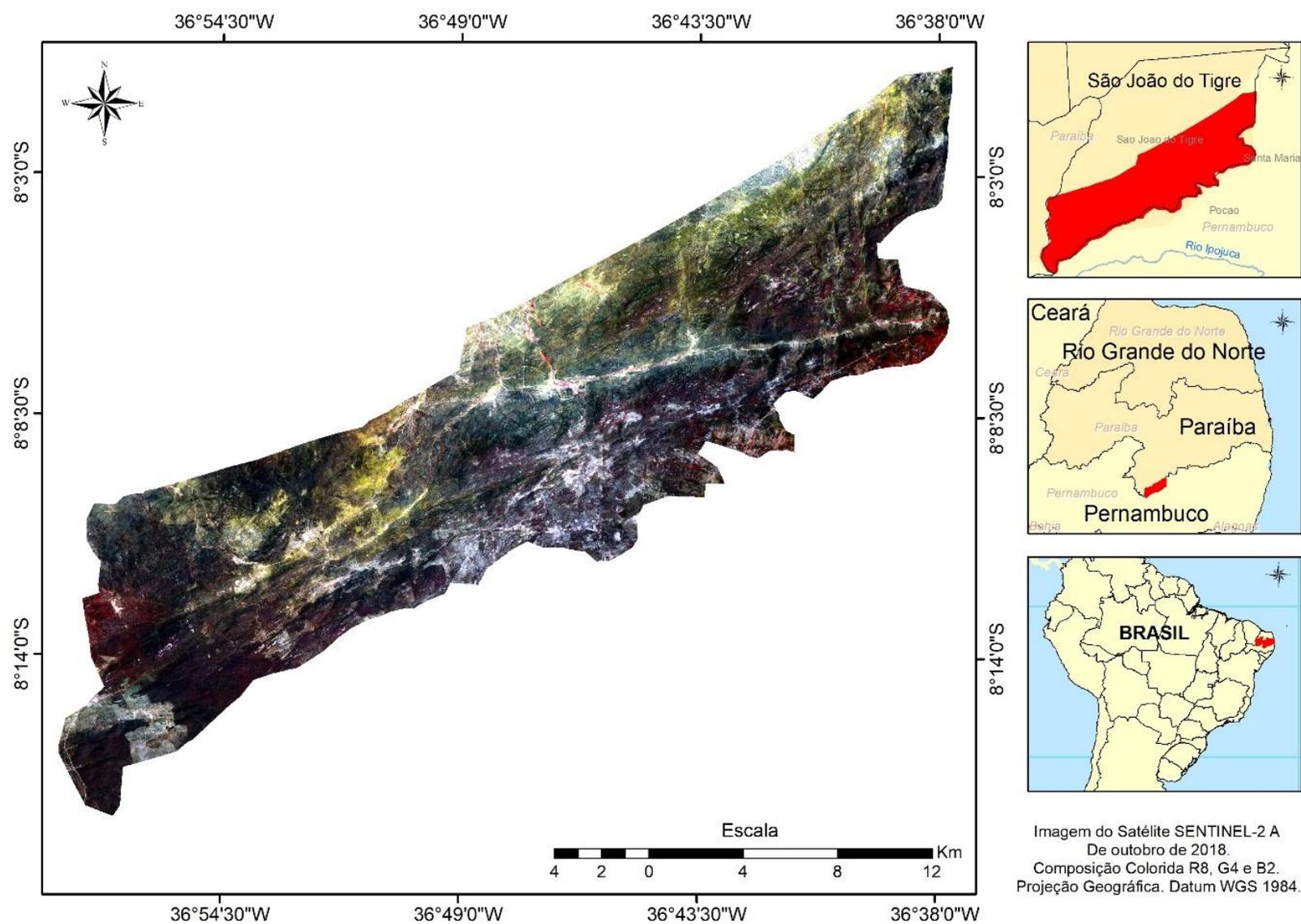


Figura 10. Localização da APA das Onças no município de São João do Tigre – PB.

Também foram objetivos da criação dessa UC, o incentivo à educação ambiental, o turismo, pesquisa e estudos que valorizarem economicamente e socialmente a diversidade biológica da região, mantendo as tradições do patrimônio cultural da comunidade e disciplinar o processo de ocupação, garantindo a sustentabilidade do uso dos recursos naturais e melhoria da qualidade de vida da população local (PARAÍBA, 2002).

#### 1.4.9 Geologia

Do ponto de vista geológico, a APA das Onças apresenta sete unidades geológicas segundo o levantamento feito pelo CPRM (2012b), representados pela Figura 11.

A unidade geológica predominante é a Suíte Intrusiva Vila Moderna, constituído de corpos graníticos que aparecem com várias dimensões, de *stocks* a batólitos, representados por várias serras com altitudes que atingem cerca de 1000 metros (CPRM, 2015). A segunda maior unidade é o Complexo Riacho do Tigre que segundo CPRM (2015) é constituída por biotita xistos granatíferos com turmalina, anfibólio-biotita gnaisses xistosos (rochas metagrauváquicas), paragnaisses e ortognaisses relacionados a rochas máficas de granulação muito fina, esverdeadas, anfibolitizadas, biotitizadas (metabasaltos, metandesitos) e vulcanoclásticas.

A Suíte Intrusiva Itapornga é formada por rochas plutônicas e esta unidade se apresenta sob a forma de diques, stocks e principalmente batólitos e destaca-se morfologicamente, pois as rochas que fazem parte desta unidade constituem serras, que atingem também altitudes por vezes maiores que 1000 metros (CPRM, 2015). Já os Metagranitóides Cariris Velhos, incluem ortognaisses leucograníticos e migmatitos de fonte crustal a granada e biotita, *sin-tangenciais* (CPRM, 2015).

Os Ortognaisses Sítio Severo aparecem morfologicamente como pequenas serras (serrotes) *stocks*, muitas vezes compondo *cuestras* e frequentemente constituem *sheets* *sin-tangenciais* encaixados em rochas do Complexo Riacho do Tigre e/ou do Complexo Pão de Açúcar. São representados por rochas de granulação média a grossa de cor cinza a rosa, com foliação bem marcada pela orientação de biotita e de magnetita (CPRM, 2015). O Complexo Pão de Açúcar é composto por rochas como ortognaisses graníticos a granodioríticos (leucossoma) e biotita ortognaisses quartzodiorítico contendo clinopiroxênio (mesossoma).

E por fim, os Depósitos Aluvionares e Terraços são representados por sedimentos areno-argilosos nos leitos de rios e riachos, muitas vezes situados ao longo das estruturas, tais como fraturas e falhas, com direções variadas (CPRM, 2015).

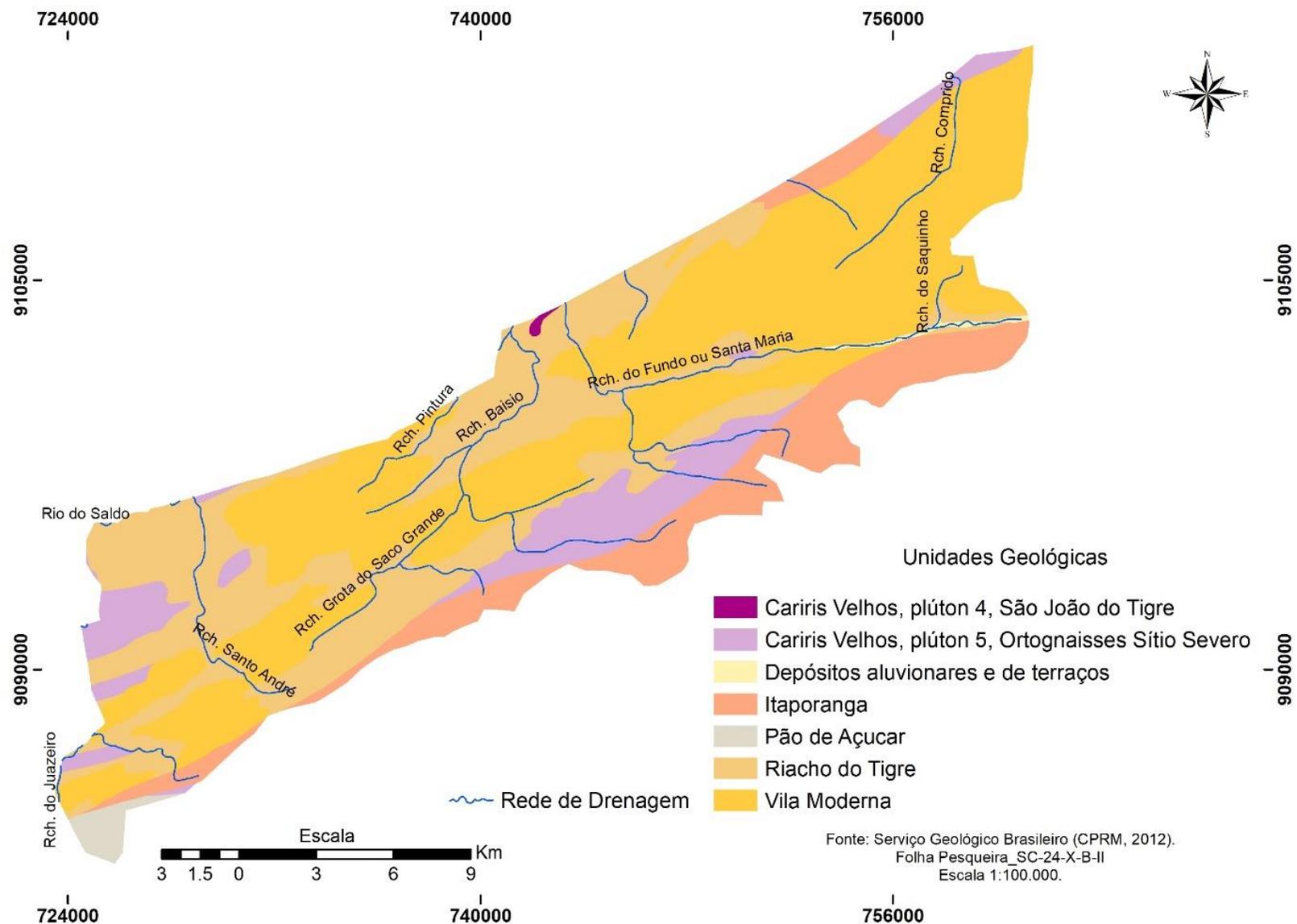


Figura 11. Mapa Geológico da APA das Onças. Fonte CPRM (2012b).

#### 1.4.10 Geomorfologia

A geomorfologia (IBGE, 2012b) apresentou três classes que são: 1) Pediplano; 2) Topo Convexo; e o 3) Topo Tabular representando as formas de relevo contidas na área, assim como a classe Corpos d'água, conforme a Figura 12.

A maior classe mapeada são as formas de Topo Convexo que são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (IBGE, 2009). Onde predominam as formas Dc que são classificadas de diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem separados por vales de fundo plano e/ ou em “V”.

A segunda maior classe é o Pediplano, dividido em Pediplano Degradado Desnudo (Pgu) que consiste em uma superfície de aplanamento parcialmente conservada, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança do sistema morfogenético. Geralmente, apresentasse conservada ou pouco dissecada e/ou separada por escarpas ou ressaltos de outros Modelados de aplanamento e de dissecação correspondentes aos sistemas morfogenéticos subsequentes, às vezes, encontra-se desnuda em consequência da exumação de camada sedimentar ou remoção de cobertura preexistente. Ocorre nos topos de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados (IBGE, 2009), localizado na região sudeste (SE) da APA na divisa com estado do Pernambuco. E o Pediplano Retocado Inumado (Pri) situado no extremo sul (S) da APA, apresenta-se como superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão sem, no entanto, perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Pode apresentar cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura, indicando remanejamentos sucessivos (IBGE, 2009).

Segundo IBGE, (2009) as formas de Topos Tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, denotando eventual controle estrutural. São, em geral, definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos, apresentando vertentes de pequena declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação, atuando sobre uma superfície aplanada (IBGE, 2009).

Os Corpos d'Água aqui são naturalmente fechados sem movimento, ou seja, lagos naturais e reservatórios artificiais, que são represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica segundo o definido pelo IBGE (2013).

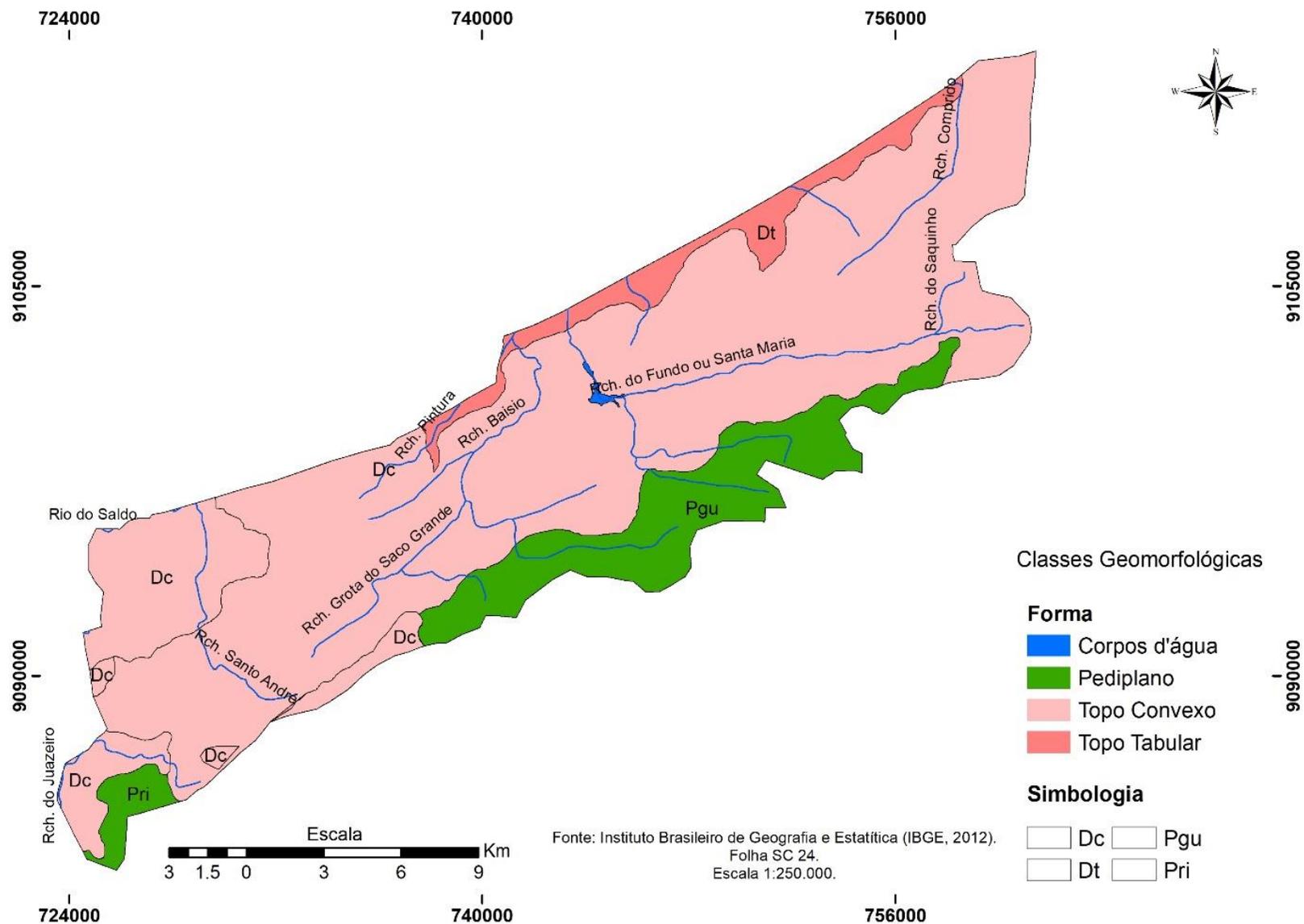


Figura 12. Mapa Geomorfológico da APA das Onças. Fonte IBGE (2012b).

### 1.4.11 Hipsometria

Em relação a Hipsometria, a APA das Onças apresentou cotas altimétricas que variam de 580 a 1.170 m (Figura 13). As cotas altimétricas entre 580 e 638m representam áreas menos inclinadas de relevo, suave ondulado ou quase plano principalmente na porção norte (N). Já a partir de 638m o relevo começa a ficar cada vez mais íngreme, tomado por morros e serras com altitudes superiores a 1000 metros de elevação, se iniciando da região central e prevalecendo na porção que vai do extremo sul (S) ao extremo norte (N) da APA, margeando a divisa com o estado de Pernambuco.

### 1.4.12 Solos

Os solos (IBGE, 2012b) que recobrem a APA da Onças são o Argissolo Vermelho-Amarelo; Neossolo Litólico; Planossolo Nátrico; Planossolo Háplico e o Luvisssolo Crômico, Figura 14.

Segundo a Embrapa (2020c) os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos medianamente profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B (horizonte de máxima iluviação ou de máxima expressão das características do horizonte B) para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e B é, usualmente clara, abrupta ou gradual (EMBRAPA, 2020c). Estão localizados na região sudeste (SE) da APA nas altitudes mais elevadas.

Os Neossolos Litólicos, conforme também já descrito para APA do Cariri, são solos rasos estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão (EMBRAPA, 2020b), esta classe de solo é predominante na APA das Onças.

Já o Planossolo Nátrico ocorre tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas.

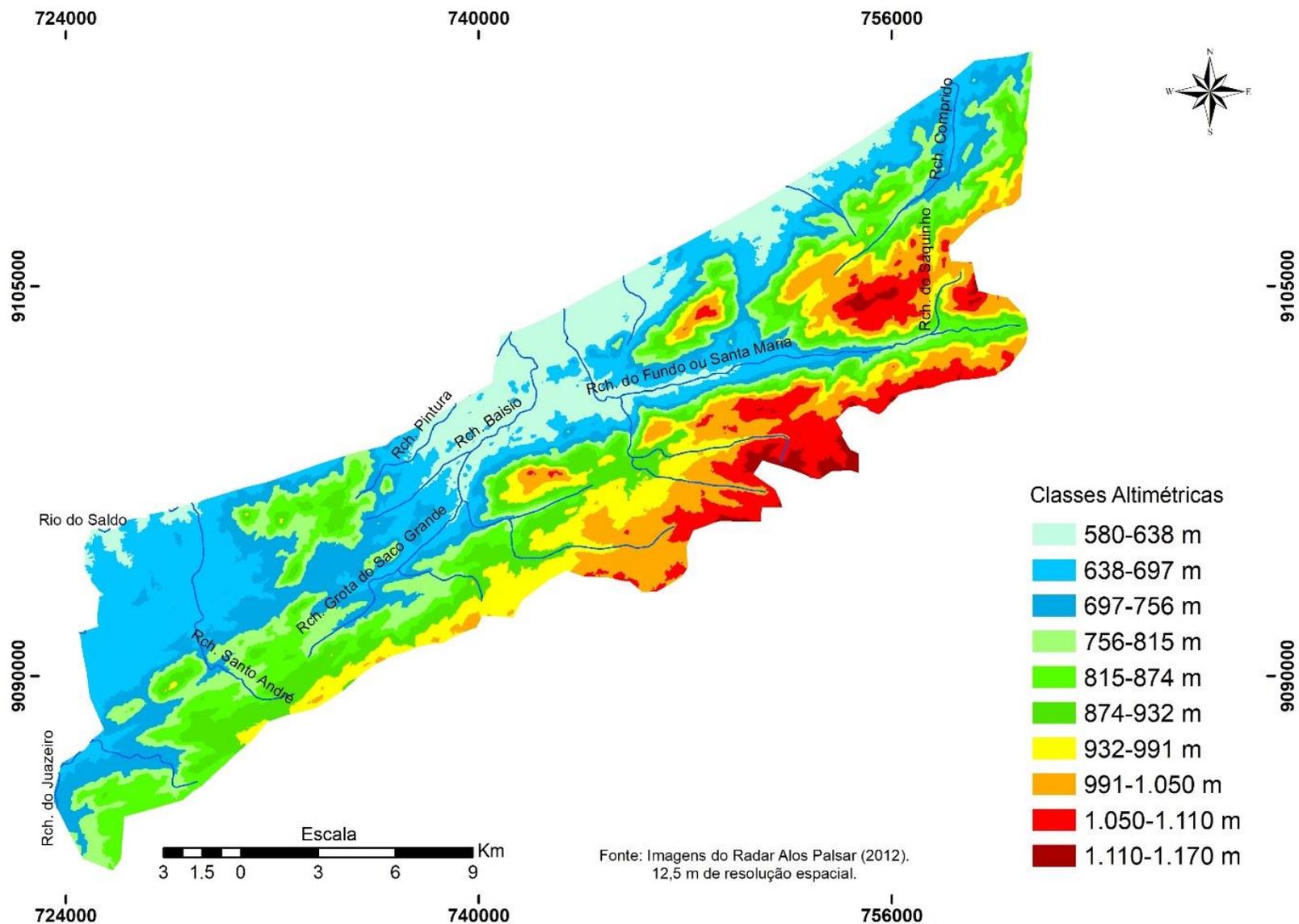


Figura 13. Mapa Hipsométrico da APA das Onças. Fonte: Elaborado pelo autor.

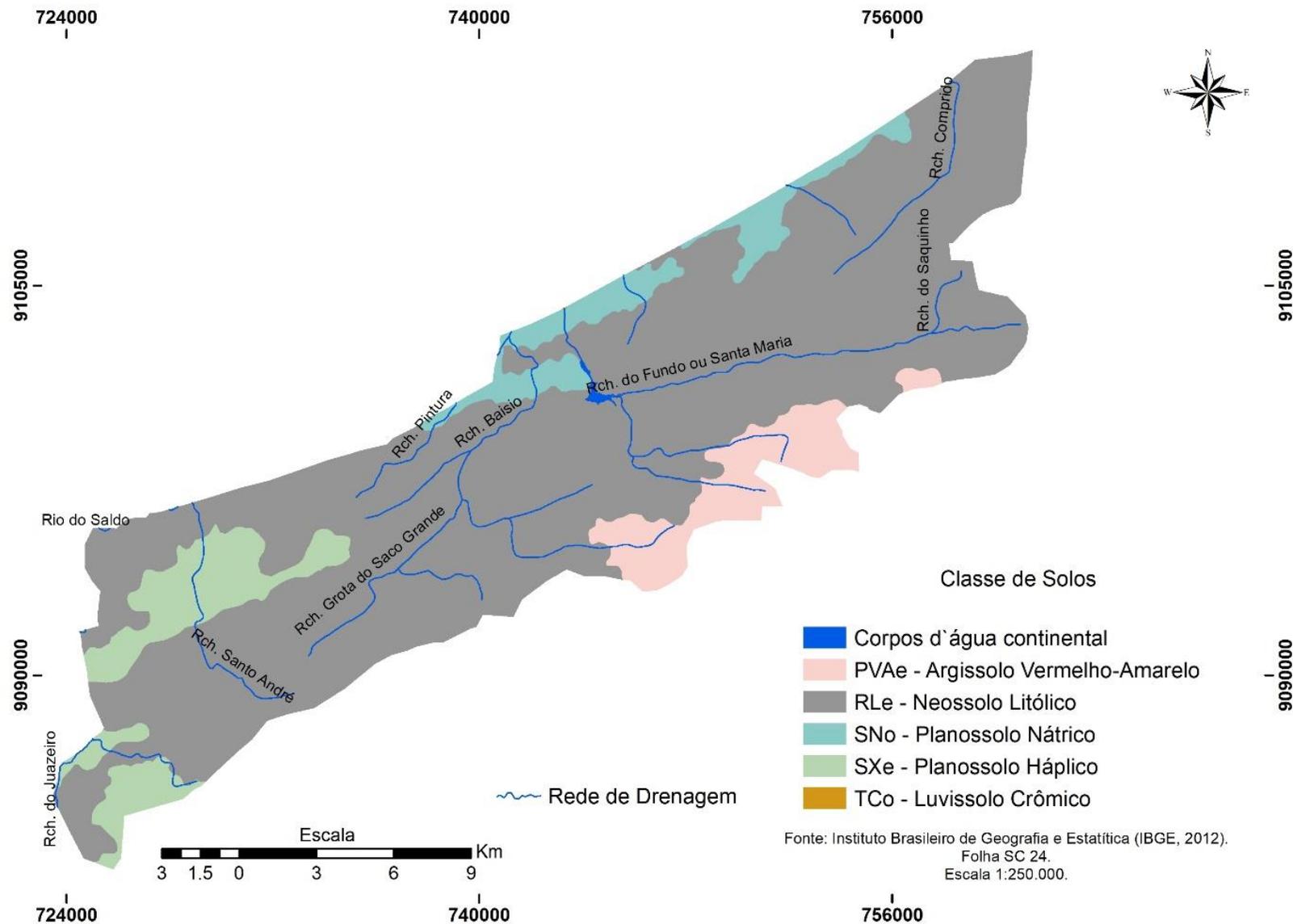


Figura 14. Mapa de Solos da APA da Onças. Fonte IBGE (2012b).

São geralmente pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico (horizonte característicos dos planossolos), de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita, e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Muitas vezes com componentes secundários em muitas áreas de Luvisolos (EMBRAPA, 2020d). Estes solos apresentam elevados valores de soma de bases e de saturação por bases e também grandes quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que lhes confere grande capacidade de fornecer nutrientes às plantas. Devido ao relevo plano ou suave ondulado não existe empecilho à motomecanização agrícola, exceto quando as áreas com estes solos se encontram encharcadas (EMBRAPA, 2020d). Presentes ao norte (N) da APA, principalmente nas áreas em processo de desertificação.

O Planossolo Háplico, segundo Costa Junior *et al.*, (2015), tem o potencial de uso agrícola considerado restrito, dependendo da profundidade do horizonte B plânico, o qual restringe drasticamente a drenagem. Geralmente utilizado com cultivos de subsistência e pastagens, suas maiores limitações estão relacionadas com a drenagem restrita, profundidade efetiva limitada, pedregosidade e/ou rochosidade, presença de horizontes cimentados, sodicidade e salinidade, suscetibilidade à erosão, além das restrições de fertilidade natural e do déficit hídrico regional (EMBRAPA, 2012), situados a oeste(O) e sudoeste (SO) da APA.

#### **1.4.13 Clima**

De forma geral o clima está inserido na classe BSh (KÖPPEN, 1931) seco do tipo xerófito apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno correspondendo ao clima Mediterrâneo quente ou nordestino com secas médias de 5 a 7 meses (VAREJÃO-SILVA *et al.*, 1984; GADELHA NETO *et al.*, 2010 e LIMA, 2013).

A temperatura média anual do município de São João do Tigre é de 28° C, com uma amplitude térmica de 10° C. A menor temperatura média mensal ocorre no mês de julho, chegando a 18° C, e a maior em dezembro, chegando aos 37° C (Borges *et al.*, 2017).

De uma forma mais específica, conforme as observações de Porto *et al.* (2004), são dois os aspectos climáticos que predominam na região da APA, sendo eles o Semiárido Seco e o Semiárido Subúmido (Figura 15).

O Semiárido Seco encontra-se do norte (N) ao sudoeste (SO) da APA e tem como sua principal característica a pluviosidade menor que 600mm anual e temperaturas elevadas ao decorrer do ano (PORTO *et al.*, 2004).

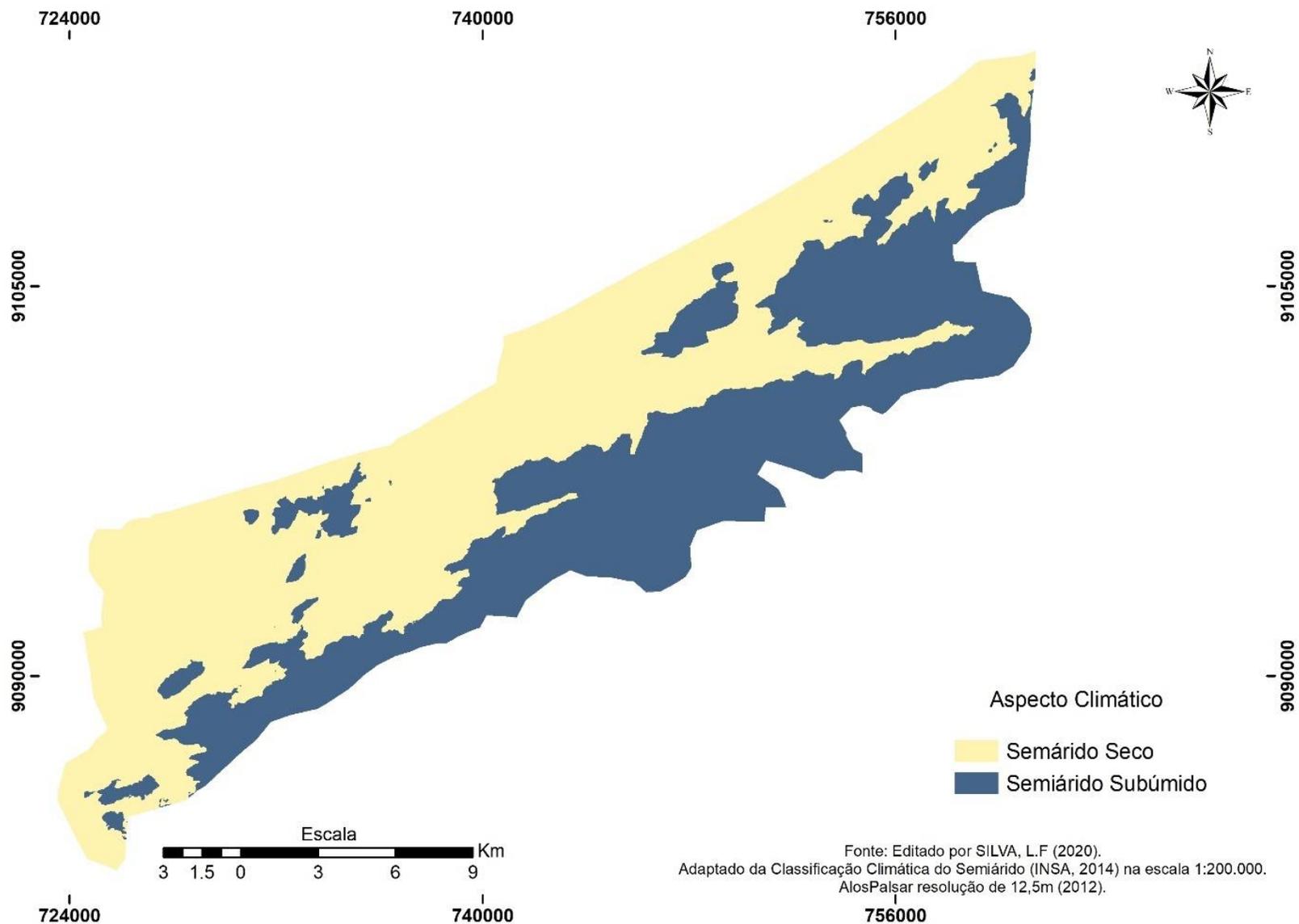


Figura 15. Aspectos Climáticos. Fonte: Adaptado do INSA (2014).

No qual, destaca-se o predomínio da vegetação do tipo Xerófila totalmente adaptada aos períodos de escassez hídrica como várias espécies de cactáceas, arbustos e arvoretas de médio porte, aspecto comum e bem característico do semiárido nordestino brasileiro.

Já nas áreas mais elevadas de serras temos um clima Subúmido, correspondendo a existência de alguns núcleos de Brejos de Altitude, onde as temperaturas são mais amenas e o índice pluviométrico é bem mais elevado e podem ultrapassar 1.000 mm ao ano (PORTO *et al.*, 2004). A vegetação é tomada pela presença de remanescentes de outros biomas principalmente Mata Atlântica, mescladas com elementos da Caatinga o que torna essas áreas totalmente diferenciadas em relação ao seu entorno circundante.

#### **1.4.14 Aspectos Socioeconômicos**

A APA das Onças se estende por quase a metade do município de São João do Tigre na zona rural. O município, por sua vez, tem uma população de aproximadamente 4.396 pessoas segundo o último censo feito em 2010 (IBGE, 2020), estando concentrada em grande parte no núcleo urbano da cidade.

Na zona rural, onde a APA se encontra, existem pequenas comunidades muitas vezes distantes umas das outras, sobrevivendo da agricultura familiar que consiste em pequenos roçados localizados o mais próximo possível das planícies de rio ou riachos (planícies aluviais e terraços) prática comum nessa região do Brasil, como já descrito anteriormente para APA do Cariri. Justamente por essas áreas concentrarem mais umidade no solo, onde também temos o plantio de espécies forrageiras para alimentação de animais como bovinos e caprinos.

No caso da APA das Onças, pode-se destacar o cultivo das Palmas do gênero *Opuntia* que segundo Rocha (2012), tem um melhor crescimento em áreas de altitudes elevadas no semiárido, além de variedades de capim-elefante (Figura 16) ou Napier (*Pennisetum purpureum Schum*) e pequenos roçados com plantações diversificadas, principalmente de feijão, milho, mandioca e abóbora sendo estes últimos durante a estação chuvosa (SILVA *et al.*, 2019).

Outra atividade econômica exercida é a criação de caprinos e ovinos nas áreas baixas, enquanto que nas áreas mais elevadas destacam-se a criação de bovinos na região serrana (Figura 16), do qual se extrai, carne, leite, couro entre outros materiais e quem tem como característica a presença de grandes áreas ocupada por gramíneas (nativas e exóticas) para o alimento do gado (RÊGO *et al.*, 2012).



Figura 16. A) Capim-Elefante ou Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) e B) criação de bovino sobre a serra. Foto: Autor, 11/2019.

A extração de lenha é outra atividade que continua sendo exercida e desenvolvida de forma ilegal. Essa atividade é considerada totalmente predatória e secular. Ela se apresenta como alternativa mediante as dificuldades econômicas de muitos moradores locais nesta região da APA das Onças, conforme o constatado a campo (Figura 17).



Figura 17. Sacos com carvão extraído de madeira nativa na APA das Onças. Foto: Autor, 11/2019.

O turismo ecológico é uma atividade importante para região devido as características biológicas, históricas e culturais, porém é desenvolvido timidamente. Segundo o que foi levantado por Borges *et al.* (2017) a APA apresenta um rico patrimônio cultural representado por painéis de arte rupestre e cemitérios indígenas, que representam parte da Pré-história humana no Brasil, mais especificamente, a história dos índios Cariris (BORGES *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2020). Além disso, diversos elementos abióticos existentes nessa UC,

representados pela geologia regional e local, servem de exemplos para relatar a história geológica da Terra (BORGES *et al.*, 2017).

No contexto anteriormente destacado, os autores identificaram, quantificaram e classificaram 14 Geosítios nessa UC, demonstrando assim a importância cultural e material desta região para o fomento de atividades como geoturismo sustentável (BORGES *et al.*, 2017).

## Referências

AB'SÁBER, A. N. **No Domínio das Caatingas. In: Caatingas, Sertão e Sertanejos.** Rio de Janeiro: Livroarte Ed. Alumbramento. p. 37-46. 1994/1995.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.** Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>. Acesso em 10 de abr. 2020.

AMPOFO, E.A. Soil moisture dynamics in Coastal Savanna soils in the tropics under different soil management practices. **Hydrological Science**, v.51, p.1194-1202, 2006.

ANDRADE-LIMA, D. Traços gerais da fitogeografia do Agreste do Pernambuco. *in: Anais do XXIII Congresso Nacional de Botânica*, Garanhuns, Brasil. p.185-188. 1973.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**. v 4, p- 149-163. 1981.

ARAÚJO, J. S. B.; FARIAS, P. S. C.; DE SÁ, A. J. Mineração e industrialização da Bentonita e as transformações/permanências no espaço agrário de Boa Vista-PB: um estudo de caso dos sítios Bravo e Urubu. **Revista de Geografia**, v. 25, n.3, p. 122-142, 2008.

BALLÉN, L. A. C.; SOUZA, B, I.; LIMA, E, R. V. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. **Boletim. Goiano de Geografia**, v, 36, n, 3. p. 55-571, 2016.

BARRETO, A.; EVANGELISTA, M. L.M.; SOUZA, H. F. **Recuperação da cultura do algodão.** João Pessoa: SEBRAE-PB, 2000.

BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. Fatores naturais da evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5. p. 464-476, 2012.

BEZERRA, F. G. S.; AGUIAR, A. P. D.; ALVALÁ, R. C. S.; GIAROLLA, A.; BEZERRA, K. R. A.; LIMA, P. V. P. S.; NASCIMENTO, F. R.; ARAI, E. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. **Ecological Indicators**. v. 117. p. 01-15. 2020

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 (**Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC**) regulamentou os incisos I, II, III e VII do parágrafo 1º do art. 225 da Constituição Federal, ao estabelecer os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Disponível em: <<http://http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomás – Caatinga.** Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/biomás/caatinga>>. Acesso em 23 de abr. 2020a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **A Convenção UNCCD**. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/convencao-da-onu.html>>. Acesso em 27 de abr. 2020b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>> Acesso em 30 de abr. 2020c.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. 2004. Disponível em:<[https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/arquivos/pan\\_brasil\\_portugues.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/arquivos/pan_brasil_portugues.pdf)>. Acesso em 25 de abr. 2020.

BORGES, U. N.; PACHECO, A. P.; MARIANO, G. Uma Contextualização Espacial e Temática da Geodiversidade: APA das Onças/PB/Brasil. **Revista Estudos Geológicos**. v. 27, n. 2, p. 143-160. 2017.

CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI M.; SILVA, J. M. C. Quanto ainda resta da Caatinga? *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M., SILVA, J.M.C. (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 719-734. 2003.

CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. **Flores da Caatinga (Caatinga Flowers)**. Instituto Nacional do Semiárido – INSA. p.59. 2010.

CESTARO, L. A.; SOARES, J. J. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, p. 203-218, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Ed. São Paulo: Edgar Blucher, 236 p. 1999.

COHEN, M.; DUQUE, G. *Le deux visages du Sertão: stratégies paysannes face aux sécheresses (Nordeste du Brésil)*. Paris: Éditions de L'IRD, 2001.

CORREIA, R. C.; KILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS-JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. **A região semiárida brasileira** – Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina. Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>>. Acesso em 26 de abr. 2020.

COUTINHO, L. M. **Biomias Brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos. 128 p. 2016.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Downloads - Carta geológica folha SB.24-Z-D-III Boqueirão**. Escala 1:100.000, 2012a. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica folha SC.24-X-B-II Pesqueira**. Escala 1:100.000, 2015. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17654>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica folha SB.24-Z-D-III Boqueirão**. Escala 1:100.000, 2017. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17654>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Downloads - Carta geológica folha SC.24-X-B-II Pesqueira**. Escala 1:100.000, 2012b. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **agitec – Agência Embrapa de Informação e Tecnologia**. 2020a. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5scvvo0oy.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5scvvo0oy.html)>. Acesso em: 05 de abr. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agitec – Agência Embrapa de Informação e Tecnologia**. 2020b. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xo02wx5ok01iq1mqxhk6vk7.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xo02wx5ok01iq1mqxhk6vk7.html)>. Acesso em: 05 de abr. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agitec – Agência Embrapa de Informação e Tecnologia**. 2020c. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html)>. Acesso em: 05 de abr. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agitec – Agência Embrapa de Informação e Tecnologia**. 2020d. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5s189t6ux.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5s189t6ux.html)>. Acesso em: 05 de abr. 2020.

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Alagoas**. Recife: Embrapa Solos. 2012. 238p. (Relatório Técnico).

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Incentivos gera redução de desmatamento no Brasil**. Disponível em: <<http://snif.florestal.gov.br/pt-br/ultimas-noticias/651-fao-lanca-principais-resultados-de-relatorio-de-avaliacao-global-dos-recursos-florestais-fra-2020>>. Acesso em: 23 de jul. 2020.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; GARCIA, J. R.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; PINTO, A. A.; MENEZES, R. C. S.; SILVA, A. J.; LIMA, A. H. Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992–2030. **Land Use Policy**. v. 99, p. 01-12. 2020.

FOLEY, J. A.; DE FRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global Consequences of Land Use. **Science**. v. 309, p. 570-574. 2005.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais** - São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002.

FRANÇA, F.; MELO, E.; GOES NETO, A.; ARAUJO, D.; BEZERRA, M. G.; RAMOS, H. M.; CASTRO, I.; GOMES, D. Flora vascular de acudes de uma região do semi-árido da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 549-559, 2003.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUFPG. 75 p. 2017.

FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geostatístico por indicação**. 212 p. Tese (Doutorado). São José dos Campos. INPE, 2001.

GADELHA NETO, P C; PONTES, R A S; PESSOA, M C; BARBOSA, M R V. **Composição Florística da Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças no Cariri Paraibano**: Notas Preliminares. In: Anais da XXXIII Reunião Nordestina de Botânica. “Flora Nordeste: Diversidade, Conhecimento e Conservação”. Aracajú, 2010. UNIT (Campus – Farolândia), [CD-ROM]. p. 33-42.

GAUCHEREL, C. HOUET, T. Preface to the selected papers on spatially explicit landscape modelling: current practices and challenges. **Ecological Modelling**, 220 (24), p. 3477-2480, 2009.

GIULIETTI, A. M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L. P. de. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do Semiárido brasileiro**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 488 p. 2006.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ªed. Revista e Ampliada. Rio de Janeiro, IBGE, 2ªe, p. 175, 2009.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3ªed. Revista e Ampliada. Rio de Janeiro, IBGE, 3ªe, p. 171, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-joao-do-tigre/panorama>>. Acesso em: 08 de abr. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SB 24**. Escala 1: 250.000, 2012a. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SB 24**. Escala 1: 250.000, 2012a. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SC 24**. Escala 1: 250.000, 2012b. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SC 24**. Escala 1: 250.000, 2012b. Disponível em: <

- [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.
- INOCÊNCIO, T. M.; NETO, A. R.; SOUZA, A. G. S. S. Soil moisture obtained through remote sensing to assess drought events. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.9, p.575-580, 2020.
- JUNCA, F. A.; FUNCH, L.; ROCHA, W. **Biodiversidade e conservação da chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 434 p.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- KÖPPEN, W. P. *Grundriss der Klimakunde (Outline of climate science)*. Berlin:Walter de Gruyter, 388 p. 1931. Disponível em:< <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.html>>. Acesso em: 13 de set. 2018.
- LEAL, I. R., SILVA, J. M. C., TABARELLI, M., LACHER JR., T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.
- LEITE, I. A.; TERTO, R. S.; GUEDES, A. F.; COSTA SILVA, M. K.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de técnica nucleadora no Semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.15, n.3, p. 168-173, 2019.
- LIMA, M. N. S. **Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na Área de Preservação Ambiental das Onças, no município de São João Do Tigre/PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-graduação em Geografia, João Pessoa-PB, 2013.
- LIMA, F. S.; ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 699-721, 2017.
- LOPES, HELIO L. ACCIOLY, L. J. de O.; SILVA, F.H. B. B. DA; SOBRAL, M. C. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; CANDEIAS, A. L. B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.15, n. 09. p. 973-980. 2011.
- LUNGUINHO, R. L.; SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R. T.; CARDOSO, E. C. M. A influência dos lajedos na composição florística do seu entorno, no sítio Salambaia – Cabaceiras – PB. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 230-237, 2015.
- LUETZELBURG, P. VON. Estudo Botânico do Nordeste. Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, Ministério da Viação e Obras Públicas, Publicação 57, Série I, A, Rio de Janeiro. 1922-23.
- LUZ, A. B.; OLIVEIRA, C. H. Argila - bentonita. IN: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 239-253. Disponível em:<<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1100>>. Acesso em: 15 de jul. 2020.

MARIANO, D. A.; DOS SANTOS, C. A. C.; WARDLOWA, B. D.; MARTHA C. ANDERSON, ALLIE, A. V.; TADESSEA, S. T.; SVOBODAA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**. v.213, p.129-143, 2018.

MARTORANO, L. G., BERGAMASCHI, H., DALMAGO, G. A., FARIA, R. T., MIELNICZUK, J. COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.397-405, 2008.

MENDONÇA, R. A. M.; BERNASCONI, P.; SANTOS, R.; SCARANELLO, M. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional**. 2011 Disponível em < <http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-paragest%C3%A3o-ambiental.pdf>>. Acesso em: 20 abr. de 2019.

MELO, R. O.; MONTENEGRO, A. A. A. Dinâmica temporal da umidade do solo em uma bacia hidrográfica no semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20 n.2, p. 430 – 441, 2015.

MELO, A. S. T. **Núcleos de desertificação na Paraíba: diagnóstico de reconhecimento dos núcleos de desertificação nos municípios de São João do Cariri e Caraúbas-PB**. Curso de Geografia. João Pessoa: Unijpê. Centro Universitário de João Pessoa., 2000.

MENEZES, J. A. L.; SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R. L. Comportamento temporal da umidade do solo sob Caatinga e solo descoberto na Bacia Experimental do Jatobá, Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.1, p.45-51, 2013.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba**. João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, 1997.

NASCIMENTO, F. R. Os semiáridos e a desertificação no Brasil. Rev. Eletrônica do PRODEMA 9, 7–26. de Nascimento, F.R., 2015.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979.

OLIVEIRA, L. F. C.; BONOMO, R.; CORTÊS, F. C. Desenvolvimento matemático de uma equação para estimativa da capacidade de campo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.13, p.65-69, 2001.

PAEGELOW, M. CAMACHO, M. T. O. **Modelling Environmental Dynamics: advances in geomatic solutions**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg. 390 p. 2008.

PAN, Y. X; WANG, X. P; JIA, R. L.; CHEN, Y. W.; HE, M. Z. Spatial variability of surface soil moisture content in a re-vegetated desert area in Shapotou, Northern China. **Journal of Arid Environments**, v.72, p.1975-1683, 2008.

PARAÍBA. Decreto 22.880 de 25 de março de 2002. **Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental das Onças**. João Pessoa, 2002. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 20 de jun. 2019.

PARAÍBA. Decreto nº 25.083, de 08 de junho de 2004. **Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Cariri. João Pessoa, 2004.** Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 18 de set. 2018.

PEREIRA, K. F. R. **Efeito das perturbações antrópicas sobre populações de Euphorbiaceae em áreas de Caatinga, Nordeste do Brasil.** Recife, 2012. 148 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2012.

PRINCE, S. D. PODWOJEWSKI, P. Desertification: Inappropriate images lead to inappropriate actions. **Land Degradation Development.** v. 31, p. 667-682, 2019.

PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation** v.143, n.1. p.144-155. 2010.

PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. C.; TABARELLI, M. **Brejos de altitudes em Pernambuco e Paraíba – história natural, ecologia e conservação.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 324p. 2004. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em 29 de abr. 2020.

PRADO, D. E. A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America. Ph.D. thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland. 1991.

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul - Ecologia e conservação da Caatinga.** Recife. Universidade Federal do Pernambuco. p. 03 -74, 2003.

QUEIROZ, L. P.; RAPINI, A.; GIULIETTI, A. M. **Towards greater knowledge of the Brazilian semi-arid biodiversity.** Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.142 p.

REGÔ, S. C. A.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.; SOUZA, B. I. Mapeamento do uso e adequação do solo no município de São João Do Tigre – PB com o auxílio de geotecnologias. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1583 – 1593 ,2012.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153. 2009.

RIBEIRO, E. M. S. **Efeito de perturbações antrópicas crônicas sobre a diversidade da flora lenhosa da Caatinga.** Recife, 2015. 148 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2015.

RODAL, M. J. N.; SALES, M. F. Panorama of the montane forests of Pernambuco, Brazil. In: THOMAS, W. W.; BRITTON, E. G. (Ed.). **The Atlantic coastal forest of Northeastern Brazil.** New York: The New York Botanical Garden, 2008. p. 541-559.

ROCHA, J. E. S. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte. Embrapa Caprinos e Ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos**, Sobral, p. 40, 2012.

ROMANO, M. P. C. G.; ROCHA, J. G.; SANTOS, M. L. F.; SOUZA, M. C. S. Unidades paisagísticas no semiárido paraibano: porção Leste do Plúton Bravo, Cabaceiras-PB. In:

- CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2018, Paraíba. **Anais...** Paraíba: Realize Eventos e Editora, 2018. p. 1-10.
- SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. **Carta CEPRO**, v.18, n.1, p.149-161. 2000.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. Pp 35-63 *in*: S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina (eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. In: SALES, V. C. (Org.). **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, p. 129-142. 2003.
- SAMPAIO, E. V.S. B. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. **Características e potencialidades**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 29 -48. 2010.
- SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.670–679, 2011.
- SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, A. B.; ARAUJO, Fo. J. C.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrosocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPTSA, v.2, 1993.
- SILVA, R. H.; SILVA, M. G. C. Turismo cultural e desenvolvimento em Cabaceiras – PB. **Revista Eletrônica de Turismo Cultural**, v. 3, n. 2, p. 1-27, 2009.
- SILVA, A. A. **Contribuição ao estudo das Bentonitas do município de Boa Vista estado da Paraíba**. Tese/Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; MARANHÃO, K, U, A.; ALEXANDRO MEDEIROS SILVA, A. M.; LIMA, V. R. L. Geospatial assessment of eco-environmental changes in desertification area of the Brazilian semi-arid region. **Earth Sciences Research Journal**. v. 22, n. 3, p. 175-186, 2018b.
- SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p.364-383, 2019.
- SOARES FILHO, B. S. CERQUEIRA, G. S. ARAÚJO, W. L. VOLL. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular **MEGADIVERSIDADE**, n. 1-2, v.3, 2007.
- SOBRINHO, J. V. **Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: Sudene, 1982.
- SOUSA, F. P.; FERREIRA, T. O.; MENDONÇA, E. S.; ROMERO, R. E.; OLIVEIRA, J. G. B. Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 148, p. 11-21, 2012.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à Desertificação**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Alegre, 2008.

SOUZA, B. I. SUERTEGARAY, D. M. A. LIMA, de E. R. Desertificação e Seus Efeitos na Vegetação e Solos do Cariri Paraibano. **Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC**. Fortaleza, n 16, p 217-232, 2009.

SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R, T.; CARDOSO, E. C. M. Degradação e riscos à desertificação no alto curso do rio Paraíba – PB/Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 11, n. 16, p. 201-222, 2015.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Revista Caderno de Geografia –PUC Minas**, v.32, n .2 p. 229-258, 2016.

SOUZA, N. R. L.; XAVIER, R. A. A importância dos “lajedos” na paisagem geomorfológica do Cariri Paraibano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP/IG, 2017. p. 6561-6566.

SOUZA, J. J. L. L.; SOUZA, B. I.; XAVIER, R. A.; PACHECO, A. A.; PESSENDA, L. C. R.; BRITO, E. S. Archaeanthrosol formation in the Brazilian semiarid. **Catena**. v. 193. p. 01-13, 2020.

STEYAERT, L. A. Perspective on the state of environmental simulation modeling. In: GOODCHILD, M. F. BRADLEY, O. P. STEYAERT L. T. ed. **Environmental Modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, p. 16-30. 1993.

SUDEMA. Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente. **Notícias: Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/noticias/unidades-de-conservacao-sao-boas-opcoes-de-passeios-durante-as-ferias>>. Acesso em 10 de fev. 2020.

THOMAS, W. W.; BRITTON, E. G. (Ed.). **The Atlantic coastal forest of Northeastern Brazil**. New York: The New York Botanical Garden, 586 p. 2008.

TOMASELLA, A. J.; VIEIRA, R. M. S. P.; A. BARBOSA, A. A.; RODRIGUEZ, D. A.; SANTANA, M. O.; SESTINI, M. F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. **Int J Appl Earth Obs Geoinformation**. v.73, p. 197, 206, 2018.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014a.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Desmatamento e Desertificação no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.07, n. 1, p. 103-116, 2014b.

UVO, C. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil**. São José dos Campos. 1989 Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. J. N.; NIETZSCHE, M. H.; SILVA, B. B. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. Departamento de Ciências Atmosféricas/EMBRAPA. Campina Grande, 1984.

VIEIRA, R. M. S. P. **Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra**. Tese (Doutorado em Ciências do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa de Pós-graduação Ciências do Sistema Terrestre, São José dos Campos, 2015a.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G.; RODRIGUEZ, D. A.; BARBOSA, A. A.; CUNHA, A. P. M. A.; VALLES, G. F.; CREPANI, E.; OLIVEIRA, S. B. P.; SOUZA, M. S. B.; CALIL, P. M.; CARVALHO, M. A.; VALERIANO, F. C. B., D.M CAMPELLO, M. O. SANTANA. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**. v. 6, p. 347–360, 2015b.

VIEIRA, R. M. S. P.; SESTINI, M. F.; TOMASELLA, J.; MARCHEZINI, V.; PEREIRA, G. R., BARBOSA, A. A.; SANTOS, F. C.; RODRIGUEZ, D. A.; NASCIMENTO, F. R.; SANTANA, M. O.; CAMPELLO, F. B. C.; OMETTO, J. P. H. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. **Environmental and Sustainability Indicators**. v. 5. p. 01-09. 2020.

ZHOU, W.; GANG, C.; ZHOU, F.; LI, J.; DONG, X.; ZHAO, C. Quantitative assessment of the individual contribution of climate and human factors to desertification in northwest China using net primary productivity as an indicator. **Ecological Indicators**. v. 48, p. 560–569. 2015.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Materiais utilizados

A princípio foram realizados nesta etapa uma série de levantamentos sobre as imagens de satélite, com intuito de identificar quais imagens seriam as mais adequadas para o desenvolvimento da pesquisa. E que levassem em consideração principalmente ausências de nuvens ou a menor presença possível delas e que abrangessem o período chuvoso e seco da região. No qual, optou-se então, pelos produtos da série LANDSAT 8 obtidos através do *US Geological Survey* – NASA, por contemplarem melhor o recorte espacial definido, conforme aponta o Quadro 2. E que apresentam resolução espacial de 30m para as bandas da região do visível, infravermelho próximo e médio. E de 100m nas bandas termais (TIRS - *Thermal Infrared Sensor*) e com resolução temporal de 16 dias.

Quadro 2. Principais características das imagens escolhidas do satélite LANDSAT 8.

Ano	Orbita	Ponto	APA	Mês	Período	APA	Mês	Período
2019	215	065	Cariri	Abril	Chuvoso	Onças	Junho	Chuvoso
2019	215	066	Cariri	Outubro	Seco	Onças	Outubro	Seco

Também foram utilizadas 6 imagens do radar Palsar, oriundas do satélite ALOS com resolução espacial de 12,5m, obtidas gratuitamente através da *Japan Aerospace Exploration Agency* – JAXA.

Já as informações referentes aos dados geoespaciais secundários utilizados, foram obtidos a partir de *download* dos sites da Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA (Estado da Paraíba); Agência Nacional das Águas - ANA; Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; Instituto Nacional do Semiárido - INSA; Ministério do Meio Ambiente – MMA; Serviço Geológico do Brasil – CPRM; Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC e o *Google Earth*.

E por fim, foram utilizados também recursos oriundos de Sistema Global de Navegação por Satélite - GNSS, com auxílio de navegador terrestre na coleta de pontos contendo posicionamento através de coordenadas. E a utilização de máquina fotográfica e celular para registro de imagens referentes a cada ponto coletado.

## 2. 2 Procedimentos Metodológicos

O conjunto de procedimentos metodológicos utilizados seguiram as seguintes etapas conforme demonstra o esquema estruturado representado pela Figura 18, contendo as principais etapas percorridas no desenvolvimento ao longo da pesquisa.

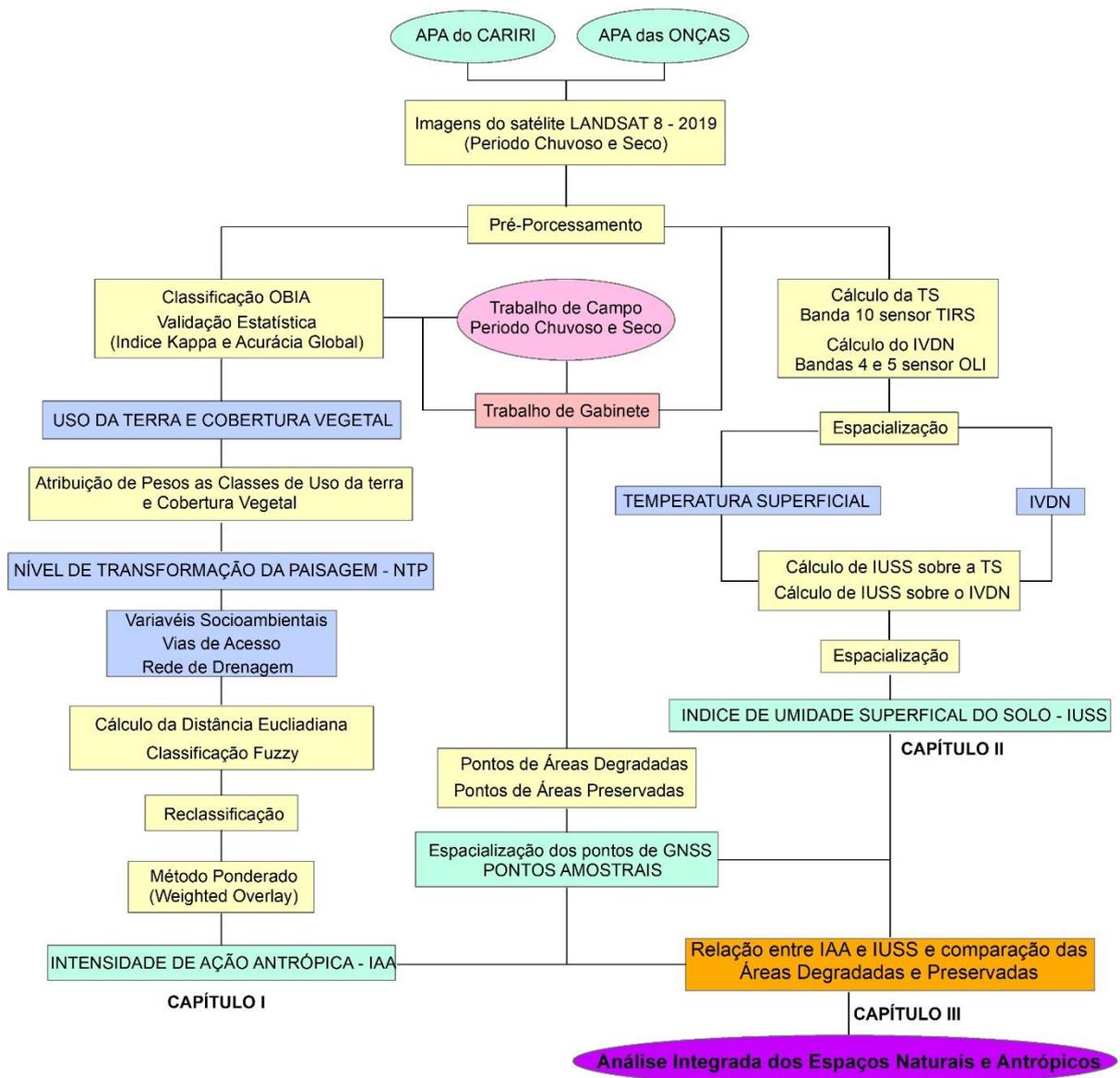


Figura 18. Sequência metodológica adotada ao longo da pesquisa.

Os detalhes de cada procedimento metodológico utilizado estão nos capítulos I, II e III a seguir nos resultados, no qual foram organizados em forma de artigos científicos.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **CAPITULO I - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO IAA**

3.1 Delimitação da Intensidade de Ação Antrópica em duas Unidades de Conservação de uso sustentável na região do Semiárido Brasileiro

Artigo que será submetido ao periódico Applied Geography - Journals

### **3.1 DELIMITAÇÃO DA INTENSIDADE DE AÇÃO ANTRÓPICA EM DUAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

#### **3.1.1 Introdução**

A região semiárida no Brasil fica na porção nordeste do país e ocupa 12% do território nacional abrindo cerca de 28 milhões de habitantes divididos entre zonas urbanas (62%) e rurais (38%), sendo, portanto, uma das regiões semiáridas mais povoadas do mundo (INSA, 2021). O bioma predominante é a Caatinga constituído por vegetação adaptada ao clima semiárido composto por uma mata espinhosa tropical, no qual grande parte das espécies vegetais têm folhas que caem na época seca em resposta à adaptação fisiológica dessa vegetação à escassez de água. Com a queda das folhas, os troncos esbranquiçados e brilhantes ficam visíveis influenciando na denominação do termo “Caatinga” que significa “mata-branca” na língua nativa indígena tupi-guarani (INSA, 2021).

As zonas rurais do semiárido brasileiro tem como principal característica propriedades constituídas de pequenas unidades familiares e que possuem alta dependência do sistema produtivo agrícola e dos recursos naturais disponíveis (SILVA & BRITO, 2014). A ocorrência de secas periódicas e os longos períodos de estiagem, acabam por influenciar em formas de usos mais intensos sobre estes recursos, e que, dada à estrutura fundiária existente, impossibilita o acesso dos pequenos produtores à renda, afetando sua sobrevivência e determinando, como uma das únicas alternativas, a migração para outras regiões do país ou a busca por seu sustento, por meio da exploração excessiva sobre a base de recursos naturais existentes em suas propriedades ou nas áreas de entorno (ANGELOTTI & SÁ, 2009).

É através da expansão da pecuária extensiva, a partir do séc. XVIII, que começaram também as modificações maiores sobre o bioma Caatinga, sendo assim considerado como o ponto de partida das transformações dos ambientes naturais em toda a zona semiárida brasileira, não apenas pelo consumo direto da vegetação nativa, mas também pelas constantes queimadas a que eram submetidas, cujo objetivo era a renovação do pasto durante o período chuvoso (SOUZA, 2009). À medida que a população aumentava, isto desencadeou necessidades cada vez maiores na exploração de madeira para produzir carvão e lenha, como principais matrizes energéticas, assim como cercas e material de construção para moradias (SOUZA, 2009).

Todas essas intervenções antrópicas intensas levaram ao longo dos séculos junto com a negligência e o esquecimento de políticas públicas por parte do poder público, em especial o Federal, ao desenvolvimento de uma série de problemas ambientais relacionados a degradação,

principalmente a desertificação em estágios diferentes intensificados pelas ações antrópicas em ações conjuntas ou separadas, conforme apontado pelo estudo sobre desertificação, degradação da terra e secas no Brasil, publicado pelo CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos do governo Federal (2016 p, 23).

Buriti & Barbosa, 2019 afirmam que entre o final do século XIX e o início do XX é que começam os primeiros movimentos científicos de estudos das secas na região, como o desenvolvido pelo engenheiro norte-americano Roderic Crandall (CRANDALL, 1923).

E a partir de meados do século XX e início do século XXI é que o semiárido brasileiro começa a ter uma atenção especial e ser melhor estudado (AB´SABER, 1977; VASCONCELLOS SOBRINHO, 1978; CARVALHO & LOMBARDO, 1979; NIMER, 1980; NIMER, 1988; CONTI, 1995 e SALES 2002) o que vem desde então gerando uma gama de estudos específicos sobre a sua rica diversidade de fauna e flora, assim como a complexidade de suas dinâmicas climáticas, geológicas, geomorfológicas e solos.

Foi a partir destes impulsos que os estudos e as políticas públicas começam a ser inseridas na realidade local, sendo materializados a partir de projetos por uma série de entidades de pesquisas e poderes públicos locais que visam o manejo adequado dos recursos de forma sustentável, assim como a criação de leis que assegurem de forma jurídica a conservação e a preservação dos recursos naturais endêmicos desta região.

Destacamos neste cenário um importante dispositivo jurídico criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) brasileiro, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que tem como objetivo estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (UC), a partir da lei nº9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2021a).

As unidades de conservação (UC) são definidas segundo o SNUC como espaços territoriais com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico, cultural e beleza cênicas existentes (BRASIL, 2021b).

Essas unidades asseguram às populações tradicionais o uso sustentável dos recursos naturais de forma racional e ainda propiciam às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis. Estas áreas estão sujeitas a normas e regras especiais. Podendo ser legalmente criadas pelo governo federal, estaduais e municipais, após a realização de estudos técnicos dos espaços propostos e, quando necessário, consulta à população (BRASIL, 2021b).

As UCs estão divididas em duas categorias importantes, que são: as de Proteção Integral que tem como objetivo a proteção integral da natureza, por isso as regras e normas para esta categoria são mais restritivas, sendo permitido apenas atividades de uso indireto dos recursos naturais como: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico de contemplação, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental (BRASIL, 2020c); e as de Uso Sustentável que são definidas como áreas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse grupo, atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais, são permitidas, mas desde que praticadas de uma forma que a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos esteja assegurada, com destaque para categoria Área de Preservação Ambiental - APA (BRASIL, 2020c).

Na região do semiárido brasileiro, apenas 7,5 % do bioma Caatinga encontra-se protegida pelo sistema de unidades de conservação (UC), sendo que destas menos de 1% é considerada unidade de proteção integral, que enquadram o grupo das mais restritivas a intervenções antrópicas. Neste sentido, a criação de UCs tem sido uma das principais estratégias para manutenção e preservação da biodiversidade da Caatinga assim como em outros biomas do Brasil (BRASIL, 2020c).

No estado da Paraíba - PB atualmente existem cerca de 39 UCs, sendo 17 administradas pelo governo estadual, gerenciadas pela Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente (SUDEMA), mais 6 mantidas pelo governo federal, 12 pelos municípios e 10 particulares qualificadas nos tipos de proteção integral e de uso sustentável (SUDEMA, 2020).

Já na região dos Cariris Velhos – PB, destacam-se duas das maiores UCs administradas pelo estado da Paraíba através da SUDEMA, que se enquadram na categoria de uso sustentável, sendo elas a APA do Cariri e a APA das Onças. A APA do Cariri foi criada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Paraíba, através do Decreto Estadual 25.083 de 8 de junho de 2004, com uma área de cerca de 156,00 km<sup>2</sup>. E sua criação partiu da necessidade da preservação dos sítios arqueológicos e paleontológicos e dos monumentos naturais, assim como a conservação da vegetação remanescente da Caatinga. E por seus aspectos ecológicos e potencialidades para implantação de projetos turísticos sustentáveis e de pesquisa científica (PARAÍBA, 2004). E a APA das Onças pelo Decreto Estadual 22.880 em 25 de março de 2002, com uma área de aproximadamente 385,00 km<sup>2</sup>, que teve como objetivo preservar a vegetação remanescente de Caatinga arbustiva-arbórea, Mata do Agreste e dos recursos hídricos da região, além da preservação dos sítios arqueológicos existentes nas localidades de Pintura Rupestre, assim como proteger e garantir a conservação do habitat da Onça Parda (*Felis concolor sp*) e do Veado-Campeiro (*Ozotocerus bezoarticus sp*), espécies ameaçadas de extinção, entre outras que ocorrem nesta região (PARAÍBA, 2002).

É partindo destes importantes atributos encontrados em ambas UCs, associados as transformações destes ambientes pelas ações antrópicas ocorridas ao longo dos séculos até os dias atuais que ressaltamos a relevância de poder analisar a relação estabelecida entres estes elementos na produção e reprodução dos espaços naturais em espaços antropizados. Baseado nestas interações, este trabalho teve por objetivo delimitar e analisar os níveis de intensidade de ação antrópica em ambas as unidades de conservação citadas.

### **3.1.2 Materiais e Métodos**

#### **3.1.2.1 Área de Estudo**

As UCs analisadas estão situadas na zona rural da microrregião dos Cariris Velhos nos domínios do semiárido e no bioma Caatinga, no estado da Paraíba, na porção nordeste (NE) do Brasil, conforme mostra a Figura 19.

De uma forma geral o clima para toda a região dos Cariris Velhos foi classificado por Köppen (1931) como semiárido (BSh) com temperaturas médias anuais elevadas que variam entre de 25° e 27°C, apresentando apenas duas estações bem definidas, a chuvosa e a seca.

A pluviosidade nas áreas mais baixas e planas são entre 400 e 500 mm (AESA, 2020) anuais onde está localizada a APA do Cariri e uma parte da APA das Onças, características que fazem dessa região a mais seca do Brasil (SOUZA *et al.*, 2009). Já nas áreas mais ao sul (S) do estado, encontram-se regiões de serras onde está localizada grande parte da APA das Onças no qual predomina um clima diferenciado do restante do semiárido, com características subúmidas influenciadas principalmente pela altitude, onde as temperaturas são mais amenas, com média mensal registrada de 18° C no mês de julho (BORGES, *et al.*, 2017) e com índices pluviométricos bem mais elevados que nas áreas de menor altitude, ultrapassando 1000 mm ao ano (PORTO *et al.*, 2004). Um aspecto importante a se destacar, é que a chuvas nesta região do semiárido brasileiro não é homogênea, apresentando variabilidade espacial bem distinta, assim como no volume e no tempo de ocorrência (SOUZA *et al.*, 2009). O período de maior de incidência de chuvas para esta região geralmente está nos primeiros meses do ano, entre janeiro a julho (SILVA *et al.*, 2018; SENA *et al.*, 2019), em contra partida, agosto e dezembro podem ser considerados meses de transição, sendo setembro, outubro e novembro considerados como os mais secos (SILVA *et al.*, 2018; SENA *et al.*, 2019).

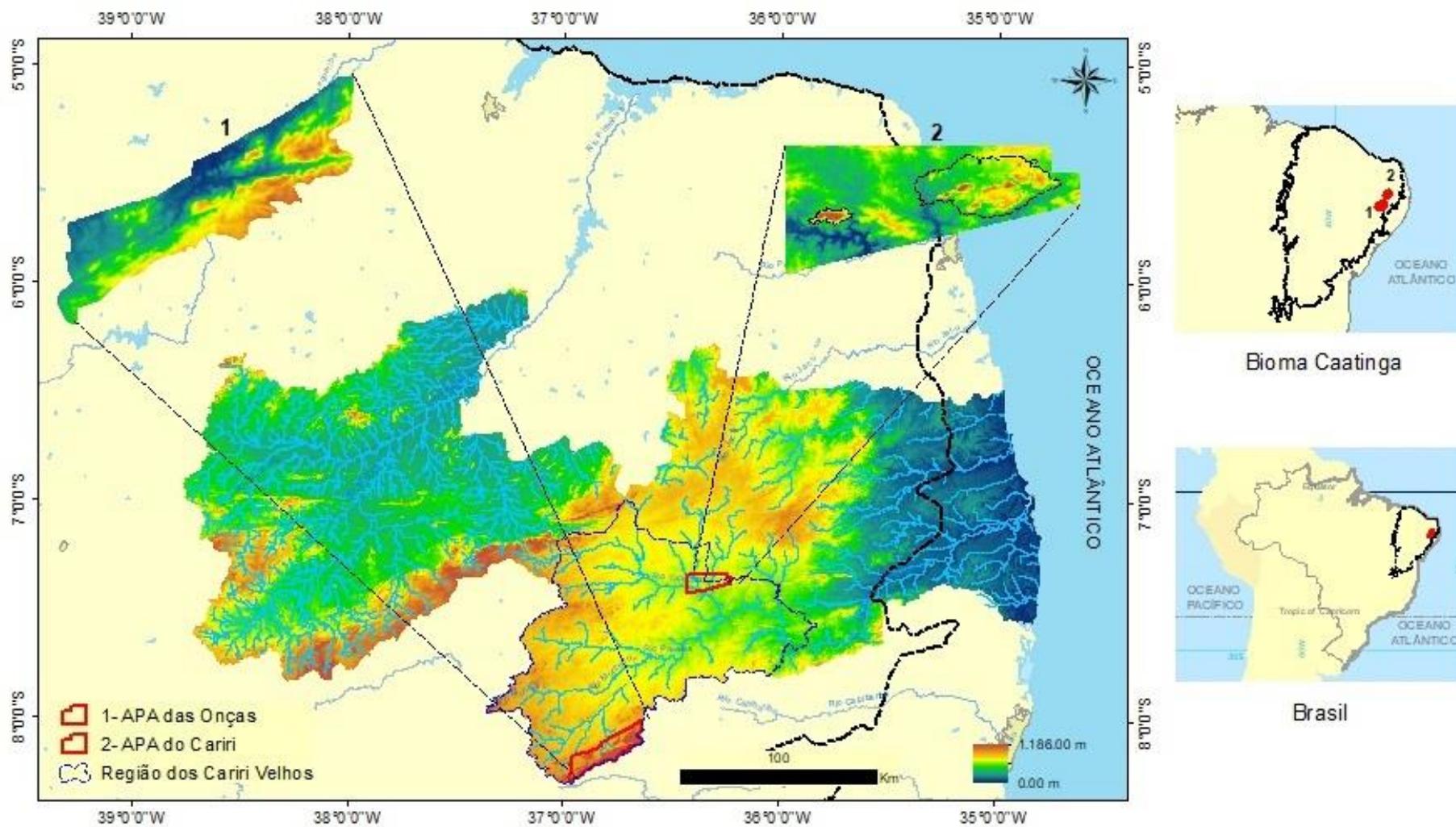


Figura 19. Localização das Unidades de Conservação 1) APA das Onças e 2) APA do Cariri – PB/Brasil.

A vegetação predominante é a Caatinga, endêmica do Brasil, que se caracteriza pela presença de espécies caducifólias de caráter xerófilo e com uma grande quantidade de plantas espinhosas variando em função do tipo de solo e principalmente da pluviosidade (INSA, 2021). Fitofisionomicamente as caatingas podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas secas, além da presença elevada de várias espécies de cactáceas e bromeliáceas (BALLÉN *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2019). Em meio as caatingas secas também existem um outro tipo de formação vegetal (ecótonos/encraves) denominadas por Mello Neto *et al.* (1985) e Melo, (1988) de Áreas de Exceção, tratando -se de ambientes mais úmidos conhecidos regionalmente como Brejos de Altitude, localizadas especificamente nas áreas de serras espalhadas pelo semiárido, compostas por Matas de Altitude e também remanescentes do bioma Mata Atlântica e Caatinga.

Do ponto de vista geológico, a área é formada por rochas do tipo graníticas com a presença de grandes afloramentos rochosos e também muitos matacões esfoliados com variadas formas, graus de arredondamento e dimensões até decamétricas que constituem grandes campos na forma de relevos residuais, resultantes de processos erosivos de pediplanação que atuaram no planalto da Borborema (LAGES *et al.*, 2013).

Do ponto de vista geomorfológico, a APA do Cariri é composta por um relevo que varia entre plano, suave-ondulado e ondulado em grande parte da UC, com destaque para a presença de dois elementos bem destoantes das formas de relevo citadas, que são a Serra do Caruá que fica ao sudoeste (SO) da APA, e o Plutão Bravo que consiste num *Stock* elipsoidal (ROMANO *et al.*, 2018) com aproximadamente 12 km de comprimento por 5 km de largura (SOUSA & XAVIER, 2017), aflorando no leste (L) da APA, entre os municípios de Cabaceiras e Boa Vista (ROMANO *et al.*, 2018), ambas com cotas altimétricas que variam de 402 a 627 metros de altitude (Figura 20).

Na APA das Onças as áreas planas encontram-se ao norte (N), a nordeste (NE), assim como em boa parte que vai do sudoeste (SO), sul (S) e sudeste (SE), sobre as serras em áreas de pediplanação. No restante predominam os relevos que vão de suave-ondulado a ondulado e nas vertentes com elevadas inclinações principalmente nas serras. As cotas altimétricas aqui são mais elevadas e variam de 580 a 1.170 metros de altitude, conforme demonstra a Figura 20.

No aspecto socioeconômico, a maior parte da economia da região é pautada na agricultura familiar e de subsistência, baseada na criação de caprinos e ovinos nas áreas mais secas e bovinos apenas nas regiões serranas.

Outro fator econômico a se destacar é a presença da mineração, a partir da extração do minério de Bentonita, localizada especificamente no município de Boa Vista, ocupando parte da região nordeste (NE) da APA do Cariri.

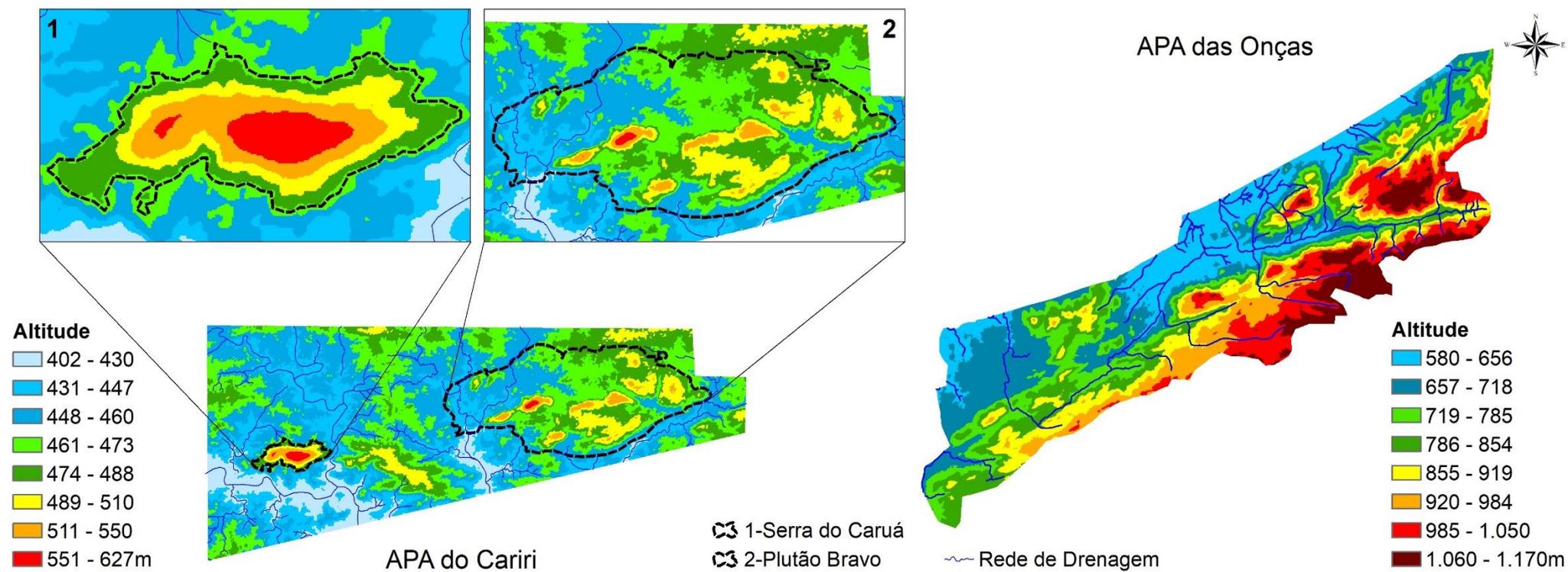


Figura 20. Mapa Hipsométrico.

Essa atividade teve seu início no final dos anos 60, com duas grandes áreas de extração denominadas de Sítio Bravo e Urubu concentrando aproximadamente 60% das reservas brasileiras deste minério (SILVA *et al.*, 2019). Outra atividade que também é desenvolvida nessa região é o turismo rural ecológico de contemplação dos aspectos geológicos, arqueológico e antropológicos, porém de uma forma bem menos intensa que as demais.

### 3.1.2.2 Dados das Imagens de Satélite

As imagens utilizadas são produtos do satélite Landsat 8 - Sensor OLI (*Operational Land Imager*) corrigidas geometricamente no nível 1T (L1T) para todas as bandas multiespectrais, dos meses de abril (APA do Cariri) e junho (APA das Onças) referentes ao período chuvoso, e do mês de outubro para ambas UC's em referência ao período seco. Órbita ponto 215/065 para APA do Cariri e 215/066 para APA das Onças, sendo disponibilizadas gratuitamente pelo *US Geological Survey* através do *USGS Earth Explorer*. Na sequência, as quatro imagens foram submetidas a etapa de pré-processamento, onde todas as bandas multiespectrais receberam os processos de correção radiométrica, atmosférica através da ferramenta *FLAASH (Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)* que utiliza o algoritmo *MODTRAN (Moderate Spectral Resolution Atmospheric Transmittance)*. Sendo ajustados também as características das bandas e dos sensores TM e OLI, utilizando o modelo atmosférico (*Tropical*), assim como o aerossol (*Rural*), recuperação de aerossol (*2-band K-T*), altitude do sensor (705 km) e elevação do solo (30 km). E após esta etapa, foi aplicado o processo de normalização das bandas através da ferramenta *Band Math* no software ENVI 5.3.

### 3.1.2.3 Mapeamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O processo de mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi desenvolvido através do Método Classificação Orientada a Objeto – OBIA, pautado em quatro etapas: I) elaboração de uma chave de interpretação dos alvos e a definição das classes a serem mapeadas que são: Áreas de Exceção; Caatinga Arbustiva Fechada; Caatinga Arbustiva Aberta; Áreas Degradada; Afloramento Rochoso; Drenagem Ocupada com Plantação; Leito Seco do Rio; Agropecuária; Corpos d'Água; Nuvem e Sombra; II) segmentação das imagens, desenvolvida no software *eCognition 9.0* utilizando a árvore de processo (*Process Tree*) no qual foram ajustados parâmetros de descrição como o algoritmo de segmentação a ser utilizado (*Multiresolution Segmentation*), assim como os elementos escala (1), compacidade (0,001) e forma (0,001) para APA do Cariri e a compacidade (0,00005), forma (0,0005) e o valor 1 para a escala na APA das

Onças; III) a classificação foi executada através do *classificador Nearest Neighbor* (Vizinho Mais Próximo) disponível no software *eCognition 9.0*, adicionando também parâmetros na classificação como geometria (área, índice de largura, largura e comprimento) e forma (assimetria, índice de borda, compacidade, índice de forma) dos objetos a serem classificados, através da ferramenta de edição *Edit Standard Nearest Neighbor Feature Space*, que auxiliam na potencialização do classificador na separação e identificação dos objetos na imagem; IV) validação estatística, que foi obtida através da matriz de Confusão (CONGALTON, 1991), utilizando o parâmetro estatístico Índice *Kappa* e Exatidão Global de acordo com os limiares estabelecidos por Landis & Koch (1977). No qual foram utilizados cerca de 300 pontos para APA do Cariri e 350 para APA das Onças de verdade terrestre, sendo estes obtidos a campo e complementados com pontos obtidos através de imagens de alta resolução do *Google Earth* de forma aleatória.

#### **3.1.2.4 Nível de Transformação da Paisagem – NTP**

O NTP levou em consideração dois aspectos importantes para região do semiárido, primeiro são as transformações naturais baseada na dinâmica da vegetação a partir da deciduidade da Caatinga, ou seja, o aumento e a diminuição da biomassa de vegetação mediante ao ciclo chuvoso e seco. O segundo aspecto a ser levado em consideração são as transformações de caráter antrópicos direto, onde as atividades humanas são constantes e intensas relacionadas principalmente ao uso da terra. E baseado nesses dois aspectos importantes da paisagem é que se iniciou o processo de atribuição de pesos para espacialização do NTP.

Para atribuição dos pesos de cada classe de uso da terra e da cobertura vegetal (Tabela 1), foi levado em consideração também o nível de conhecimento dos autores sobre as transformações ocorridas na região, baseado no histórico de uso e ocupação, levantamentos de campo e pesquisas já desenvolvidas pelos autores sobre a área (SILVA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020).

Os pesos adicionados foram propostos levando em consideração os seguintes valores 1= Pouco Transformado - para os elementos que sofrem menos ações antrópicas e que as constantes mudanças são influenciadas principalmente pelas dinâmicas naturais; 3= Transformado - aos elementos intermediários e incluem as áreas de vegetação natural que perderam suas folhas no período seco e o corpos d'água no período chuvoso, ou que tem um grau menor de influência antrópica nas modificações de forma indireta e o 5 = Extremamente Transformado - para os elementos que são totalmente modificados pelas ações antrópicas de forma direta e constante.

Tabela 1. Atribuição de peso ao Nível de Transformação da Paisagem – NTP.

APA	Uso da terra e cobertura vegetal	Peso	NTP
Cariri/Onça	Área de Exceção	1	Pouco Transformado
Cariri/Onça	Afloramento Rochoso	1	Pouco Transformado
Cariri/Onça	Leito Seco do Rio	1	Pouco Transformado
Cariri/Onça	Caatinga Arbustiva Fechada	1	Pouco Transformado
Cariri/Onça	Caatinga Arbustiva Aberta	3	Transformado
Cariri/Onça	Corpos d'Água	3	Transformado
Onça	Agropecuária	5	Extremamente Transformado
Cariri/Onça	Área de Drenagem com Plantação	5	Extremamente Transformado
Cariri/Onça	Área Degradada	5	Extremamente Transformado
Cariri	Nuvens	-	-
Cariri	Sombra	-	-

Fonte: Adaptado de Silva *et al.*, 2019.

Na sequência, após atribuição dos pesos para cada classe de uso da terra e cobertura vegetal de ambas as APAs, foi iniciado o processo de espacialização (mapa) do NTP. Este consistiu primeiramente na atribuição dos níveis definidos pelos valores numéricos de 1, 3 e 5 para cada classe criando assim uma nova classe de atributos numéricos, unidos e relacionados ao nível de transformação, gerando assim 3 classes de NTP, através da ferramenta *Merge*, no software *ArcGis* 10.5, permitindo assim a espacialização.

### 3.1.2.5 Delimitação, Vetorização e Classificação das Variáveis

As duas variáveis utilizadas foram as vias de acesso (trilhas, estradas pavimentadas e não pavimentadas) e a rede de drenagem (rios e riachos). As primeiras foram delimitadas através de imagens de alta resolução espacial disponíveis no *Google Earth*, enquanto a rede de drenagem foi obtida através do banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, e ajustada a partir de edição, também baseado nas imagens do *Google Earth* no formato vetorizado *Shapefile* (SHP) para as duas APAs. Em seguida, foram criados dois mapas de distância, através do algoritmo matemático que calcula a distância euclidiana, no software *ArcGis* 10.5 utilizando as ferramentas *ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Distance – Euclidean Distance*, no qual foram definidos intervalos de 150 metros de distância para a rede de drenagem a partir de cada canal, baseado principalmente nas áreas de drenagem já ocupadas com algum tipo de uso da terra. Para as vias de acesso, foram definidos intervalos com valores de 50 metros de distância a partir de cada via, valores esses onde as ações antrópicas são mais intensas entre as variáveis (SILVA *et al.*, 2019).

Na sequência, depois de terem sido calculadas a distância euclidiana de cada variável, as mesmas foram submetidas ao processo de classificação através da lógica *Fuzzy* (SILVA *et al.*,

2019) para suavizar os intervalos entre cada classe e auxiliar na identificação das áreas onde a influência dessas variáveis são maiores ou menores, a partir dos seguintes passos: *Overlay – Fuzzy Membership - Membership Type - Linear* no software *ArcGis 10.5*. Assim, foram sendo gerados valores que variam de 0 a 1, considerando que, quanto mais próximos de 0, menores foram as áreas de influência, e quanto mais próximos de 1, maiores foram as áreas de influência em relação ao ponto vetorial de cada uma.

### **3.1.2.6 Intensidade de Ação Antrópica - IAA**

A IAA foi desenvolvida e publicada inicialmente em 2019 (SILVA *et al.*, 2019) durante a fase inicial desta pesquisa, porém ao longo do estudo verificou-se a necessidade de fazermos algumas modificações, devido a proposta metodológica inicial contemplar apenas o período seco. Neste sentido, após vários testes realizados, verificou-se a necessidade de efetuarmos algumas modificações entre uma das variáveis, no caso do ITA - Índice de Transformação Antrópica (utilizado inicialmente), pelo NTP. Assim, como o método de classificação final, utilizado na publicação de 2019, o método *Fuzzy Overlay* (Sobreposição de Conjuntos Múltiplos), foi substituído pelo método *Weighted Overlay* (Sobreposição Ponderada) que apresentou melhores resultados quando adicionado o período chuvoso através do software *ArcGis 10.5*.

A primeira etapa de mapeamento do IAA consistiu na classificação das variáveis (vias de acesso e rede de drenagem) pelo método *Fuzzy*, através da ferramenta *Fuzzy Membership - Membership Type - Linear*. Na sequência, ambas foram submetidas junto com o NTP (obtido através do uso da terra e cobertura vegetal) de ambos os períodos ao processo de reclassificação das classes no formato *raster*, através das ferramentas *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Reclass – Reclassify*, no qual foram atribuídos pesos para cada classe de todos os mapas utilizados, com valores equivalentes a 1= Muito Baixa; 2= Baixa; 3= Média; 4= Alta e 5= Muito Alta representando os valores de áreas de influência antrópica (SILVA *et al.*, 2019) que cada um representa, conforme demonstra as Figura 21 e 22.

Em seguida, os mapas reclassificados foram submetidos ao método de análise de Sobreposição Ponderada - *Weighted Overlay* o qual sobrepõe vários *rasters* usando uma escala de medida comum e pondera cada um de acordo com sua importância (ESRI, 2016), conforme exemplifica a Figura 23.

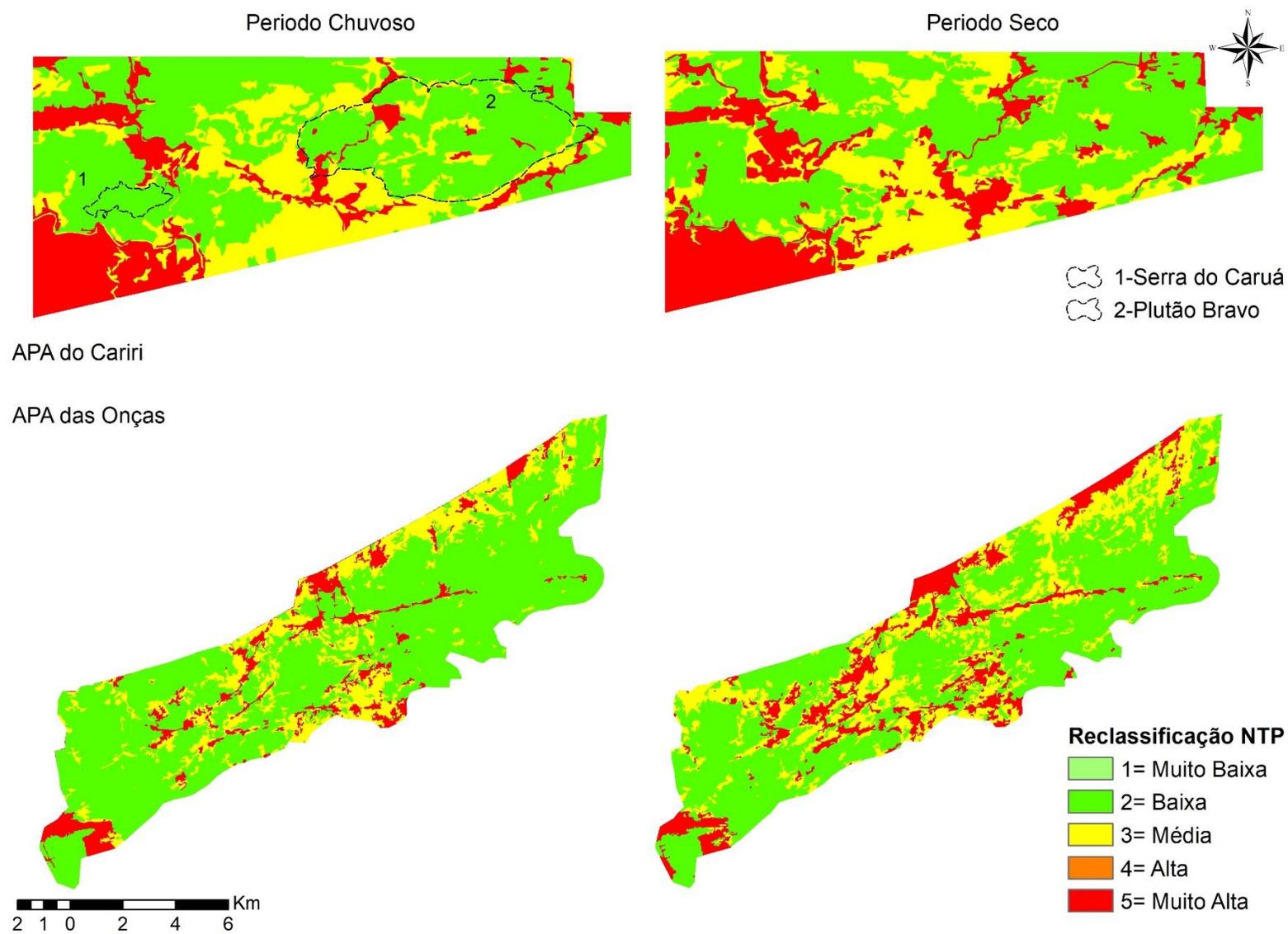


Figura 21. Reclassificação do NTP.

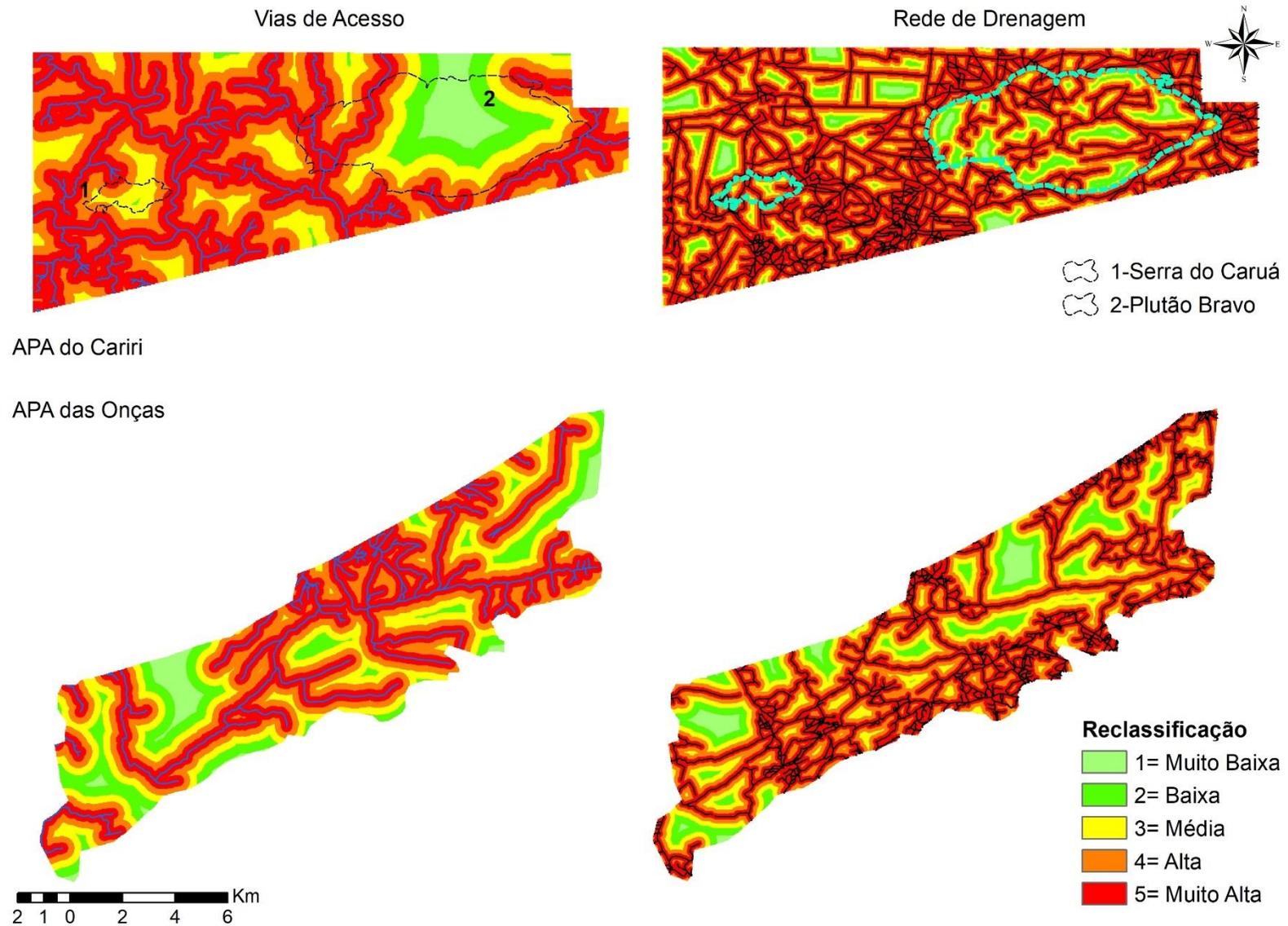


Figura 22. Reclassificação das variáveis socioambientais.

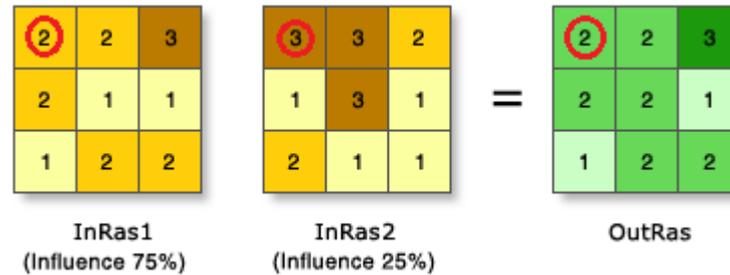


Figura 23. Cálculo do método de Sobreposição Ponderada - *Weighted Overlay*.

Fonte: *Arcgis 10.5 – Manual* – (ESRI, 2016).

Segundo a Esri, (2016):

[...] Os dois *raster* (InRas1 e InRas2) de entrada foram reclassificados para uma escala de medição comum de 1 a 3. Cada *raster* recebe uma influência percentual. Os valores das células (*pixels*) são multiplicados por sua influência percentual e os resultados são somados para criar o *raster* de saída. Por exemplo, considere a célula superior esquerda. Os valores para as duas entradas tornam-se  $(2 * 0,75) = 1,5$  e  $(3 * 0,25) = 0,75$ . A soma de 1,5 e 0,75 é 2,25. Como o *raster* de saída (*OutRas*) da Sobreposição Ponderada é inteiro, o valor final é arredondado para 2.

Os *rasters* de entrada com as variáveis reclassificadas com os valores de 1 a 5, foram empilhados um a um e submetidos ao método de análise ponderada a partir das seguintes ferramentas *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Overlay – Weighted Overlay* utilizando o software *ArcGis 10.5*. Aplicando os valores de ponderação de 50% de influência para o NTP e 25% para cada variável (vias de acesso - 25% e rede de drenagem - 25%), foi totalizado o valor de 100% para efetuação final do cálculo, gerando assim os mapas de IAA.

### 3.1.2.7 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado nos meses de maio e junho de 2018 (estação chuvosa) e novembro de 2019 (estação seca) e percorreu grande parte da APA do Cariri e a porção norte (N) e nordeste (NE) da APA das Onças. Teve como objetivos coletar pontos para validação da situação ambiental de cada APA, utilizando receptor GNSS, além da descrição da situação da paisagem em ambas as UC's, bem como adquirir o registro de imagens de algumas áreas, através de máquina fotográfica.

### 3.1.3 Resultados

#### 3.1.3.1 Avaliação do Mapeamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal de ambas as APAs, teve oito classes mapeadas que são a Caatinga Arbustiva Aberta (C.A.A); Caatinga Arbustiva Fechada (C.A.F); Área de Exceção (A.E); Afloramento Rochoso (A.R); Corpos d'Água (C.A); Leito Seco do Rio (L.R.S); Área Degradada (A.D) e Área de Drenagem com Plantação (A.D.O.P). A classe Agropecuária (AGROP) foi exclusiva da APA das Onças e as Nuvens e Sombras do período chuvoso, para a APA do Cariri.

O resultado obtido pela acurácia do mapeamento (Tabela 2) apresentou valores superiores a 0.70 de coeficiente *Kappa* qualificados como muito bons pelos limiares estabelecidos por Landis & Koch (1977) e com valores de 78 a 83% de Acurácia Global, considerados satisfatório por Anderson (1976).

Tabela 2. Acurácia do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

Classe	UC APA	Período Chuvoso		Período Seco		UC APA	Período Chuvoso		Período Seco	
		A.P(%)	A.C(%)	A.P(%)	A.C(%)		A.P(%)	A.C(%)	A.P(%)	A.C(%)
C.A.A.	Cariri	82.50	73.33	75.00	80.36	Onça	72.86	76.12	60.00	65.22
C.A.F	Cariri	97.14	72.34	98.33	73.75	Onça	88.57	67.39	97.14	73.12
A.E	Cariri	60.00	85.71	76.67	85.19	Onça	80.00	84.85	84.29	80.82
A.R	Cariri	65.00	100.00	56.67	100.00	Onça	80.00	94.12	43.33	86.67
C.A	Cariri	72.41	95.45	40.00	100.00	Onça	80.00	80.00	90.00	100.00
A.D	Cariri	82.35	77.78	90.00	81.82	Onça	87.14	89.71	90.00	80.77
A.D.P	Cariri	80.00	84.21	90.00	93.10	Onça	70.00	87.50	50.00	90.91
AGROP	-	-	-	-	-	Onça	60.00	85.71	76.67	92.00
L.S.R	Cariri	-	-	100.00	95.24	Onça	-	-	-	-
N	Cariri	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	Cariri	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Coefficiente Kappa</b>		<b>0.7601</b>		<b>0.7966</b>			<b>0.7573</b>		<b>0.7417</b>	
<b>Acurácia Global</b>		<b>80.0000% (240/300)</b>		<b>83.0000% (249/300)</b>			<b>80.0000% (280/350)</b>		<b>78.5714% (275/350)</b>	

A Tabela 2 demonstra também os valores obtidos de acurácia do produtor – A.P (erros de omissão) e de acurácia do usuário – A.U (erros de comissão) em porcentagem (%), ambos obtidos para cada classe temática mapeada de cada APA nos períodos avaliados, ressaltando a elevada capacidade da OBIA nesse tipo de mapeamento.

#### 3.1.3.2 Uso da Terra e Cobertura Vegetal

As classes mapeadas de uso da terra e cobertura vegetal para ambas as APAs podem ser visualizadas a partir da Figura 24, assim como a descrição das principais características de cada uma.

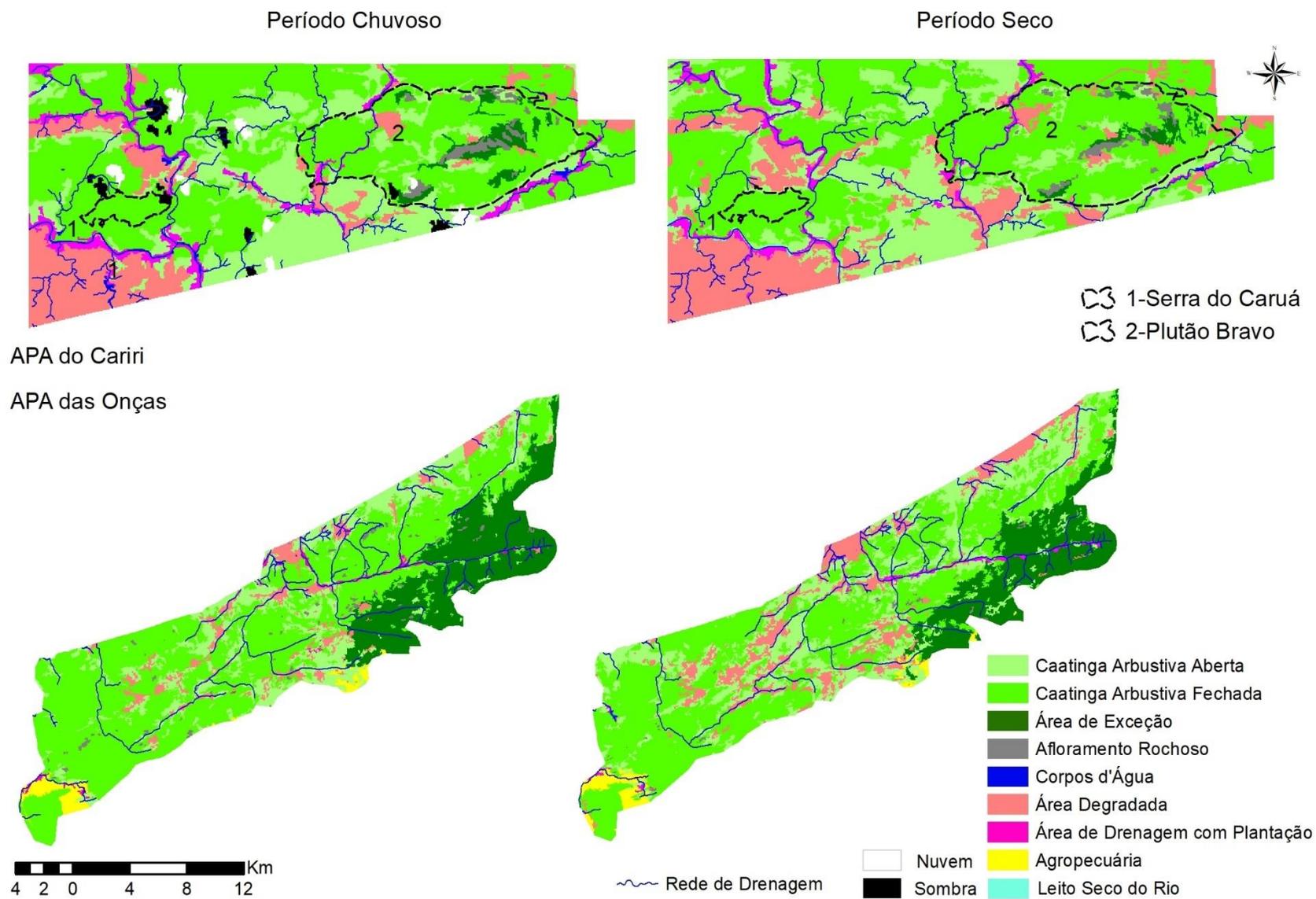


Figura 24. Uso da terra e cobertura vegetal.

A Caatinga Arbustiva Aberta é formada por espécies arbustivas pioneiras geralmente remanescentes de desmatamentos, que são bem espaçadas entre si, trata-se de uma vegetação já bastante antropizada nesta região do semiárido brasileiro, composta por muitas espécies pioneiras mais resistentes, além da elevada presença de espécies exóticas de outros lugares do mundo introduzidas ao longo dos séculos. Destaca-se a presença de bromeliáceas e diferentes espécies de cactáceas.

A Caatinga Arbustiva Fechada é composta essencialmente por arbustos e algumas espécies arbóreas, bem adensadas entre uma espécie e outra, além da presença da vegetação herbácea que no período chuvoso se espalha com mais facilidade devido a maior disponibilidade hídrica, e com o início da estação seca vai desaparecendo aos poucos até sumirem por completo no ápice do período de estiagem. Espalham-se pelas regiões semiplanas e mais remotas de ambas as APAs, assim como nas áreas mais elevadas sobre a região da Serra do Caruá e no Plutão Bravo, na APA do Cariri e ao longo das vertentes inclinadas das serras na APA das Onças.

As Áreas de Exceção são definidas por Mello Neto *et al.* (1985) e Melo (1988) como espaços rurais úmidos e subúmidos com condições naturais diferenciadas inseridos dentro do semiárido brasileiro. Esses espaços também podem ser localizados em ambas as UC's, porém com características diferentes em sua localização e na sua composição físico-natural. Na APA do Cariri essas áreas consistem em estreitas faixas que variam aproximadamente de 10 a 20 metros de largura, entre os grandes afloramentos rochosos, onde predomina uma vegetação do tipo arbórea e arbustiva densa, contendo espécies vegetais de outros biomas brasileiros mais úmidos além de espécies comuns da Caatinga, que se mantêm perenes praticamente o ano todo, devido a disponibilidade e a capacidade de retenção da umidade e matéria orgânica sobre os solos que são favorecidos pelos grandes afloramentos rochosos através do escoamento e acumulação das águas no período chuvoso (LUNGUINHO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019), encontradas exclusivamente na região do Plutão Bravo, à nordeste (NE) dessa UC.

Já na APA das Onças, trata-se da presença dos Brejos de Altitudes ou Florestas Serranas que segundo Porto *et al.* (2004), são uma parte das florestas semidecíduais montanas e que se constituem de encaves florestais sobre o domínio das Caatingas. A existência desses encaves de florestas mais úmidas está associada principalmente à ocorrência de planaltos e chapadas que variam de 500 a 1.100 metros de altitude, onde as chuvas orográficas garantem níveis de precipitação superiores a 1.000 mm/ano. A grande maioria dessas áreas são disjunções de Floresta Estacional Semidecidual Montana e a flora desses encaves possuem espécies

pertencentes a Floresta Amazônica e da Mata Atlântica de terras baixas da região Nordeste do Brasil (PORTO *et al.*, 2004).

O Afloramento Rochoso é formado principalmente por relevos graníticos predominantemente nas regiões conhecidas regionalmente como “Lajedos”, oriundos de rochas ígneas e/ou metamórficas aflorantes, sendo muito comum encontrá-las em formas de relevo saprolítico segundo constatado por Maia & Nascimento (2018). Na APA do Cariri são encontradas em maiores proporções na Serra do Caruá e na região do Plutão Bravo, e na APA das Onças ao longo de diversas serras.

Os Corpos d’água são compostos pelos rios e riachos intermitentes que no período chuvoso estão cheios e os açudes, que são reservatórios superficiais de armazenamento de água utilizados durante todo o ano, com enfoque maior de utilização entre a época de estiagem para o abastecimento humano e animal, além do uso para irrigação, comuns em ambas as APAs.

O Leito Seco do Rio representa os trechos dos rios e riachos que ficam expostos no período seco devido a intermitência, o que gera acúmulo de sedimentos composto principalmente por areias grossas e cascalhos depositados ao longo dos canais trazidos pelas águas da chuva na época de cheia (SILVA *et al.*, 2019).

Áreas Degradadas são grandes extensões resultantes de ações antrópicas, caracterizadas principalmente por processos erosivos ocasionados pelo uso inadequado do solo e o desmatamento da vegetação nativa, incluindo, nessas áreas, processos visíveis de ravinamentos e raramente voçorocamentos. Também há baixa diversidade de espécies vegetais nativas e com elevada presença de exóticas que foram introduzidas e que são bastante competitivas. A característica mais marcante dessas áreas são os diferentes estágios de desertificação em que se encontram, oriundas do processo histórico de uso e ocupação dos recursos desde a chegada do colonizador europeu (SOUZA *et al.*, 2015; SOUZA & SOUZA, 2016; SILVA *et al.*, 2019).

Áreas de Drenagem com Plantação representam o processo atual de ocupação pela atividade agrícola das margens dos rios e riachos (planícies aluviais e terraços), substituindo as áreas que seriam naturalmente de mata ciliar com espécies nativas por espécies exóticas introduzidas, como a Algaroba (*Prosopis juliflora*) utilizada como forrageira. Este tipo de ocupação é muito comum no semiárido brasileiro, por se tratar de áreas que concentram mais umidade e são utilizadas normalmente para o plantio de grãos, forrageiras, legumes, frutas e hortaliças (SILVA *et al.*, 2019).

A Agropecuária é uma atividade exercida exclusivamente na APA das Onças com destaque para criação de bovinos na região serrana de forma extensiva, do qual se extrai, carne, leite, couro entre outros materiais e quem tem como característica a presença de áreas ocupadas por gramíneas (nativas e exóticas) para alimentação do gado (RÊGO *et al.*, 2012).

Além disso, apresentam o cultivo de algumas áreas com variados tipos de legumes, grãos, hortaliças e forrageiras. Esta atividade econômica é desenvolvida mais facilmente nesta região sobre as serras devido as condições naturais do ambiente, relacionados a uma presença maior de umidade.

Nuvens e Sombras foram mapeadas apenas na imagem de abril (período chuvoso) da APA do Cariri, devido à grande dificuldade de encontrar imagens totalmente livres destes elementos nesse período. Ainda assim, devido ao bom conhecimento de campo da região, este fato não implicou em interferências importantes para a realização dos demais processos.

### **3.1.3.3 Nível de Transformação da Paisagem – NTP**

O NTP apresentou três classes 1) Pouco Transformado; 2) Transformado e 3) Extremamente Transformado, que foram espacializadas para ambas as APAs, conforme demonstra a Figura 25.

As regiões classificadas como Pouco Transformado são referentes aos elementos naturais que não sofreram transformações impactantes influenciadas pela ação antrópica, no qual estão inclusas as áreas de vegetação nativa como Áreas de Exceção e a Caatinga Arbustiva Fechada. Também foram classificados os Afloramentos Rochosos e o Leito Seco de Rio.

Já as regiões Transformadas foram classificadas mediante dois critérios que incluem as áreas de vegetação natural que perderam suas folhas no período seco e de alguns elementos que tem influência antrópica considerada moderada com intervenções menos impactantes, porém constantes, como no caso Caatinga Arbustiva Aberta e os Corpos d'Água, principalmente os açudes.

No caso das regiões classificadas como Extremamente Transformado, esta classe tem a sua origem relacionada aos modos de uso da terra mais intensos e que são contínuos e altamente transformadores da paisagem, os quais envolvem também atividades impactantes como nas regiões de Áreas de Drenagem com Plantação e Área Degradada em ambas as APAs, assim como nas regiões onde se desenvolve a atividade de Agropecuária na APA das Onças.

### **3.1.3.4 Rede de Drenagem e Vias de Acesso**

A rede de drenagem é um recurso de fundamental importância para todo o semiárido nordestino brasileiro tanto nos aspectos naturais, quanto nos aspectos sociais, culturais e econômicos da região.

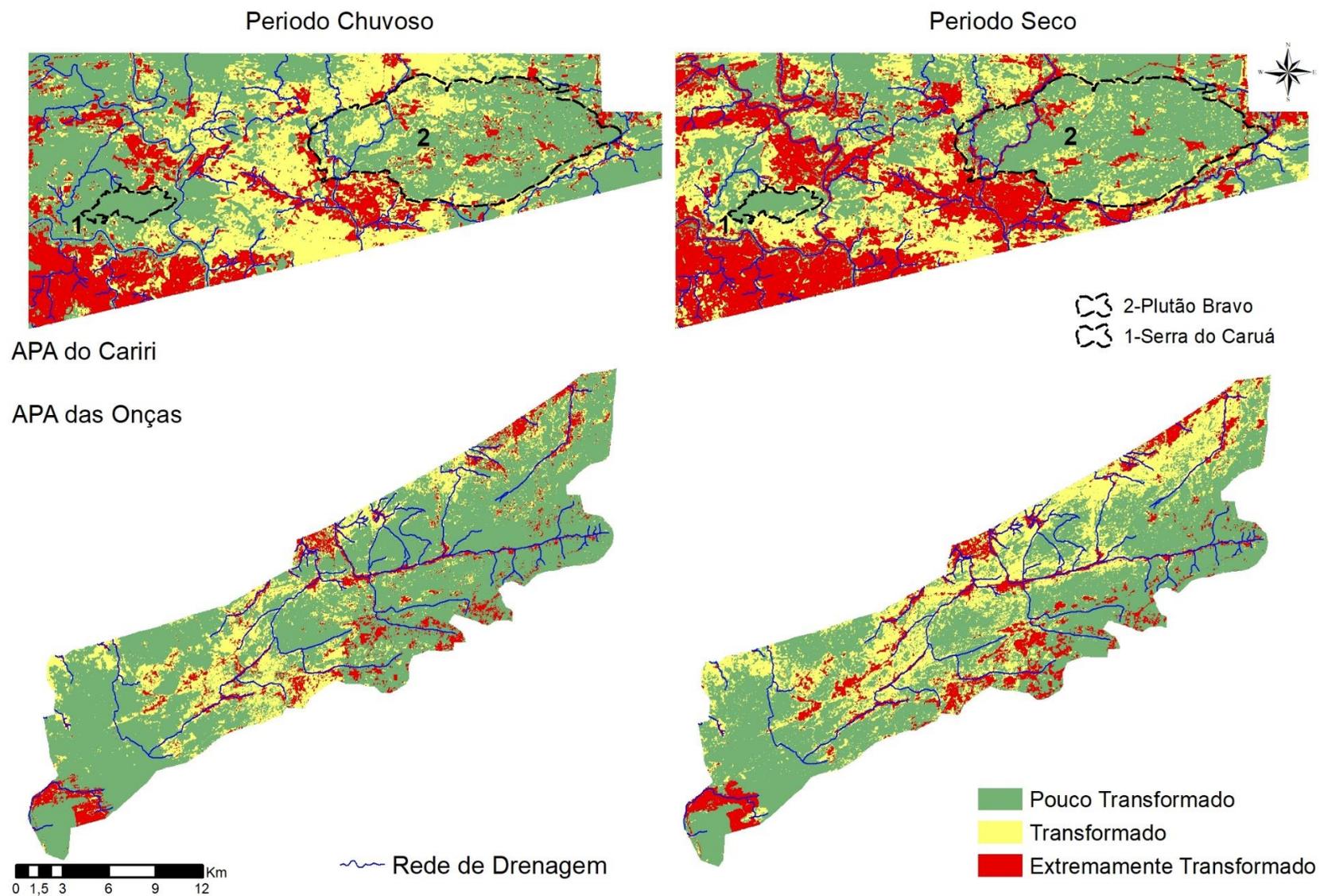


Figura 25. Nível de Transformação da Paisagem.

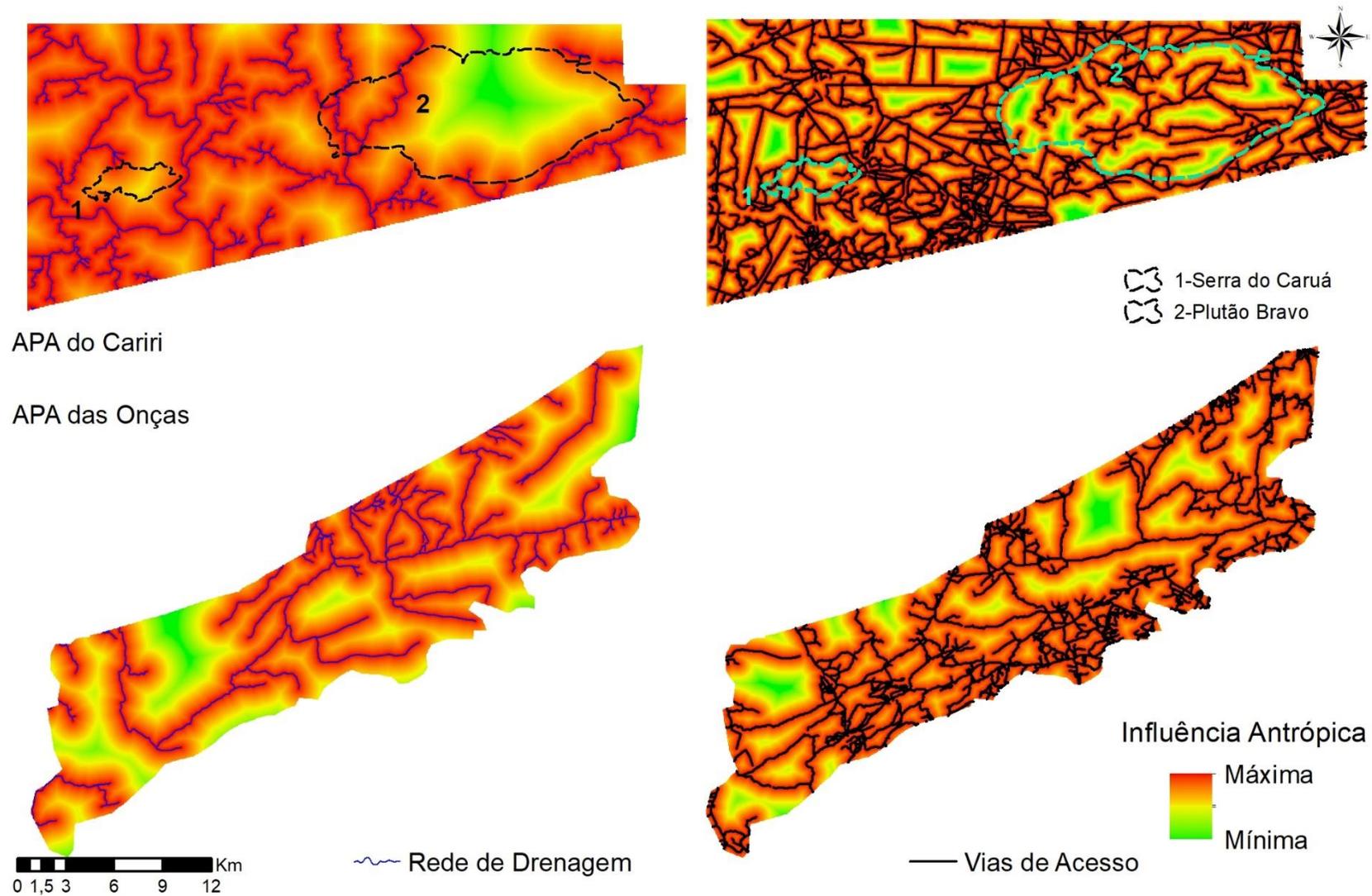


Figura 26. Rede de drenagem e vias de acesso classificados pela lógica *Fuzzy*.

Uma vez que os rios e córregos localizados nesta região têm como característica fundamental a intermitência, estando cheios no período chuvoso e ficando totalmente secos no período de estiagem. Nessa área de estudo, todos pertencem ao alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, a principal do estado da Paraíba (SILVA *et al.*, 2019).

As vias de acesso são recursos antrópicos criados principalmente para atender o deslocamento humano e suas variadas demandas para distintas localidades, geralmente interligadas. Estão inclusos neste grupo estradas, rodovias (pavimentadas ou não), assim como caminhos e trilhas abertos no meio da vegetação de ambas as APAs.

Os resultados obtidos através da espacialização pela classificação *Fuzzy* determinou a influência que ambas as variáveis recebem em seu entorno a partir da necessidade da utilização antrópica (Figura 26), e que estabeleceu zonas indicando que quanto mais próxima dos vetores principais (rede de drenagem e vias de acesso) maior é a utilização sobre cada uma (vermelho) e quanto mais distante, menor é a necessidade de utilização (verde).

### 3.1.3.5 Intensidade de Ação Antrópica – IAA

O resultado do IAA para ambas as APAs indicaram cinco níveis de intensidade que são: 1) Muita Baixa; 2) Baixa; 3) Média; 4) Alta e 5) Muito Alta.

Ao analisar primeiro o IAA da APA do Cariri (Figura 28), pôde se observar que entre os dois períodos, as classes que predominaram foram a Média, seguidas da Alta e Muito Alta, conforme pode ser observado na Figura 28.

A Figura 27 (Gráfico) demonstra os valores em % de cada nível de IAA entre os períodos chuvoso e seco da APA do Cariri.

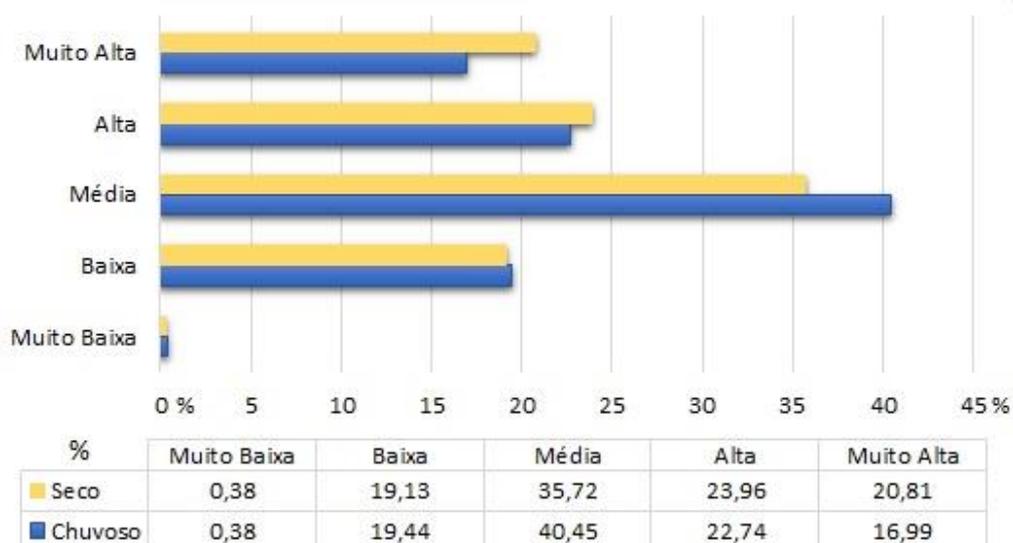
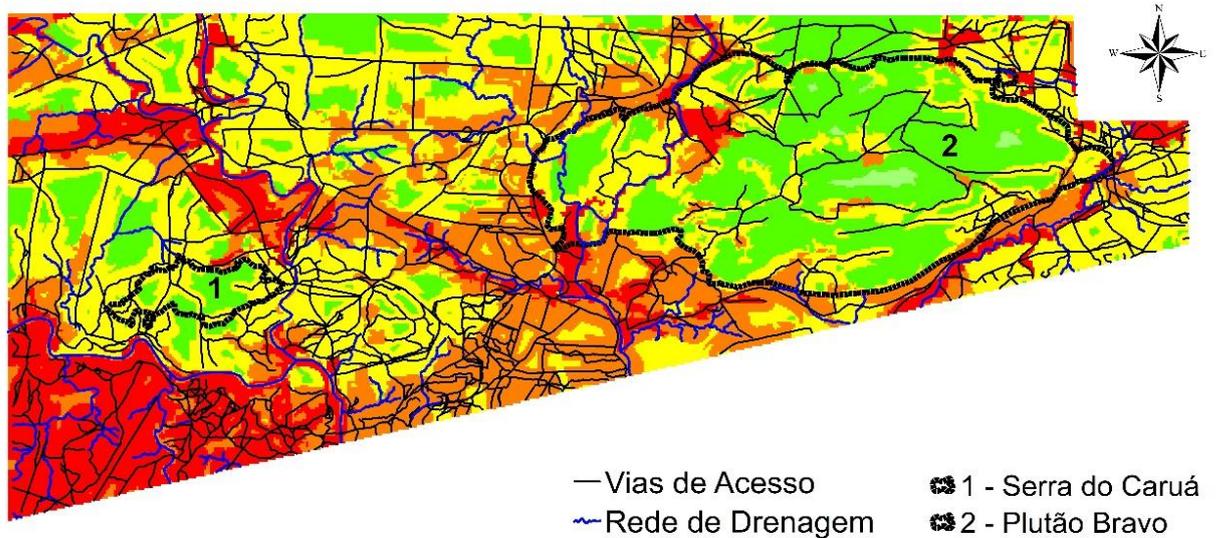


Figura 27. Quantificação em % dos níveis de IAA na APA do Cariri.

### Período Chuvoso



### Período Seco

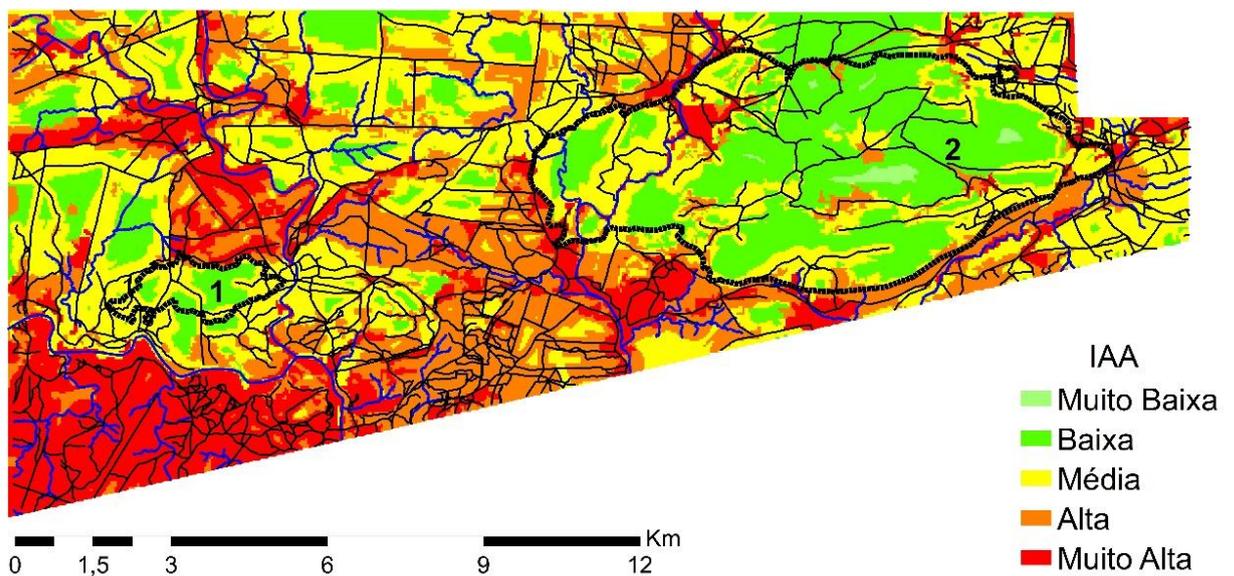


Figura 28. Intensidade de Ação Antrópica – APA do Cariri.

A IAA Muito Baixa não apresentou alterações entre os períodos comparados (0,38%), tratando-se de áreas que não tem sofrido ações transformadoras da paisagem pelas atividades antrópicas. Estão localizadas nos grandes afloramentos rochosos (Lajedos), que na APA do Cariri estão exclusivamente na região do Plutão Bravo e que tem como atividade principal, o turismo de contemplação das belezas naturais e cênicas (como os Lajedos do Pai Mateus, da Salambaia, do Bravo, Manoel de Souza e a Saca de Lã), conforme observamos na Figura 29, sendo estas atividades esporádicas e de uma forma não tão intensa e transformadora da paisagem.

A rede de drenagem é distante com pouquíssimas vias de acesso, que são representadas por caminhos e trilhas estreitas abertas entre a vegetação que levam aos grandes afloramentos rochosos.



Figura 29. Afloramento Rochoso (Lajedo Salambaia) na região do Plutão Bravo no período seco, APA do Cariri.

Nas áreas de Baixa IAA os níveis entre o período chuvoso (19,44%) e o seco (19,13%) praticamente não apresentaram mudanças significativas. Nelas estão as áreas classificadas como Pouco Transformada pelo NTP e que são consideradas mais preservadas em toda a UC, estando localizadas na Serra do Caruá (Figura 30) e no Plutão Bravo (Figura 29), onde os processos geológicos e geomorfológicos do relevo impedem o uso mais intenso da terra (SILVA *et al.*, 2022). É na Serra do Caruá que a vegetação do tipo Caatinga Arbustiva Fechada é mais densa, preservada e não sofreu alterações significativas influenciadas diretamente pelas atividades humanas, situada a oeste (O) da APA.

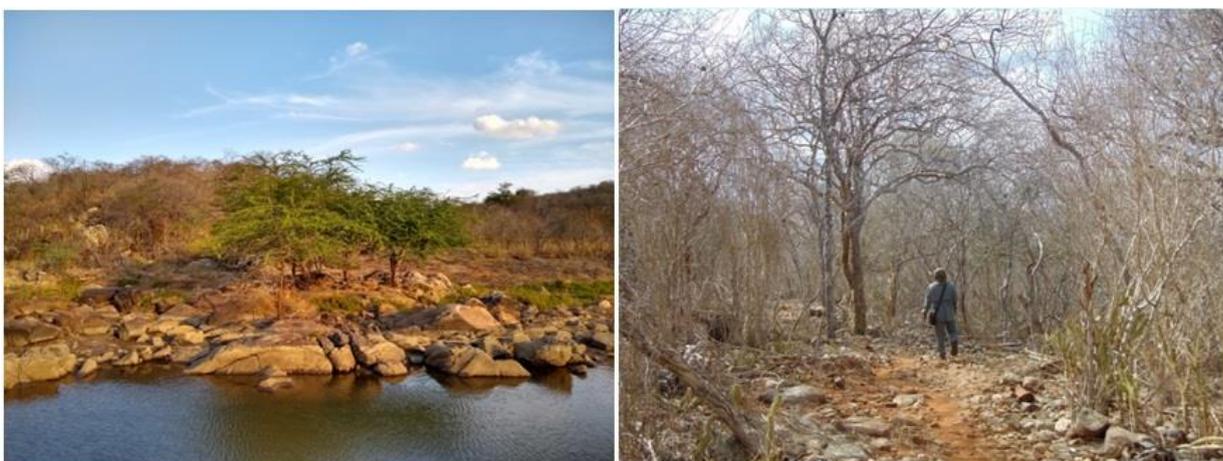


Figura 30. Caatinga Arbórea Fechada na Serra do Caruá (Período Seco) APA do Cariri.

É também na Baixa IAA que estão as Áreas de Exceção da APA do Cariri, consistindo em uma estreita faixa vegetativa que varia aproximadamente de 10 a 20 metros de largura entre

os grandes afloramentos rochosos, encontradas especialmente na região do Plutão Bravo e que permanecem perenes praticamente o ano todo (Figura 31).



Figura 31. Áreas de Exceção na região do Plutão Bravo (Período Seco) APA do Cariri.

Do ponto de vista vegetativo estes ambientes podem ser considerados preservados uma vez que as ações antrópicas são mínimas e não impactantes, no que se refere a desmatamentos ou modos de usos intensos. Servem assim, de importantes áreas de refúgio silvestre e com características físicos-naturais bem peculiares, que podem ser identificados pelo vigor vegetativo que se mantém mesmo durante a estação seca. Nesta área a rede de drenagem apresenta-se um pouco mais distante, assim como as vias de acesso.

A Média intensidade ocupou 40,45% da APA no período chuvoso e 35,72% no seco, e está nas áreas classificadas pelo o NTP como Transformadas, dominadas pela Caatinga Arbustiva Aberta. Trata-se de uma vegetação já bastante antropizada e o seu aumento ocorre no período chuvoso com o surgimento de folhas nos arbustos e o aumento da biomassa, principalmente da vegetação herbácea neste período. No período seco, essa cobertura vegetal sazonal vai desaparecendo conforme temos o avanço da estiagem. Neste intervalo entre o período chuvoso e o seco, é que se intensifica a atividade de pastoreio nestas áreas para aproveitar a disponibilidade deste tipo de vegetação que também serve de alimento principalmente para caprinos e ovinos e alguns poucos bovinos. Estas áreas estão próximas a rede de drenagem e existe uma quantidade mediana de vias de acessos inseridas, sendo atualmente o pastoreio a principal forma de uso da terra (Figura 32).



Figura 32. Vias de acesso próxima a Caatinga Arbustiva Aberta na APA do Cariri (Período Chuvoso).

A Alta e a Muito Alta IAA estão nas áreas onde o NTP foi classificado como Transformado e Extremamente Transformado. Nessas áreas, o uso da terra é intenso, principalmente por estarem em contato ou bem próximas da rede de drenagem, assim como a quantidade elevada de vias de acesso que as cruzam.

A Alta IAA no período chuvoso ocupou cerca de 22,74%, enquanto que no período seco representou 23,96%. Já a Muito Alta IAA representou 16,99% (chuvoso) e 20,81% no período seco. Estes níveis elevados estão diretamente ligados as áreas onde o uso é constante, como nas áreas degradadas principalmente pela desertificação (Figura 33), e que podem ser localizadas em toda a APA. Podemos destacar uma concentração maior especificamente nas porções que vão do noroeste (NO), oeste (O), até o sudoeste (SO) em uma grande faixa que cruza a APA do Cariri até o leste (L), cobrindo grande parte do entorno da rede de drenagem.



Figura 33. Vias de acesso próxima de uma área com manchas de desertificação na APA do Cariri (Período Seco).

É nesta grande faixa que se concentra a maior parte da rede de drenagem pertencente a esta APA, assim como também as maiores porções de áreas desertificadas, que estão próximos aos principais rios, como o Soledade e Taperoá sendo este último, um dos maiores e mais importantes da região. Uma característica natural de destaque é o relevo plano a semiplano, o que de certa forma favoreceu no passado ao desenvolvimento mais intenso do uso da terra nos diferentes ciclos de atividades econômicas, praticada, como regra, sem nenhum tipo de técnica conservacionista.

Outro ponto a se destacar, são áreas de extração do minério de Bentonita que fica localizado entre o nordeste (NE) e o leste (L) da APA do Cariri, atividade de elevada transformação da paisagem (Figura 34).



Figura 34. Extração de minério de Bentonita na APA do Cariri (Período Seco).

Nas áreas onde ocorrem o trabalho de extração do minério, observou-se que os níveis de IAA alternaram-se entre Alta (chuvoso) e Muita Alta (seco). Já nas áreas um pouco mais distantes das minas, mas que ainda estão nas dependências das empresas, predominam alguns poucos remanescentes de vegetação, compondo basicamente parte da Caatinga Arbustiva Aberta, a intensidade foi de Média (chuvoso) e Alta (Seco). Nas regiões mais afastadas, as vias de acesso são bem menores que nos locais próximos às minas de extração de Bentonita, onde as atividades antrópicas são mais elevadas, assim como nas áreas degradadas pela desertificação, que concentram a maior parte das vias de acesso mapeadas e da rede de drenagem.

Nas Áreas de Drenagem com Plantação (Figura 35) o nível de IAA no período chuvoso esteve entre Médio, Alto e Muito Alto em diferentes partes ao longo de cada braço da rede de drenagem, enquanto no período seco predominou apenas o Alto e Muito Alto. Este nível

elevado de IAA em ambos os períodos, principalmente na estação seca, é justamente por serem as áreas que concentram mais umidade ao longo do ano e conseqüentemente, onde se intensificam ainda mais as diversas atividades humanas, ligadas a agricultura de subsistência.

No caso da APA do Cariri a ocupação dessas áreas é feita nas zonas de diques marginais e de planícies aluviais dos grandes rios intermitentes como o Taperoá, Soledade e Gurjão. Por se tratar de uma região onde o relevo varia de plano, semiplano a suave ondulado, favorece ainda mais o uso. As vias de acesso nestas localidades geralmente estão paralelas a rede de drenagem, em alguns momentos até cruzam a própria rede de drenagem no período de estiagem.



Figura 35. Áreas de Drenagem com Plantação próximo ao rio Solenidade, na APA do Cariri (período seco).

Os Corpos d'Água (Figura 36), podem ser considerados os recursos mais importantes para todo o semiárido brasileiro. Nesse caso, o nível de IAA entre o período chuvoso nos rios e riachos que compõem a rede de drenagem variou entre Média (chuvoso), Alta (chuvoso/seco) e Muito Alta (seco) dependendo do trecho e da quantidade de vias de acesso próximas deles. Já para os açudes possíveis de mapeamento, o nível ficou entre Alta (chuvoso) e Muito Alta (seco).



Figura 36. Corpos d'Água na APA do Cariri (Período Chuvoso). A) Rio Taperoá e B) Açude local.

Na sequência, foram analisados os níveis de IAA para a APA das Onças (Figura 39), onde os maiores níveis identificados foram a Média e a Baixa, conforme demonstra o gráfico na Figuras 37.

A Figura 37 (Gráfico) demonstra os valores em % de ocupação de cada nível de IAA nos períodos chuvoso e seco.

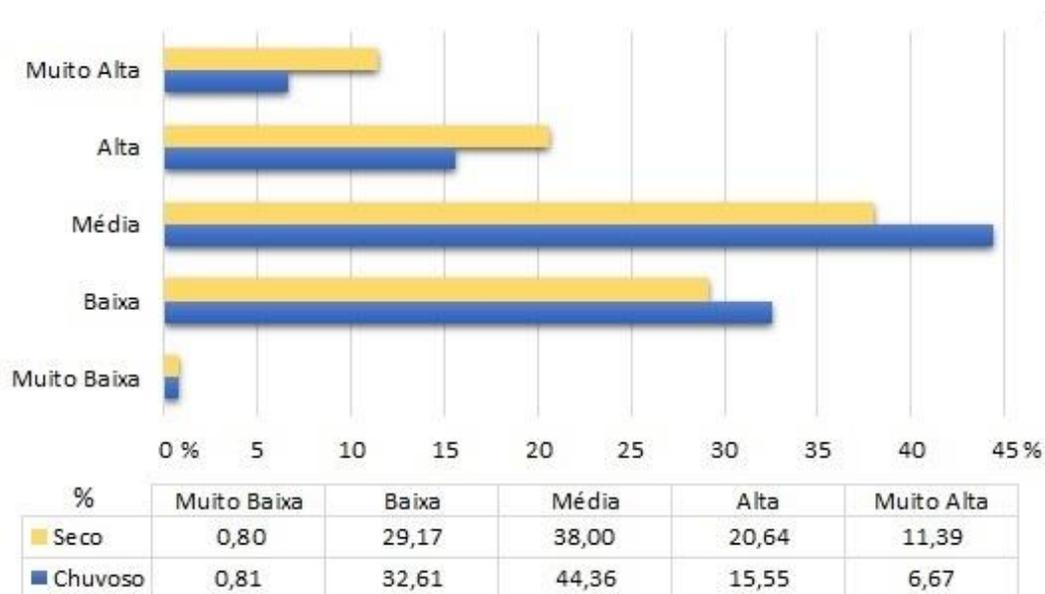


Figura 37. Quantificação em % dos níveis de IAA da APA das Onças.

A IAA Muito Baixa na APA das Onças apresentou valores que representam menos de 1% (0,80% no período chuvoso e 0,81% no seco) de toda a UC. Este nível além de estar relacionado aos Afloramentos Rochosos (Figura 38), também representa as áreas de Caatinga Arbustiva Fechada mais remotas e densas, que não apresentam transformações drásticas oriundas das ações antrópicas. Nesse caso, o NTP foi Pouco Transformado, não havendo proximidade com a rede de drenagem ou vias de acesso por estarem nas vertentes mais íngremes ao longo das serras.



Figura 38. Afloramento Rochoso na APA das Onças (Período Seco).

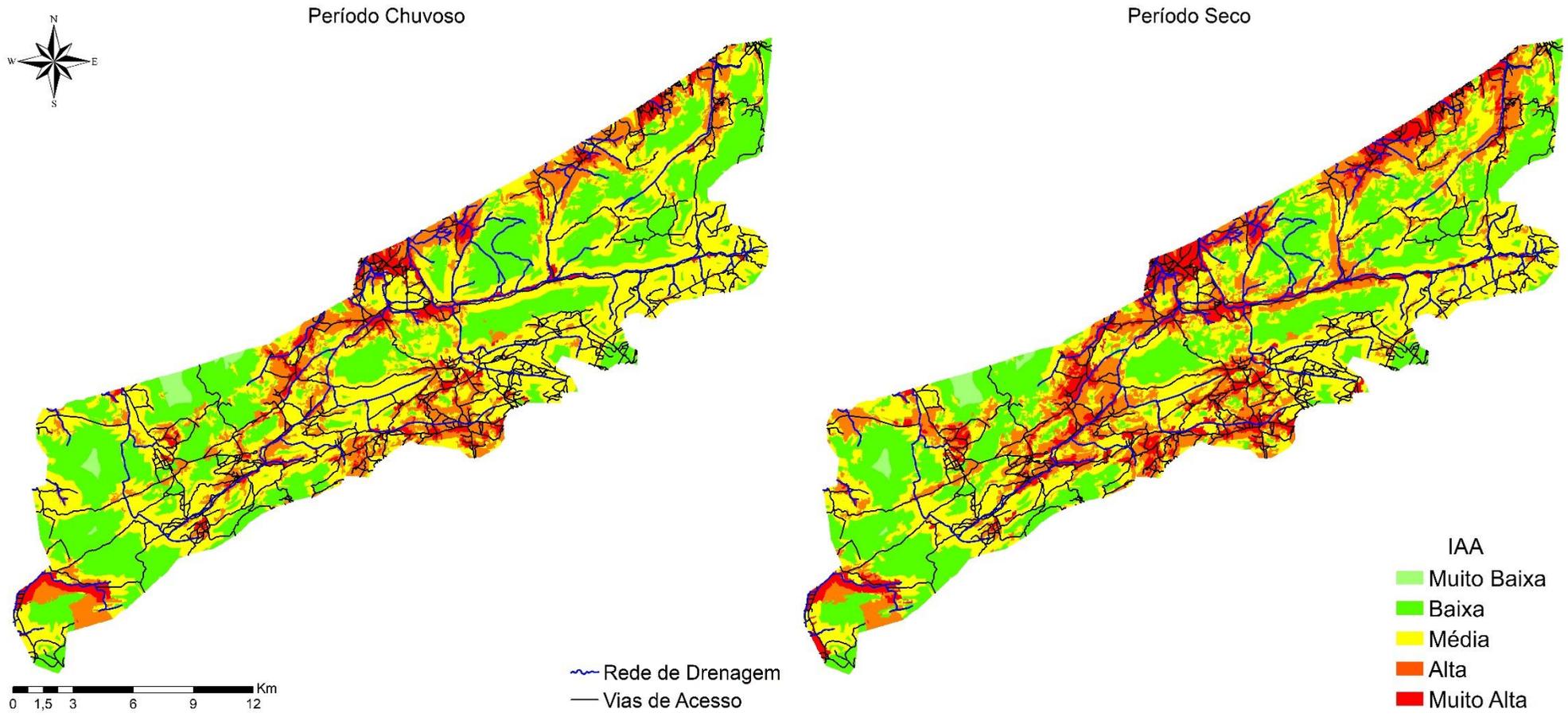


Figura 39. Intensidade de Ação Antrópica – APA das Onças.

A Baixa IAA ocupou 32,61% no período chuvoso e 29,17% no seco, sendo a segunda maior classe mapeada em ambos os períodos. Neste nível o NTP também foi classificado como Pouco Transformado, correspondendo a áreas que não apresentam uso direto da terra, onde predominam apenas as Caatingas Arbustivas Fechadas (Figura 40), distribuídas em grandes extensões remotas que estão ao longo das vertentes inclinadas da serra, onde as vias de acesso são mínimas, normalmente contendo no máximo uma estrada principal.



Figura 40. Caatinga Arbustiva Fechada APA das Onças (Período Seco).

A Média intensidade de ação antrópica na APA das Onças é o maior nível mapeado, sendo identificado em áreas onde o NTP é Pouco Transformado e Transformado, variando de uma região para outra da UC de acordo com a relação de proximidade e quantidade de vias acesso que as cruzam, rede de drenagem e o uso da terra. A seguir, abordaremos duas situações diferentes identificadas neste nível na APA das Onças.

A primeira, encontra-se nas regiões que vão do noroeste (NO), norte (N) e nordeste (NE), onde predominam as Caatinga Arbustiva Aberta (Figura 41). Normalmente trata-se de áreas já antropizadas, em que há remanescentes de desmatamentos e que são usadas para pastoreio por caprinos e ovinos. Nessas regiões o relevo varia de semi-ondulado a ondulado, estando próximas da rede de drenagem e várias vias de acesso, principalmente trilhas.



Figura 41. Via de acesso próxima a Caatinga Arbustiva Aberta na APA das Onças (Período Seco).

A segunda situação identificada nas áreas de Média IAA, se estende entre o sudoeste (SO), sul (S), sudeste (SE) até o leste (L) da APA das Onças, em áreas onde o NTP foi classificado como Pouco Transformado, predominando as serras onde ocorrem Brejos de Altitude (PORTO *et al.*, 2004). É nesses conjuntos de serras que se encontram as Áreas de Exceção da APA das Onças (Figura 42), se mantendo devido as condições imposta pela altitude, relevo, temperatura e os elevados valores pluviométricos, que segundo Porto *et al.* (2004) são superiores a 1.000 mm/ano.



Figura 42. Áreas de Exceção na região de serra na APA das Onças (Período Seco).

Essa vegetação nativa de exceção que recobre as porções mais íngremes das serras pode ser considerada como preservada se comparada com as áreas planas de seu entorno. Devido aos fatores naturais de disponibilidade maior de certos recursos, principalmente a pluviosidade elevada, também permite o desenvolvimento de atividades econômicas que exigem uma

demanda maior desses recursos, como a criação de bovinos a partir da pecuária extensiva (Figura 43).



Figura 43. Atividade de Pecuária na região de serra na APA das Onças (Período Seco).

Um diferencial destas áreas para as que se localizam em altitudes mais baixas, onde predominam as condições mais comuns do semiárido seco, é a presença dominante de bovinos, mais exigentes em água e alimentos, ao invés de caprinos e ovinos, resistentes a condições naturais mais severas. O gado nessa região da APA é geralmente criado solto ou em currais que podem variar de tamanho (geralmente pequenos) assim como o número de animais.

A atividade de pecuária neste ponto não é desenvolvida em larga escala como no agronegócio praticado em outras regiões do Brasil, que tem como principal característica a substituição total de grandes áreas de vegetação nativa por pastos introduzidos de espécies exóticas através do desmatamento. Trata-se de pequenas e médias áreas antropizadas com alguns focos de desmatamento, mas que também devem ser considerados de certa forma como impactantes e transformadores da paisagem, mesmo que seja em pequena escala. Apontam assim, a existência da presença de ações antrópicas modificadoras nesta região, o que também pode ser evidenciado através da elevada presença de vias de acesso o que acaba elevando o nível dessas áreas. Nesta região há o domínio de inclinações mais elevadas, e poucas áreas planas, o que acaba desfavorecendo o uso mais intenso, e as alterações principalmente nas Áreas de Exceção no sentido de desmatamento são muito reduzidas ou quase que inexistentes.

A Alta intensidade encontra-se em 15,55% no período chuvoso e em 20,64% no período seco, e a Muita Alta IAA ocupa 6,67% (período chuvoso) e no período seco cerca de 11,39% ao longo da APA das Onças.

Ao analisar os níveis de Muita Alta IAA pelo seu comportamento diferenciado, notou-se que entre o período chuvoso e o seco os valores de ocupação desse nível quase que dobrou entre

períodos comparados. Estes níveis elevados de intensidade foram identificados nas áreas utilizadas para agricultura e pecuária, assim como naquelas em estágio elevado de degradação, como a desertificação.

Nesta perspectiva, destacamos a identificação de áreas que apresentam um padrão bastante diferenciado nos modos de uso da terra e que fica localizada na porção sul (S), sudeste (SE) e sudoeste (SO) da APA, na fronteira com o estado de Pernambuco. Nesse caso, os padrões de uso da terra relacionados a agropecuária, se desenvolvem de forma bem diferenciada se comparado as outras áreas mais ao norte, em que o IAA foi classificado como de Média intensidade. Dessa forma, a configuração principal consiste em grandes cercados com formas geométricas do tipo retangulares caracterizados principalmente pela substituição da vegetação nativa por espécies exóticas cultiváveis, em forma de lavouras e pastos.

Prática aparentemente comum neste ponto da serra, tanto ao lado no estado da Paraíba, quanto do lado do estado de Pernambuco (Figura 44), mas que pode ser considerada de forma incomum se comparado com outras áreas da APA, ainda mais com as áreas de menor altitude, onde o clima seco está como regra ou até mesmo em outras áreas da serra, porém inclinadas, onde também se praticam estas atividades de forma menos intensa.

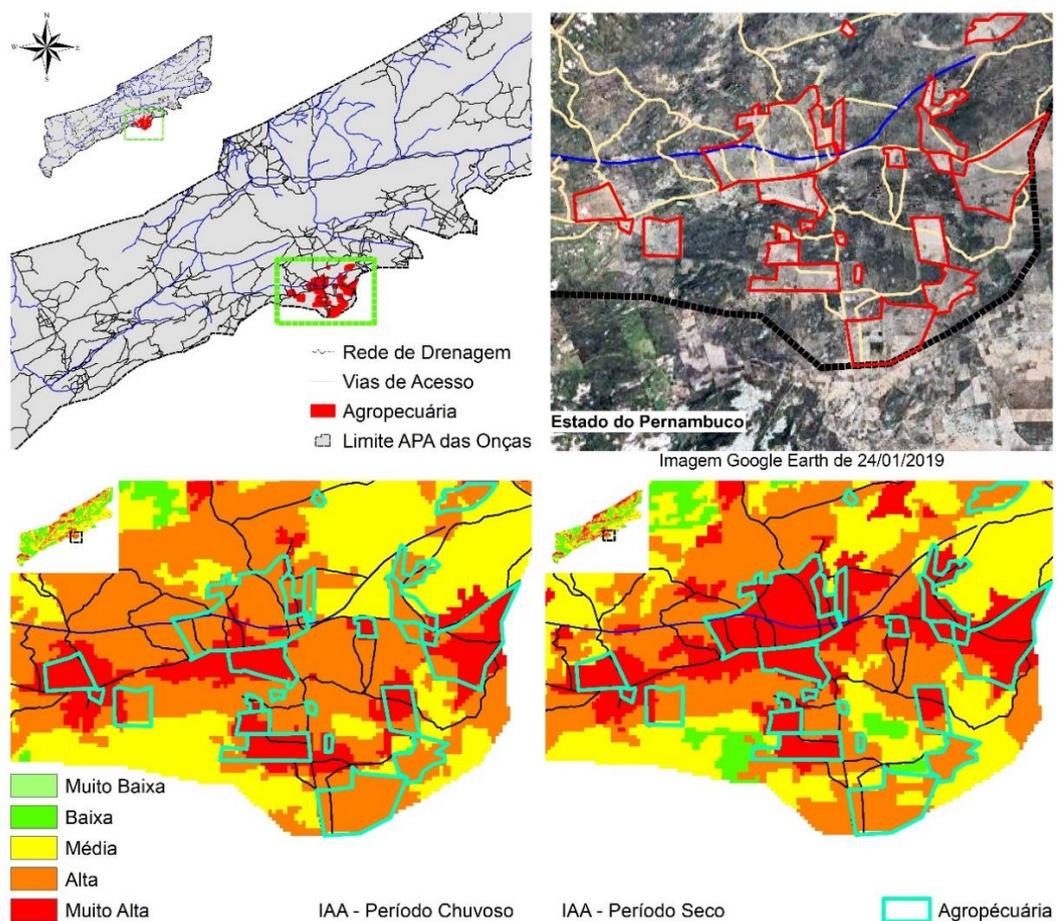


Figura 44. Áreas de Agropecuária de Alta e Muito Alta IAA.

Essas grandes áreas utilizadas para Agropecuária (Figura 44), encontram-se nas cotas mais elevadas de altitude da serra, onde praticamente predominam o relevo plano e semiplano o que acaba por favorecer este tipo de prática nos modos de uso da terra que, se comparadas com outras localidades da serra onde predominam inclinações mais elevadas, se torna difícil estabelecer tais padrões da mesma atividade econômica.

São áreas já grandemente transformadas, no qual foram classificadas com os níveis de Alta e Muito Alta intensidade de ação antrópica em ambos os períodos, porém apresentando um aumento para o nível mais elevado (Muito Alta) no período seco.

Já nas porções que vão de noroeste (NO), norte (N) e nordeste (NE), os níveis mais elevados de IAA mapeados, estão justamente nas áreas dominadas pelo processo de desertificação e com alguns pontos já em estágios avançados (Figura 45), conforme constatamos através dos trabalhos de campo.



Figura 45. Área desertificada próxima de uma via de acesso na APA das Onças (Período Seco).

Nota-se que este tipo de degradação ocorre em áreas onde o relevo é praticamente plano ou semiplano, concentradas o mais próximo da rede de drenagem e com presença elevada de vias de acesso, características bem similares também com as áreas degradadas pela desertificação identificadas na APA do Cariri.

Conforme diversos estudos desenvolvidos ao longo dos últimos anos na região semiárida brasileira (TOMASELLA *et al.*, 2018; BEZERRA *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2020), a desertificação é um problema ambiental constante nessa parte do Brasil, embora na APA das Onças este tipo de degradação encontra-se em menores proporções.

Nas Áreas de Drenagem com Plantação os níveis de IAA também foram elevados (Alta e Muita Alta). Na APA das Onças, vale destacar uma importante diferença neste tipo de ocupação de uso da terra, devido à grande parte da rede de drenagem estar encaixada em fundo

de vales, por se tratar de uma região de serras. São nesses fundos de vales que correm alguns riachos e rios que também são intermitentes e ocupados com diferentes tipos de plantações, em pequena escala, porém feitas na base das vertentes ou até mesmo no meio da rede de drenagem no período seco, aproveitando assim a maior concentração de umidade disponível, situação diferente do que acontece na APA do Cariri, onde as terras cultivadas próximas a rede de drenagem estão totalmente inseridas em áreas planas.

A Figura 46 demonstra áreas de drenagem ocupadas com plantações no período seco, sendo cultivado dois tipos diferentes de forrageiras, o capim-elefante ou Napier - *Pennisetum purpureum Schum* (A) e o de Palmas do gênero *Opuntia* (B) que, segundo Rocha (2012), tem um melhor crescimento em áreas de altitudes elevadas no semiárido, além de feijão, milho e frutas.



Figura 46. Áreas de Drenagem com Plantação na APA das Onças (Período Seco). A) Capim-elefante ou Napier e B) Palmas do gênero *Opuntia*.

Os Corpos d'Água na APA das Onças também apresentaram resultados similares ao da APA do Cariri, onde ambas as classes foram classificadas como de Alta e Muito Alta IAA no período chuvoso, enquanto na estação seca predominaram os níveis de IAA Muito Alta.

### 3.1.4 Discussão

Ao comparar os resultados de IAA de cada APA a partir do recorte espacial entre os períodos, pode se observar que o nível Média prevaleceu em ambas, sendo maiores no período chuvoso, devido principalmente ao aumento da biomassa que tende a crescer nesta época do ano.

Na APA do Cariri, o segundo maior nível mapeado foi de Alta IAA, enquanto que na APA das Onças esse nível ocupa o terceiro percentual, sendo a Muito Alta IAA o nível mais elevado na APA do Cariri, ao contrário do acontece na das Onças. Já na APA das Onças, o segundo maior nível mapeado foi o de Baixa IAA em ambos os períodos, sendo este mais elevado no período chuvoso, enquanto a Muito Baixa IAA não apresentou variações entre os períodos de ambas as APAs, porém sendo mais expressiva na APA das Onças, conforme exposto na Figura 47.

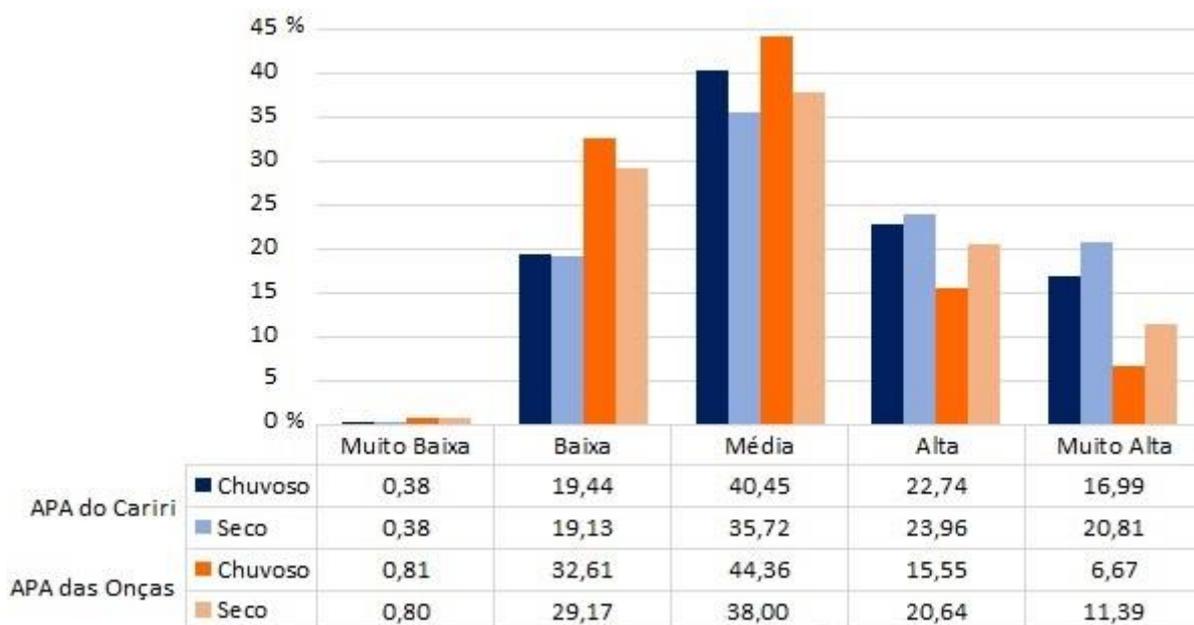


Figura 47. Gráfico de comparação dos níveis de IAA entre as duas APAs.

Destacamos a seguir, alguns fatores observados no mapeamento que, junto ao trabalho de campo, permitem entender esta diferença entre as UCs em análise. A disponibilidade maior de alguns recursos naturais ou a falta deles favorecem ou desfavorecem de certo modo ao desenvolvimento de algumas atividades econômicas exercidas em ambas, principalmente a pluviosidade, que na APA do Cariri tende a ser menor, quando comparadas com as áreas de serras da APA das Onças. O efeito da pluviosidade no período chuvoso, refletido na vegetação de Caatinga, tende a aumentar sua biomassa de forma rápida, e no caso da vegetação herbácea que se expande nesse período, em alguns pontos apresentou efeito suavizador entre os níveis nas áreas mais antropizadas.

Outro aspecto identificado foi a relação direta entre as vias de acesso com a rede de drenagem que se intensificam muito ao entorno delas, com o objetivo claro de permitir o acesso a água, tanto no período chuvoso quando os rios estão cheios, quanto no período seco para o acesso as regiões onde se concentram maior umidade no solo. Em determinados pontos da rede

de drenagem no período de estiagem, os leitos secos dos rios também servem como via de acesso, integrando um ao outro, o que torna ambas variáveis indispensáveis no desenvolvimento das atividades humanas destas regiões. Essa integração e o número elevado de vias de acesso acabam por afetar direta e indiretamente na estrutura natural dos ambientes (BABER *et al.*, 2014; HAMID & MALIK, 2018; GUETTÉ *et al.*, 2018) e, no caso do semiárido brasileiro, contribui também para o processo de degradação (ANTONGIOVANNI *et al.*, 2020).

O relevo é um outro fator decisivo nesse processo, influenciando tanto para o desenvolvimento de ações mais intensas, assim como na preservação, principalmente da vegetação nativa. Os maiores níveis de IAA na APA do Cariri estão sobre o relevo plano e suave ondulado, assim como na APA das Onças, aspectos comuns e que acabam se tornando um dos fatores decisivos para intensificação do uso da terra em ambas. É exatamente nessas áreas onde os processos de degradação como a desertificação se desenvolvem com mais intensidade em ambas as APAs, com a características de estarem sempre próximas a rede de drenagem e contendo várias vias de acessos.

Já nas áreas onde a vegetação nativa é considerada mais preservada e o IAA foi classificado como Muito Baixo e Baixo, constatou-se novamente que o relevo (declividade) também foi o fator limitante das atividades antrópicas em ambas as APAs. As áreas mais preservadas de vegetação nativa na APA do Cariri encontram-se especificamente sobre a Serra do Caruá e no Plutão Bravo, enquanto na APA das Onças elas estão sobre as vertentes mais inclinadas ao longo das serras. Destacamos nestas condições, a presença das Áreas de Exceção, existentes em ambas as UC's, embora cada uma contendo características próprias. Compõem assim, áreas que permitem o desenvolvimento de microambientes com riquezas bióticas e abióticas muito particulares e bastantes diferenciadas das áreas mais secas que estão ao seu entorno e que de certo modo ainda se mantem preservadas.

Um fator importante e de cunho histórico-social e que tem impacto direto na antropização através do uso da terra, é a questão fundiária na região, assim como em todo semiárido brasileiro que esta pautada numa desigualdade de acesso à terra que data desde os tempos coloniais e que deixaram profundas marcas econômicas e socioambientais.

Segundo Reis (2019), atualmente o acesso à terra ainda continua sendo desigual, assim como o dinamismo de sua produção rural, onde o número elevado de população que vive no semiárido brasileiro simboliza uma demanda alta por recursos fundiários e neste contexto, os pequenos produtores (grande maioria formada por lavradores simples) proprietário ou não da terra. São esses os que enfrentam as maiores dificuldades para produzir, sobretudo pela concentração das propriedades em diminutas parcelas de terra muito aquém de um módulo fiscal estabelecidos por cada município, sendo então, considerados insuficientes para sua

reprodução social (REIS, 2019), além da desigualdade de acesso sobre alguns recursos imprescindíveis como água, o que acaba obrigando a população a realizar práticas de uso da terra insustentáveis e predatórias.

A exclusão desses proprietários de ações econômicas e ambientais mais integradoras por parte da gestão pública, assessorias técnicas, crédito especial entre muitas outras políticas públicas necessárias ao desenvolvimento econômico local de forma sustentável são aspectos fundamentais para se entender os processos de degradação nessa parte do país, assim como no restante dele. Sendo assim, a negligência e o abandono por parte do poder público ao longo dos séculos também acabaram refletindo diretamente no uso de forma inadequada da terra e, conseqüentemente, contribuiu a um desgaste mais elevado nos recursos naturais, sobrepondo as necessidades de sobrevivência da população, sendo maiores e mais notáveis o desgaste sobre a vegetação nativa (as Caatingas), solos e os recursos hídricos, especificamente nos longos períodos de estiagem.

Embora ambas as UC's tenham como objetivo o uso sustentável com foco na conservação e preservação dos recursos naturais presentes, principalmente a vegetação nativa, fauna, solos e os recursos hídricos, e que são assegurados pela lei 9.985/2000 através do SNUC (BRASIL, 2021a), é notório perceber que tais medidas não estão sendo aplicadas conforme o exigido por lei.

Isso fica evidente nas grandes áreas já em diferentes estágios de degradação, que tem como destaque a desertificação mapeada em ambas, embora com presença mais relevante na APA do Cariri, onde temos níveis menores de chuva. Também é de suma relevância a identificação das áreas ainda preservadas existentes nas UC's, assim como assegurar sua proteção de forma integral, o que reforça ainda mais a necessidade de aplicação de políticas públicas, como o desenvolvimento e a adoção de propostas de zoneamento ambiental que contemple de forma justa as necessidades sociais e econômicas das comunidades locais, mas que estejam também alinhadas com os limiares de fragilidades/potencialidades naturais e ambientais exclusivos de cada UC.

Conforme Silva *et al.* (2017) e até o presente desenvolvimento dos resultados deste trabalho, tanto a APA do Cariri, quanto a APA das Onças não apresentam Plano de Manejo, de acordo com o exigido pela lei ambiental brasileira disposto no Art. 27 da Lei 9.985/2000 (BRASIL, 2021a). Nesse caso, a ausência do Plano de Manejo acaba por dificultar ainda mais a relação entre o uso da terra, conservação e preservação dos recursos de ambas.

O fato das duas APAs em questão não apresentarem o Plano de Manejo não é um caso isolado no Brasil. Em um levantamento feito por Barros & Leuzinger (2018) sobre a situação jurídica das UC's brasileiras referentes a criação e aplicação desta medida de disciplinamento

de uso da terra e dos recursos naturais, tomando por referência para seus estudos UC's de responsabilidade federal, no caso especificamente das APAs, concluíram que das 33 federais analisadas, 14 (42%) não tinham Plano de Manejo, 6 (18%) estavam em elaboração, 5 (15%) em revisão e 8 (24%) sem previsão de criação. Ou seja, mais da metade das APAs federais não apresentaram Plano de Manejo até o momento analisado.

Sendo federais, teoricamente teriam mais prioridade e agilidade nos recursos destinados para elas que as estaduais, como é o caso das UCs deste trabalho, onde os recursos principalmente financeiros são bem menores. Logo, a similaridade das situações demonstra, sem levar em conta outras questões, a gravidade do problema no Brasil.

Barros & Leuzinger (2018) concluem que há uma dificuldade na execução dos planos de manejo, e que esta é de ordem prática como adequação aos parâmetros fornecidos pelos roteiros metodológicos, de observância do prazo de elaboração, dentre outras questões burocráticas, além da falta de recursos financeiros e de pessoal para levantamentos a campo e trabalho de gabinete. Apontam também, que há uma tentativa do ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (órgão nacional responsável pela supervisão das UC's), no plano federal, de simplificar os planos de manejo, tornando sua elaboração mais célere e barata, o que talvez venha a contribuir para que o passivo de UCs sem planos possam ser regularizados, visando o aumento significativo no futuro, podendo isto servir de modelo para os casos das UCs estaduais.

Nesta perspectiva, os resultados obtidos neste estudo sobre a espacialização das áreas que sofrem maiores ou menores influência antrópica, baseado em variáveis simples como o uso da terra e cobertura vegetal, avaliação do nível de transformação da paisagem (NTP), aliado a elementos essenciais para a região semiárida como a rede de drenagem e as vias de acesso, servem de uma importante base na construção de futuros Planos de Manejos, podendo, somados as outras metodologias que visem avaliar as fragilidades e potencialidades dos ambientes de forma integrada, levando em consideração suas particularidades, utilizando produtos cartográficos digitais de baixo custo, fácil acesso e aplicabilidade por conta da equipe técnica, assim como a simplicidade no entendimento e troca de informações resultantes com os gestores na construção de políticas públicas, que junto aos dispositivos jurídicos propostos pelo SNUC, exerçam sua principal função no uso racional dos recursos, assim como a conservação e preservação dos recursos naturais e suas particularidades de ambas as APAs, situadas nesta importante região do semiárido brasileiro.

### **3.1.5 Conclusões**

A delimitação dos níveis de intensidade de ação antrópica para as duas UCs de uso sustentável mostrou que a APA do Cariri se encontra com maiores níveis de IAA que a APA das Onças. Os resultados obtidos permitiram apontar espacialmente onde ocorrem as maiores e as menores intensidades entre ambas, principalmente sobre os recursos vegetais e hídricos.

Os aspectos físicos naturais da região também são determinantes para execução de algumas atividades antrópicas, o que reflete diretamente no modo de uso da terra e a relação com a cobertura vegetal e os recursos hídricos, atrelados a uma série de outros fatores econômicos, políticos, históricos e sociais que acabam criando uma relação complexa entre os espaços naturais e antropizados, e que acabam também refletindo e sendo impressos na paisagem desta região do semiárido brasileiro.

Do ponto de vista acadêmico-técnico, jurídico e político, entendemos que há uma necessidade urgente da criação do Plano de Manejo e assessoria técnica constante que contemple as reais necessidades da região, sendo estes importantes dispositivos essenciais na tentativa de equilibrar o uso da terra, conservação e a preservação. Tão importante quanto, é incentivar ainda mais o fomento além do já existente por parte do poder público no desenvolvimento econômico local de forma racional e sustentável, para que haja maior integração entre as comunidades localizadas dentro das UC's e em suas proximidades.

Ressaltamos como parte acadêmica de suporte e contribuição técnica para a comunidade, a importância da criação de propostas metodológicas de análise de ambientes integrados que visem além de tudo simplicidade na aplicação e que contemple as especificidades locais. Neste contexto, essa proposta metodológica e os resultados aqui apresentados se constituem como uma contribuição nos estudos de análises ambientais integradas em ambientes semiáridos no Brasil e que também podem ser testados aplicados a princípio em outras zonas semiáridas do mundo.

### **Agradecimentos**

À CAPES pela bolsa de Doutorado concedida através da FAPESQ, Edital nº 003/2016, processo 88887.369009/2019-00. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

### **Referencias**

AB'SABER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical.** Geomorfologia, n. 53, p. 1-19, 1977. Disponível em: <[biblio.fflch.usp.br/AbSaber\\_AN\\_1351576\\_ProblematicaDaDesertificacaoEDaSavanizacao.pdf](http://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1351576_ProblematicaDaDesertificacaoEDaSavanizacao.pdf)>. Acesso em: 24 de jun. 2022.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba., **Meteorologia – Chuvas**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>> Acesso em abr. 2020.

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; JOHN T. ROACH, J. T.; RICHARD E. WITMER, R. E. Land use and land cover classification system for use with remote sensor data. **Geological Survey Professional Paper 964**, p.01-34, 1976.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I.; MELO. Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro. 2009. Arquivos digital Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/574628/mudancas-climaticas-e-desertificacao-no-semi-arido-brasileiro>> Acesso em 25 de out. 2021.

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; MATSUMOTO, M.; FONSECA, C. R. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**. v. 57, p.1–11, 2020.

BARBER, C. P.; COCHRANE, M. A.; SOUSA JR, C.; LAWRENCE, W. F. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected áreas in the Amazon. **Biological Conservation**. v.177, p.203–209, 2014.

BALLÉN, L. A. C.; SOUZA, B. I.; LIMA, E. R. V., 2016. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**. v.36. n.3, p. 555-571, 2016.

BARROS, L. S. C.; LEUZINGER, M. D. Planos de manejo: panorama, desafios e perspectivas. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito PPGDir./UFRGS**. v.13, n.2, p. 281-303, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.html)> Acesso em abr. 2021a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Criação de Uc's**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>> Acesso em abr. 2021b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Categorias**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/categorias.html>> Acesso em abr. 2021c.

BEZERRA, F. G. S.; AGUIAR, A. P. D.; ALVALÁ, R. C.; GIAROLLA, A.; BEZERRA, K. R. A.; LIMA, P. V. P. S.; NASCIMENTO, F. R.; ARAI, E. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. **Ecological Indicators**, v.117, p.01-15, 2020.

BORGES, U. N.; PACHECO, A. P.; MARIANO, G. Uma Contextualização Espacial e Temática da Geodiversidade: APA das Onças/PB/Brasil. **Revista Estudos Geológicos**. v.27, n.2, p. 143-160, 2017.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. **Ciência Geográfica**, v.23, n.1, p.267-282, 2019.

CARVALHO, V.; LOMBARDO, M. A. **Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação**. São José dos Campos: INPE, 1979. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.16.00.14.47/doc/INPE%201540.pdf>>. Acesso em: 24 de jun. 2022.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252 p. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>>. Acesso em 24 de jun. 2022.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. v. 37, n.01, p. 35-46, 1991.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos – Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese (Livre Docência) Departamento de Geografia da FFLCH da USP. São Paulo: 1995. Disponível em: <https://caph.fflch.usp.br/node/6208>. Acesso em: 24 de jun. 2022.

CRANDALL, R. **Geographia, geologia, supprimento d'agua, transportes e açudagem nos estados orientaes do norte do Brasil Ceará, Rio Grande do Norte, Parahyba**. 2. ed. Rio de Janeiro: Imprensa Inglesa, 1923. (Publicação n. 4, série I). Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=213788&view=detalhes>. Acesso em 24 de jun. 2022.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. 2016. ArcGIS for Desktop - Manual. Versão. 10.5.

GUETTÉ, A.; GODET, L.; ROBIN, M. Historical anthropization of a wetland: steady encroachment by buildings and roads versus back and forth trends in demography. **Applied Geography**. v. 92, p. 41-49, 2018.

HAMID, Z.; MALIK, M. F. Impact of roads on human ecology. **Environment Pollution and Climate Change**. v.2, n.154, p. 01-03, 2018.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/semiario-brasileiro>> Acesso em jul. 2021.

KÖPPEN, W. P. *Grundriss der Klimakunde (Outline of climate science)*. Berlin:Walter de Gruyter, 388 p. 1931. Disponível em: < <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.html>>. Acesso em: 13 de set. 2018.

LAGES, G. A.; MARINHO, M. S.; NASCIMENTO, M. A. L.; MEDEIROS, V. C.; DANTAS, E. L. FIALHO, D. Mar de Bolas do Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras, PB – Campo de matações graníticos gigantes e registros rupestres de civilização pré-colombiana. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, 2013. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio068/sitio068.pdf> Acesso em: 25 de agos. 2018.

- LANDIS, J. R., KOCH, G. G., 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics** 33(1), 159-174.
- LUNGUINHO, R. L.; SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R. T.; CARDOSO, E. C. M. A influência dos lajedos na composição florística do seu entorno, no sítio Salambaia – Cabaceiras – PB. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 230-237, 2015.
- MAIA, R. P. NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v. 19, n 2, p. 373-389. 2018.
- MELLO NETO, A. V.; LINS, R. C.; COUTINHO, S. F. S. 1985. Áreas de exceção do Nordeste brasileiro considerações conceituais. In SUDENE, Fundação Joaquim Nabuco - Áreas de exceção do Nordeste (Coord). Pernambuco e Paraíba. Recife, pp.01-11. Disponível em <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal3/Geografiasocioeconomica/Geografiaagricola/01.pdf>> Acesso em out. 2021.
- MELO, M. L. Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco. Recife: SUDENE. 1988. 321p.
- NIMER, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). **Revista Brasileira de Geografia**, v. 42, n. 3, p. 612-637, 1980.
- NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista Brasileira de Geografia**, v. 50, n. 1, p.07-40, 1988.
- PARAÍBA. Decreto 22.880 de 25 de março de 2002. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental das Onças. João Pessoa, 2002. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 20 de jun. 2019.
- PARAÍBA. Decreto nº 25.083, de 08 de junho de 2004. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Cariri. João Pessoa, 2004. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 18 de set. 2018.
- PORTO, K.C.; CABRAL, J. J. C.; TABARELLI, M. Brejos de altitudes em Pernambuco e Paraíba – história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 324p. 2004. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em 29 de abr. 2020.
- REIS, J. N. P. A insustentável distribuição da terra no semiárido brasileiro. **Caderno de Ciências Sociais Aplicadas**. v.16, n.27, p. 21-38, 2019.
- REGÔ, S. C. A.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.; SOUZA, B. I. Mapeamento do uso e adequação do solo no município de São João Do Tigre – PB com o auxílio de geotecnologias. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1583 – 1593 ,2012.
- ROCHA, J. E. S. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte. Embrapa Caprinos e Ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos**, Sobral, p. 40, 2012.
- ROMANO, M. P. C. G.; ROCHA, J. G.; SANTOS, M. L. F.; SOUZA, M. C. S. Unidades paisagísticas no semiárido paraibano: porção Leste do Plúton Bravo, Cabaceiras-PB. In:

CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2018, Paraíba. **Anais...** Paraíba: Realize Eventos e Editora, 2018. p. 1-10. Acesso em nov. de 2017. <http://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/33912>

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP – Espaço e Tempo**. n. 11, p. 115-126. 2002.

SENA, J. P. O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 15, p. 278 – 293. 2019.

SILVA, A. D. E S.; SÁ, I. B.; BRITO, L. T. L. 2014. Perfil do semiárido rural brasileiro: índice de vulnerabilidade socioeconômica e ecológica dos estabelecimentos agrários – IVA. **Arquivos digital Embrapa** Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107092/1/Aderaldo-1.pdf>. Acesso em 25/10/2021.

SILVA, J. I. A. O.; BARBOSA, E. S. L.; SILVA, A. G. F.; NUNES, G. H. F. Unidades de conservação no semiárido brasileiro: estudo da gestão desses espaços preservados. **REUNIR**. v.07, n.02, p.48-66, 2017.

SILVA, G. S.; SILVA, W. S.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E., 2018. Análise da precipitação da microrregião do Cariri oriental paraibano. **Revista REGNE**. v.4, n.1, p. 42-57, 2018.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p.364-383, 2019.

SILVA, L. F., SOUZA, B. I., Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre–PB no semiárido brasileiro. **Revista Continentes**, v17, p.120-148, 2020.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C. Identification of desertified and preserved areas in a conservation unit in the state of Paraíba – Brazil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 48, n 1, p. 01-20, 2022.

SOUZA, B. I. SUERTEGARAY, D. M. A. LIMA, de E. R. Desertificação e Seus Efeitos na Vegetação e Solos do Cariri Paraíba. **Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC**. Fortaleza, n 16, p 217-232, 2009.

SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R, T.; CARDOSO, E. C. M. Degradação e riscos à desertificação no alto curso do rio Paraíba – PB/Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 11, n. 16, p. 201-222, 2015.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Revista Caderno de Geografia –PUC Minas**, v.32, n .2 p. 229-258, 2016.

SOUZA, N. R. L.; XAVIER, R. A. A importância dos “lajedos” na paisagem geomorfológica do Cariri Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP/IG, 2017. p. 6561-6566. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/321304297> A importancia dos lajedos na paisagem geomorfologica do Cariri Paraibano> Acesso em out.2020.

SUDEMA., 2020. Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente. **Notícias: Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/noticias/unidades-de-conservacao-sao-boas-opcoes-de-passeios-durante-as-ferias>> Acessado em fev. 2020.

TOMASELLA, A. J.; VIEIRA, R. M. S. P.; A. BARBOSA, A. A.; RODRIGUEZ, D. A.; SANTANA, M. O.; SESTINI, M. F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. **Int J Appl Earth Obs Geoinformation**. v.73, p. 197, 206, 2018.

VASCONCELLOS SOBRINHO, J. **Identificação de processos de desertificação no Polígono das Secas do Nordeste Brasileiro**. Recife. SUDENE. 1978.

VIEIRA, R. M. S. P.; SESTINI, M. F.; TOMASELLA, J.; MARCHEZINI, V.; PEREIRA, G. R., BARBOSA, A. A.; SANTOS, F. C.; RODRIGUEZ, D. A.; NASCIMENTO, F. R.; SANTANA, M. O.; CAMPELLO, F. B. C.; OMETTO, J. P. H. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. **Environmental and Sustainability Indicators**. v. 5. p. 01-09. 2020.

## **CAPITULO II - APLICAÇÃO DO IUSS**

3.2 Análise e comparação do Índice de Umidade Superficial do Solo na identificação de ambientes degradados e preservados em Unidades de Conservação no Semiárido Brasileiro

Artigo que será submetido ao periódico Mercator

## **3.2 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE UMIDADE SUPERFICIAL DO SOLO NA IDENTIFICAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS E PRESERVADOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **3.2.1 Introdução**

Em ambientes semiáridos como os que ocorrem na região nordeste do Brasil, todos os recursos naturais disponíveis (solos, relevo, fauna, clima, vegetação e principalmente a água) são de extrema importância para fixação e o desenvolvimento das populações humanas locais.

É a partir desta relação secular e complexa com estes recursos que ocorre mais intensamente mediante o processo de ocupação dos europeus e com a introdução da agropecuária no século XVII (SOUZA *et al.*, 2009; SOUZA & SOUZA, 2016), que uma série de diferentes tipos de processos de degradação começam a se desenvolver nesta região com resultados que se estendem até os dias atuais (TRAVASSOS & SOUZA, 2014a; COELHO JUNIOR *et al.*, 2020; LEMOS *et al.*, 2020).

Os processos de degradação identificados nestes ambientes são os mais variados possíveis como a erosão, salinização e compactação dos solos, desertificação, diminuição da diversidade vegetal nativa e o comprometimento dos recursos hídricos (GIBBS & SALMON, 2015). Parte dos impactos gerados nos recursos naturais, em particular na cobertura vegetal, são resultantes do atendimento das necessidades básicas das populações locais, tornando-as suscetíveis principalmente a desertificação, que em última análise atua como facilitador desse processo de degradação devido a exploração direta ou uso excessivo de recursos naturais (ZHOU *et al.*, 2015; BEZERRA *et al.*, 2020).

Sendo estes fatores considerados extremamente prejudiciais, não só para o equilíbrio e manutenção dos sistemas naturais do semiárido, mas também para sustentação das populações humanas locais, são criadas também dificuldades nos mais amplos campos socioeconômicos (TRAVASSOS & SOUZA, 2014b). Neste cenário deve-se destacar que com o decorrente avanço dos mais variados tipos de degradação sobre as áreas ainda preservadas, exige-se cada vez mais o entendimento de suas causas, para que se possa propor novas alternativas, medidas e soluções que auxiliem na mitigação, assim como tentar conter os seus avanços.

É nessa perspectiva que podemos associar também as tecnologias atuais, que podem contribuir de forma significativa nos estudos aplicados aos diferentes tipos de degradação, em especial a desertificação, que ocorrem em todo semiárido brasileiro. Destacam-se nesse cenário uma série de propostas metodológicas que visam analisar os ambientes naturais e antropizados

dessa parte do país, bem como relaciona-los de forma integrada (RUFINO & SILVA, 2017; PEREIRA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019a; ALMEIDA & CORRÊA, 2020).

No contexto acima descrito, Lopes *et al.* (2011) propuseram através de uma adaptação metodológica um índice que utiliza a relação entre temperatura de superfície (TS) e o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) frutos de sensores remotos para poder estimar os níveis de umidade superficial do solo em ambientes semiáridos, o que possibilitou aos autores a identificação das áreas potencialmente degradadas na região do Seridó/RN. Silva *et al.* (2022) também obtiveram resultados satisfatórios ao utilizar um conjunto de pontos amostrais na identificação das áreas desertificadas e preservadas a partir da proposta de Lopes *et al.* (2011) na região dos Cariris Velhos/PB.

Santos *et al.* (2011) afirmam que a umidade do solo é importante para o crescimento das plantas, estando altamente relacionada com as características temporais e de intensidade dos eventos pluviométricos. De forma mais direta, a quantidade de água no solo limita o número e o tamanho das espécies de plantas perenes em áreas áridas (PAN *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2011).

Conforme Martorano *et al.* (2008) a ausência ou a presença de vegetação, tal como as práticas agrícolas e a ação de agentes naturais, também são influentes nas propriedades hidrodinâmicas da água no solo. As referidas mudanças são decorrentes de alterações físicas que ocorrem em função do manejo adotado ou não (MENEZES *et al.*, 2013).

A partir dessa relação complexa entre os estágios e interações da disponibilidade da água e o solo, tanto nas áreas naturais quanto nas áreas cultivadas no semiárido, vários trabalhos têm dado atenção às interações e efeitos decorrentes (MELO & MONTENEGRO, 2015; LEITE *et al.*, 2019; INOCÊNCIO *et al.*, 2020).

Além do desenvolvimento das mais variadas técnicas e metodologias aplicadas, também se torna necessário o papel do Estado e sua atuação na criação, regulamentação e aplicação de dispositivos legais que possam regular a interação das atividades humanas com os recursos naturais disponíveis, a partir de políticas públicas aplicadas que visem o bem comum a todos.

No Brasil, uma das mais importantes políticas públicas criadas no sentido de preservação, conservação e o uso racional dos recursos naturais foi o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, instituído pela Lei Federal nº. 9.985 de 18 de julho de 2000, onde temos a criação das Unidades de Conservação (UCs), denominação dada às áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais, e dentre elas a Área de Proteção Ambiental (APA) que se configura como uma UC de uso Sustentável (BRASIL, 2021a).

Mediante a problemática exposta, o objetivo deste trabalho foi identificar, analisar e comparar o índice de umidade superficial do solo – IUSS (LOPES *et al.*, 2011) com pontos

amostrais referentes as áreas preservadas e degradadas pela desertificação e suas relações com a TS e o IVDN (SILVA *et al.*, 2022) em duas UC localizadas na região dos Cariris Velhos no interior do estado da Paraíba.

### 3.2.2 Materiais e Métodos

#### 3.2.2.1 Área de estudo

A área de estudo consiste em duas Unidades de Conservação (UC) que são as maiores do estado da Paraíba, classificadas pelo SNUC (BRASIL, 2021c) como Área de Preservação Ambiental (APA), denominadas de APA do Cariri (PARAÍBA, 2002) e APA das Onças (PARAÍBA, 2004). Ambas estão situadas na microrregião dos Cariris Velhos, nos domínios do bioma Caatinga, no estado da Paraíba, na porção nordeste do Brasil, conforme a Figura 48.

A região dos Cariris Velhos está submetida ao clima semiárido do tipo BSh, conforme a proposta de Köppen (1931). O semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias anuais elevadas que variam entre de 25° e 27°C, com duas estações bem definidas, sendo elas chuvosa e seca, com médias pluviométricas anuais abaixo de 800mm (INSA, 2021). A estação chuvosa ocorre entre os meses de janeiro a julho (MEDEIROS *et al.*, 2015; SENA *et al.*, 2019), com agosto sendo considerado um mês de transição, marcando o final deste período.

A partir do mês de setembro até dezembro acontece a estação seca (MEDEIROS *et al.*, 2015; SENA *et al.*, 2019). Souza *et al.* (2009) apontam que a chuva para esta parte da Paraíba, assim como para todo o semiárido brasileiro, não é homogênea, apresentando variabilidade espacial distinta, assim como no volume e no tempo de ocorrência, o que influencia diretamente nas formações vegetais compostas predominantemente por Caatingas.

Apesar desse quadro dominante, é de elevada relevância destacar que existem dentro do semiárido brasileiro regiões que fogem desta regra, apresentando características excepcionais onde a pluviosidade é mais elevada, a temperatura do ar é mais amena e com o relevo contendo a presença de altitudes acima de 1000m. Nesse caso, essas características favorecem a constituição também de outros tipos de formações vegetais além da Caatinga, em escalas reduzidas.

A Caatinga é composta especialmente por leguminosas, gramíneas, euphorbiáceas, bromeliáceas e cactáceas (INSA, 2021) com a predominância de formações arbustivas que variam em seu adensamento. Nas Áreas de Exceção, definidas como espaços úmidos e sub-úmidos que estão presentes no domínio do semiárido nordestino brasileiro, temos a presença de enclaves de Mata Atlântica e Cerrado (MELLO NETO *et al.*, 1985; MELO, 1988).

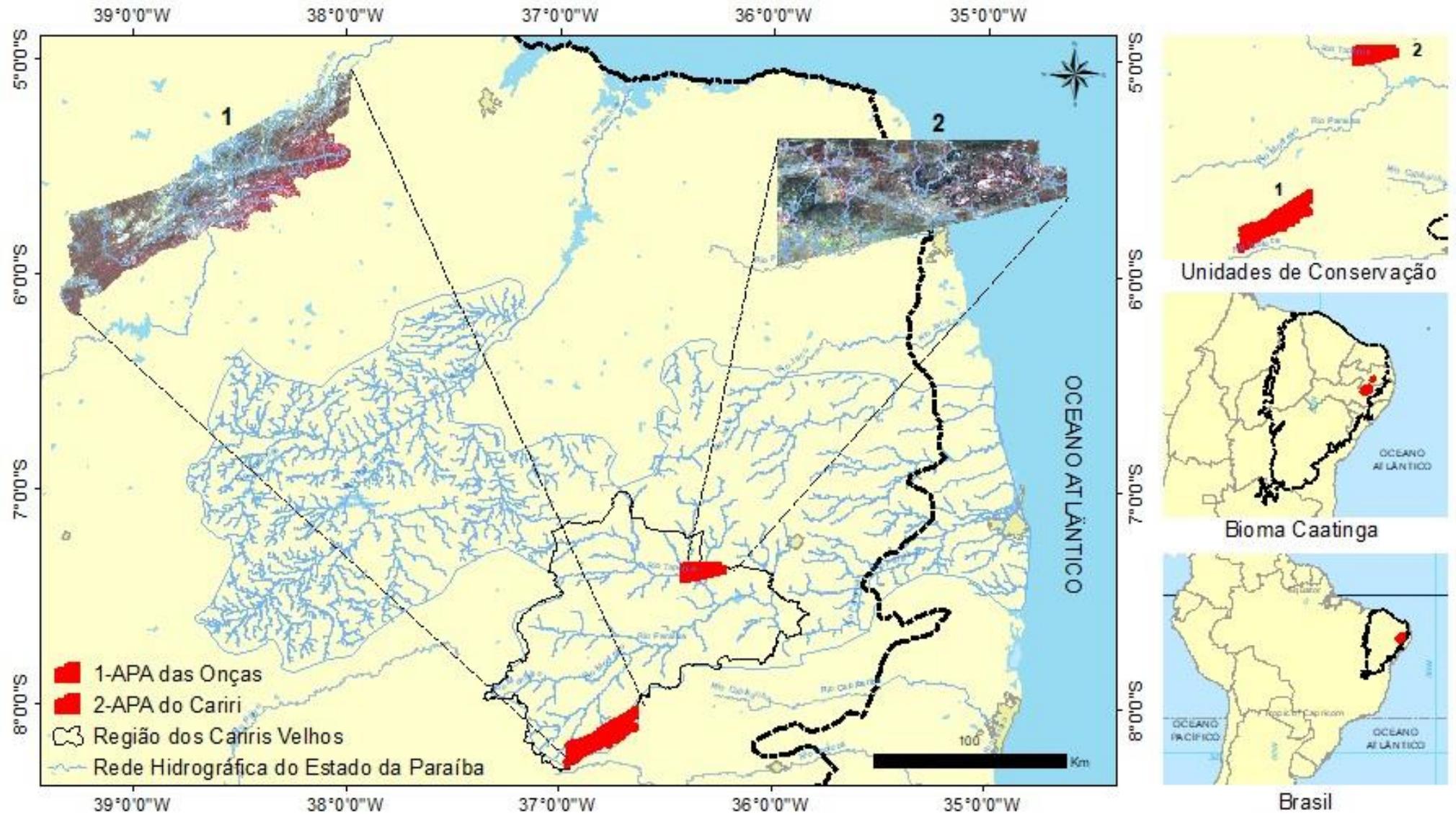


Figura 48. Localização das Unidades de Conservação 1) APA das Onças e 2) APA do Cariri – PB.

É a partir destas características peculiares físicos-naturais que ambas as APAs estudadas aqui estão dispostas, sendo que a APA do Cariri se encontra na região onde o clima predominante é o semiárido seco (INSA, 2014) com médias anuais pluviométricas de 400 a 500mm/ano e temperaturas elevadas ao longo do ano, fazendo desta região, segundo Souza *et al.* (2009) a mais seca do Brasil. Com altitudes que variam de 402 a 627m, os pontos mais elevados desta UC estão localizados na Serra do Caruá e na região do Plutão Bravo (Figura 49).

Nessas duas áreas temos ambientes formados por estreitas faixas de vegetação oriundas de outros biomas de caráter mais úmido, que ficam no entorno dos grandes afloramentos rochosos nas baixas altitudes, rodeados pela presença das Caatingas secas (LUNGUINHO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019b). Do ponto de vista pedológico, conforme o IBGE (2012a), os tipos de solos encontrados na APA do Cariri são o Luvissole Crômico, em grande parte da UC, e o Neossolo Litólico, na região do Plutão Bravo.

Na APA das Onças temos uma variedade maior de climas, sendo o semiárido seco e o semiárido subúmido (Figura 48). Nesta UC, a pluviosidade nas áreas mais baixas e planas são menores que 600mm anuais (clima seco), porém nas áreas mais altas de serras (clima subúmido) o índice pluviométrico pode ultrapassar 1.000 mm ao ano (PORTO *et al.*, 2004).

Segundo Borges *et al.* (2017) no município em que se encontra essa APA (São João do Tigre) a temperatura média anual é de 28°C com amplitude térmica de 10°C, sendo que a menor temperatura média mensal ocorre no mês de julho (18° C) e a maior em dezembro (37° C). Entretanto, nas regiões mais altas das serras essas temperaturas podem até ser menores que 18°C.

As cotas altimétricas variam de 580 a 1.170m, sendo nas áreas mais elevadas (SILVA *et al.*, 2020) onde encontram-se as Áreas de Exceção desta região, compondo Brejos de Altitude (MEDEIROS & CESTARO, 2019).

Os solos são representados por Argissolo Vermelho-Amarelo especificamente na porção sudeste (SE) sobre as serras, Planossolo Nátrico nas áreas planas ao norte (N), Planossolo Háplico ao oeste (O), Luvissole Crômico em pequenas áreas norte (N) e o Neossolo Litólico predominando em quase toda a APA (IBGE, 2012b).

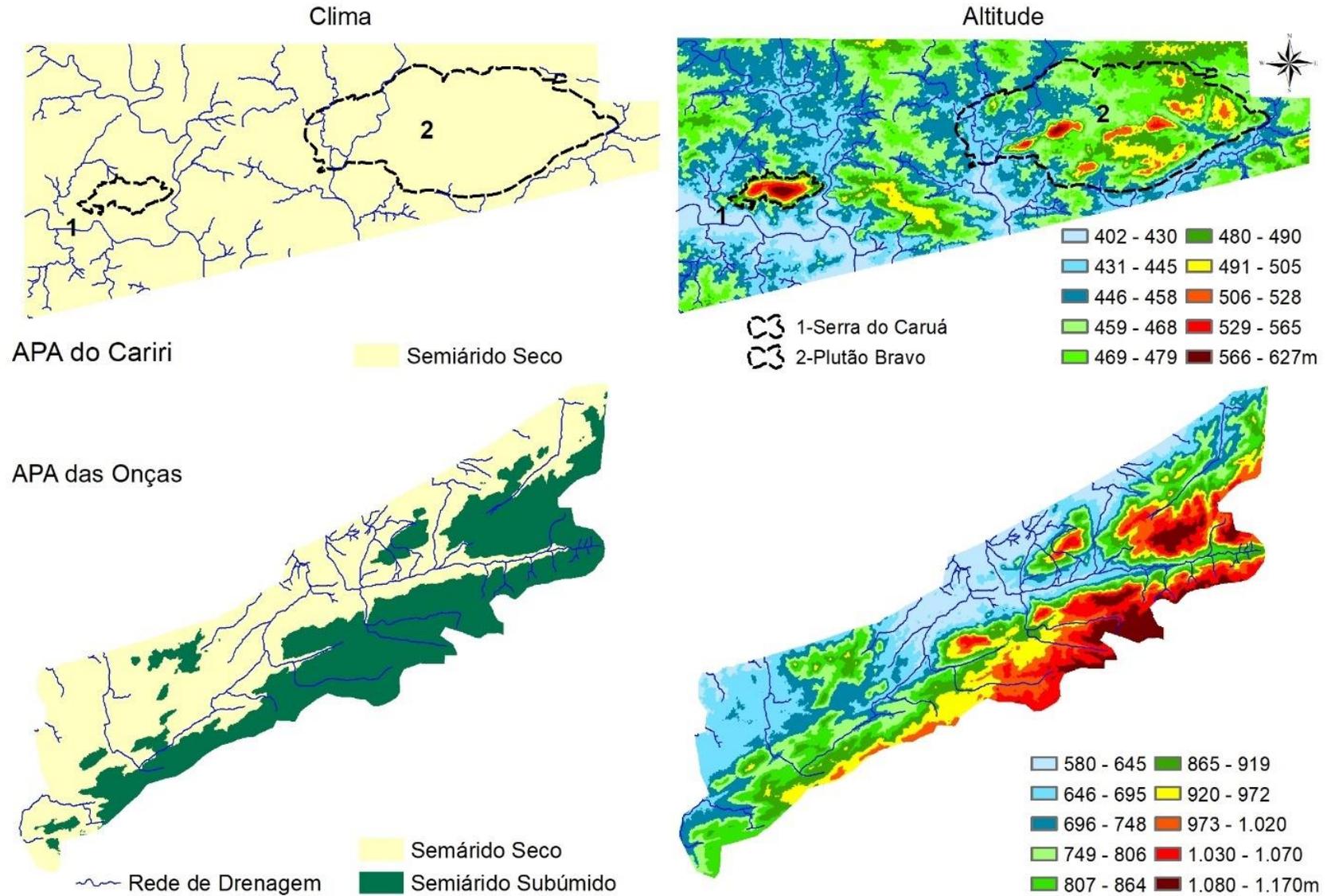


Figura 49. Clima e Altitude da APA do Cariri e das Onças, clima adaptado do INSA, (2014).

### 3.2.2.2 Procedimentos Metodológicos

#### 3.2.2.2.1 Dados das Imagens de Satélite

As imagens que foram utilizadas são produtos do satélite Landsat 8 - Sensor OLI (*Operational Land Imager*) dos meses de abril e outubro para APA do Cariri, e de junho e outubro para a APA das Onças do ano de 2019. Essas imagens foram corrigidas geometricamente no nível 1T (L1T) para todas as bandas multiespectrais, incluindo a banda 10 na região do infravermelho termal, do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), sendo a órbita ponto 215/065 para APA do Cariri e 215/066 para APA das Onças, todas disponibilizadas gratuitamente através do USGS *Earth Explorer*. A escolha dos referidos meses se deu por conta da representatividade que cada um deles tem com relação aos períodos chuvoso e seco que são determinantes nessa região, além de estarem totalmente livres de nuvens, o que é uma situação difícil de se encontrar, principalmente no período chuvoso para esta região do semiárido paraibano.

Na sequência, todas as imagens multiespectrais foram submetidas ao processo de correção radiométrica, sendo carregadas uma a uma no software ENVI 5.3 no formato de arquivo MTL. Em seguida, através da ferramenta *Radiometric Calibration*, aplicou-se o algoritmo de correção simultaneamente para todas as bandas. Após terem sido todas corrigidas radiometricamente, as bandas foram submetidas ao processo de correção atmosférica através da ferramenta *FLAASH Atmospheric Correction* que utiliza o algoritmo de correção *Moderate Resolution Transmission Mode - MODTRAN*. Ainda nesta ferramenta foram ajustados alguns parâmetros como: tipo de sensor, no caso o OLI e para o modelo atmosférico definiu-se a categoria *Tropical*; já no modelo de aerossol a categoria utilizada foi a *Rural; 2-band (K-T)* para a recuperação de aerossol e a visibilidade inicial de 30 km.

A próxima etapa foi realizar a normalização das imagens corrigidas atmosféricamente, que equilibra automaticamente os níveis cinza de cada pixel através da aplicação de uma função gaussiana, a partir da ferramenta *Band Math*, ainda no software ENVI 5.3.

#### 3.2.2.2.2 Temperatura de Superfície (TS)

Para obtenção da temperatura de superfície terrestre (TS) foi utilizada a banda do infravermelho termal - banda 10 (B10) do sensor TIRS com intervalo espectral de 10.6 - 11.19 $\mu$ m de ambos os meses representando os dois períodos (chuvoso e seco).

Para obtenção dos valores de temperatura foram necessárias 3 etapas importantes: a primeira consiste na conversão dos níveis de cinza da banda do termal em radiância espectral, desenvolvido através da seguinte equação (eq.1).

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) * (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min\lambda} \quad \text{eq. 1}$$

onde:

$L_{\lambda}$  = radiância espectral ( $W/ m^2 sr^1 \cdot \mu m^1$ )

$Q_{cal}$  = valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

$Q_{cal\ min}$  = valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN= 1)

$Q_{cal\ max}$  = valor máximo do pixel em níveis de cinza (DN= 255)

$L_{min\lambda}$  = radiância espectral mínima ( $1.238 W/ m^2 sr^1 \mu m^1$ )

$L_{max\lambda}$  = radiância espectral máxima ( $15.303 W/ m^2 sr^1 \mu m^1$ )

Na segunda etapa, os valores de radiância são transformados em temperatura, que é representada em graus Kelvin (K) e consiste na seguinte equação (eq.2).

$$TS = \frac{K_2}{\ln(K_1/L_{\lambda} + 1)} \quad \text{eq. 2}$$

onde:

TS = temperatura de superfície

$\ln$  = constante da equação

$L_{\lambda}$  = radiância espectral (Resultado da eq.2)

$K_1$  = constante de calibração 1 ( $607.76 W/ m^2 sr^1 \mu m^1$ )

$K_2$  = constante de calibração 2 ( $1260.56 W/ m^2 sr^1 \mu m^1$ )

As constantes de calibração ( $K_1$  e  $K_2$ ) utilizadas foram obtidas no arquivo de metadados (MTL) contido no pacote de informações junto as bandas via o *download* das imagens no site do USGS.

A terceira e última etapa é a conversão do TS que apresenta seus valores de temperatura em graus Kelvin (K) para graus Celsius ( $^{\circ}C$ ), sendo obtida a partir da seguinte expressão (exp.1).

$$TS_{^{\circ}C} = TS_K - 273.15 \quad \text{exp. 1}$$

onde:

TS °C = temperatura de superfície (Celsius)

TS K = temperatura de superfície Kelvin (Resultante da eq.2)

273.15 = temperatura equivalente a 0 em graus Celsius

### 3.2.2.2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

O índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) foi proposto por Rouse *et al.* (1973) e foi obtido por meio da equação abaixo (eq. 3):

$$IVDN = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \text{eq. 3}$$

onde:

$\rho_{NIR}$  = reflectância no infravermelho próximo

$\rho_{RED}$  = reflectância no vermelho

Os valores variam de -1, que significa ausência de vegetação, e 1, com presença máxima de vegetação.

Foram utilizadas as bandas do vermelho (B4) e do infravermelho próximo (B5) corrigidas de ambos os meses (abril junho e outubro de 2019), submetidas ao software *ArcGis 10.5* e aplicada a equação (eq. 3) através das ferramentas *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator*.

### 3.2.2.2.4 Índice de Umidade Superficial do Solo (IUSS)

O índice de umidade superficial do solo (IUSS) foi proposto por Zhan *et al.* (2004) e ajustado por Wang *et al.* (2010) para regiões semiáridas na China e adaptado por Lopes *et al.* (2011) para o semiárido brasileiro na região do Seridó (RN), levando em consideração a relação entre os parâmetros bio e geofísicos resultantes da TS e o IVDN, consistindo em três etapas.

A primeira consiste na aplicação do cálculo do IUSS para os valores obtidos a partir do TS (ZHAN *et al.*, 2004; LOPES *et al.*, 2011), conforme a equação 4 (eq.4).

$$IUSS_{TS} = \frac{TS_{\max} - TS}{TS_{\max} - TS_{\min}} \quad \text{eq.4}$$

onde:

IUSSTS = índice de umidade calculada diretamente do TS

TS = temperatura de superfície

TSmin = valor mínimo de TS

TSmax = valor máximo de TS

Em seguida, aplica-se o cálculo de IUSS ajustado para o IVDN (WANG *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011) de acordo com equação 5 (eq.5).

$$IUSS_{IVDN} = 1 - \left( \frac{IVDN_{max} - IVDN}{IVDN_{max} - IVDN_{min}} \right) \quad \text{eq.5}$$

onde:

IUSSIVDN = índice de umidade calculado diretamente do IVDN

IVDN = índice de vegetação por diferença normalizada

IVDNmin = valor mínimo de IVDN

IVDNImax = valor máximo de IVDN

A constante 1 refere-se à inversão dos valores pois, quanto maior o valor do IVDN, maior também o índice de umidade da superfície (WANG *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011).

E por fim, aplica-se o último cálculo para se obter o IUSS final (LOPES *et al.*, 2011), no qual utilizou o IUSS médio gerado a partir da relação entre o IUSSTS e IUSSIVDN, conforme demonstra a equação 6 (eq.6).

$$IUSS = \frac{IUSS_{TS} + IUSS_{IVDN}}{2} \quad \text{eq.6}$$

sendo:

IUSS = índice de umidade de superfície do solo

IUSSTS = índice de umidade calculado diretamente do TS

IUSSIVDN = índice de umidade calculado diretamente do IVDN

O IUSS final apresentará valores que variam de 0 para superfícies mais secas e 1 para superfícies mais úmidas (ZHAN *et al.*, 2004; WANG *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2022).

Todos os cálculos desta etapa também foram executados no software *ArcGis 10.5* através das ferramentas *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator*.

### 3.2.2.2.5 Pontos Amostrais e as Áreas Incomuns entre os Períodos

Os pontos amostrais foram criados a partir de pontos reais coletados em campo utilizando receptor GNSS nas duas APAS, além de pontos obtidos através das imagens de satélite de ambos os períodos (chuvoso e seco), em duas classes analisadas: 1) as Áreas Desertificadas e 2) Áreas Preservadas. Para a APA do Cariri foram utilizados um total de 50 pontos e para a APA das Onças 100 pontos amostrais, todos no formato *Shapefile* (SHP), conforme o Quadro 3.

Quadro3. Pontos amostrais.

APA	Ponto Áreas Desertificadas		Ponto Áreas Preservadas		Total
Cariri	10 - GNSS	15 - Imagem	10 - GNSS	15 Imagem	50
Onças	10 - GNSS	40 - Imagem	10 - GNSS	40 Imagem	100

A definição das áreas em comum entre os períodos chuvoso e seco foi desenvolvida a partir da combinação das áreas similares entre os níveis de IUSS com os pontos amostrais. Primeiramente foram identificadas as áreas que não apresentaram a presença dos pontos amostrais entre ambos os períodos e na sequencia foram excluídas a partir da tabela de atributos contida em cada mapeamento de IUSS. Já as áreas que apresentaram a presença dos pontos amostrais de ambos os períodos, foram unidas a partir das ferramentas *Editor - Merge* – no formato *Shapefile* (SHP) através do software *ArcGis 10.5*.

## 3.2.3 Resultados e Discussão

### 3.2.3.1 Temperatura de Superfície (TS) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

O primeiro resultado obtido foi a temperatura de superfície (Figura 50) de ambas as APAs.

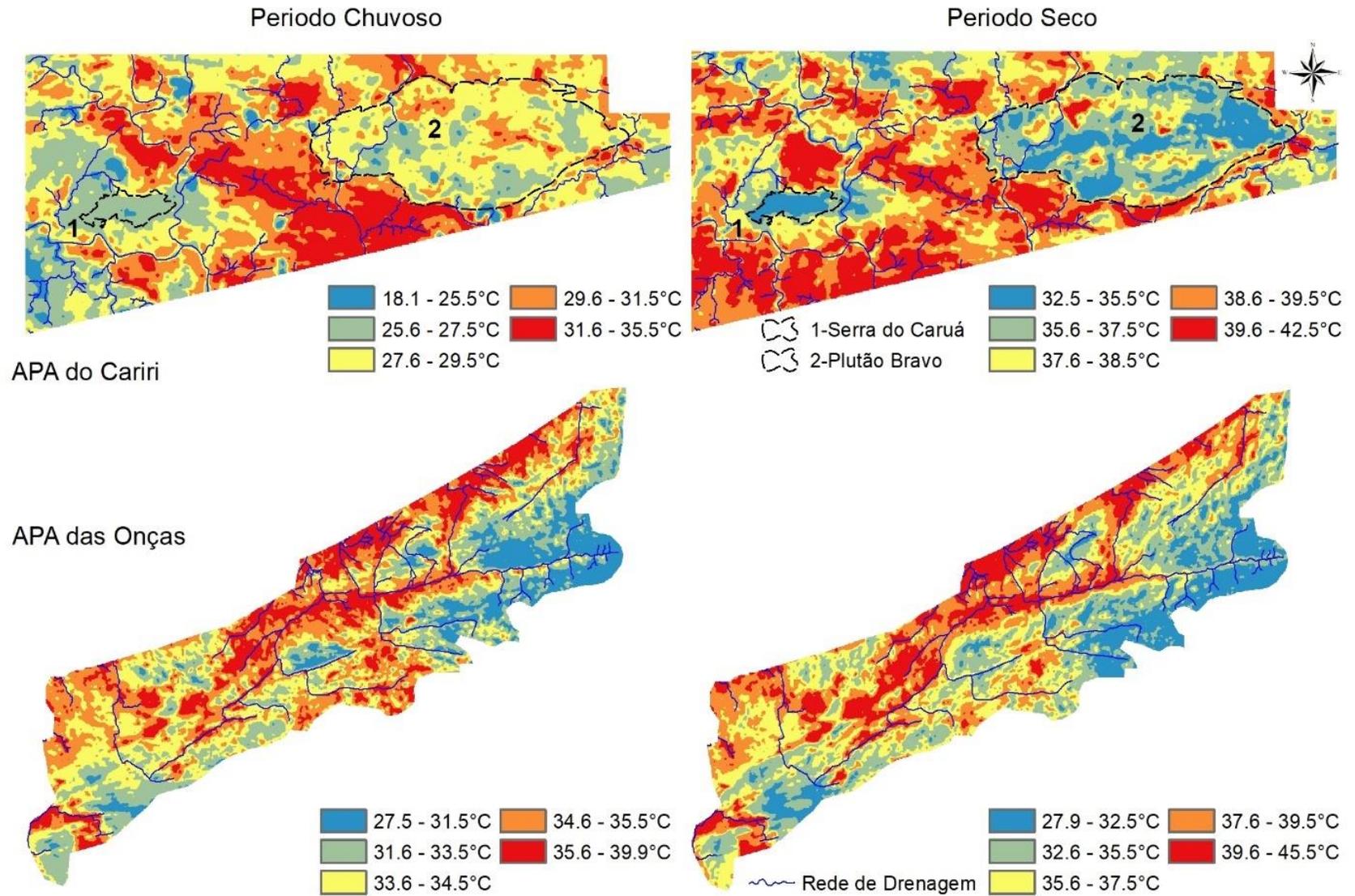


Figura 50. Temperatura de Superfície - TS.

Na APA do Cariri a TS apresentou o valor mínimo de 18.1°C e máximo de 35.5°C no período chuvoso, e no seco as temperaturas de superfícies foram bem mais elevadas com mínimas de 32,5°C e com máximas de 42.5°C. Na APA das Onças o valor mínimo registrado no período chuvoso foi de 27,5°C e tendo como máxima 39,9°C. No período seco o valor mínimo foi bem similar ao da estação chuvosa, em torno de 27.9°C. Já na estação seca os valores máximos foram mais elevados, chegando a atingir a 45.5°C. Ao comparar os valores gerais de TS entre as duas UCs, nota-se que a APA das Onças tem TS bem maiores em ambos os períodos.

O IVDN (Figura 51) indicando os valores de biomassa, apresentou para ambas as APAs os valores que foram de -1 (ausência total de vegetação) até o máximo 1, na estação chuvosa. Na estação seca, os valores de mínimos de biomassa identificados na APA do Cariri foram de -0.285 e máximos de 0.935, enquanto na APA das Onças os valores foram de -0.147 (mínimo) e de 0.957 (máximo) de biomassa.

Os altos valores de biomassa no período chuvoso tendem a ser mais comuns devido a maior disponibilidade hídrica para as plantas de espécies caducifólias e xerófilas da Caatinga. Por outro lado, os altos valores de biomassa encontrados no período seco são exclusivos das Áreas de Exceção de ambas as APAs. Nesse caso, na APA do Cariri as Áreas de Exceção se mantem devido aos grandes afloramentos rochosos que permitem que as águas das chuvas escoem por elas e se acumulem no solo entre um afloramento e outro.

Devido as grandes estruturas dos afloramentos, estes acabam por impedir que a umidade seja dissipada pelo calor durante o período de estiagem, interagindo com outras variáveis que permitem a sustentação desses ambientes mais úmidos com vegetação perene praticamente o ano todo (LUNGUINHO *et al.*, 2015). Na APA das Onças os altos valores de biomassa das Áreas de Exceção no período seco, estão relacionadas principalmente as elevadas altitudes e a maior pluviosidade disponível acima da média dominante nessa região dos Cariris Velhos (ARAÚJO *et al.*, 2021).

### **3.2.3.2 Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS na identificação das Áreas Desertificadas e Preservadas**

O IUSS das duas UC's variou de 0.0 para as áreas mais secas e 1.0 para áreas que concentram mais umidade superficial (Figura 52), conforme os limiares estabelecidos por Lopes *et al.* (2011). Na sequência, foram comparados também os níveis de IUSS, TS e IVDN com os pontos inseridos de áreas desertificadas e preservadas do período chuvoso e seco das duas APAs.

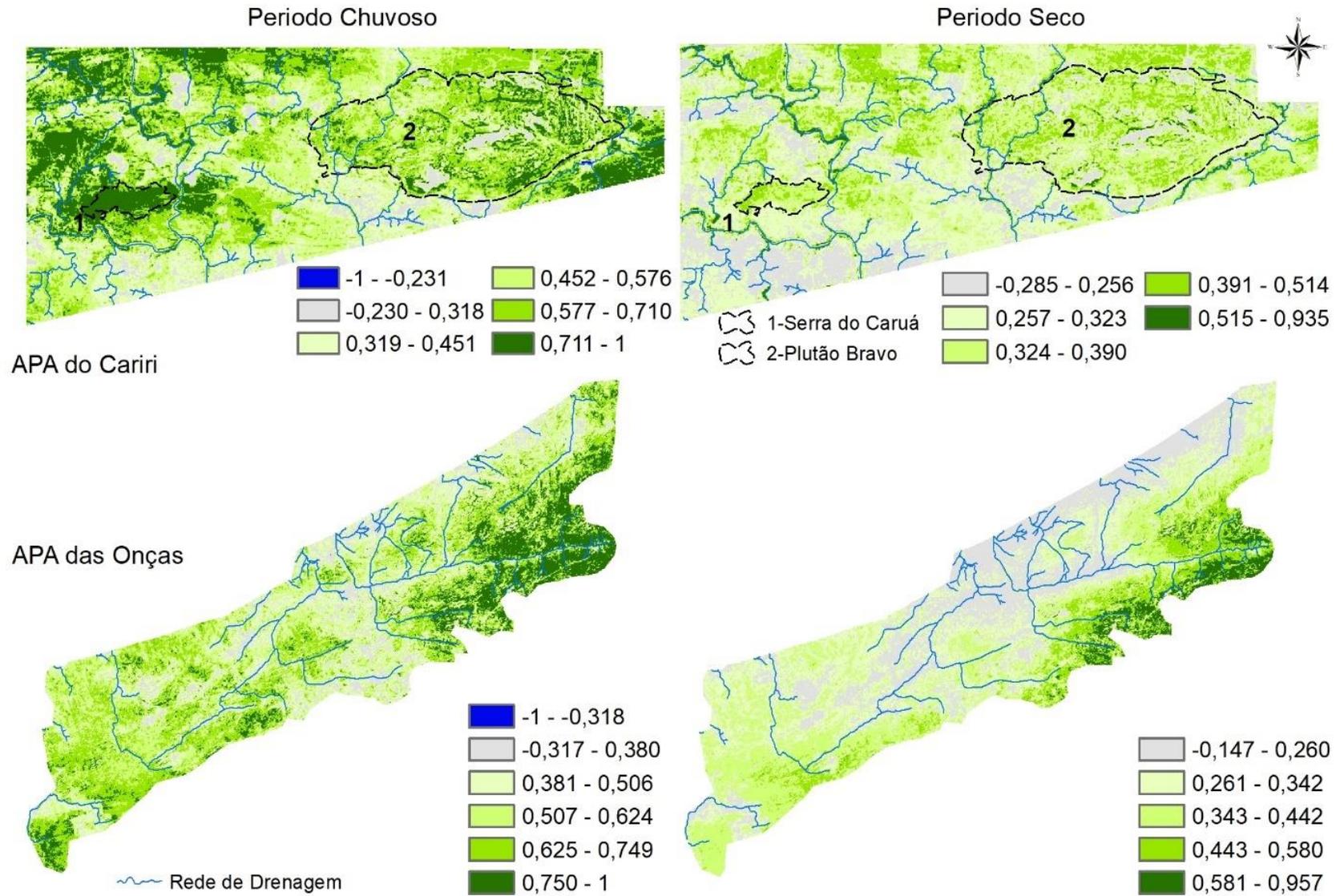


Figura 51. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN.

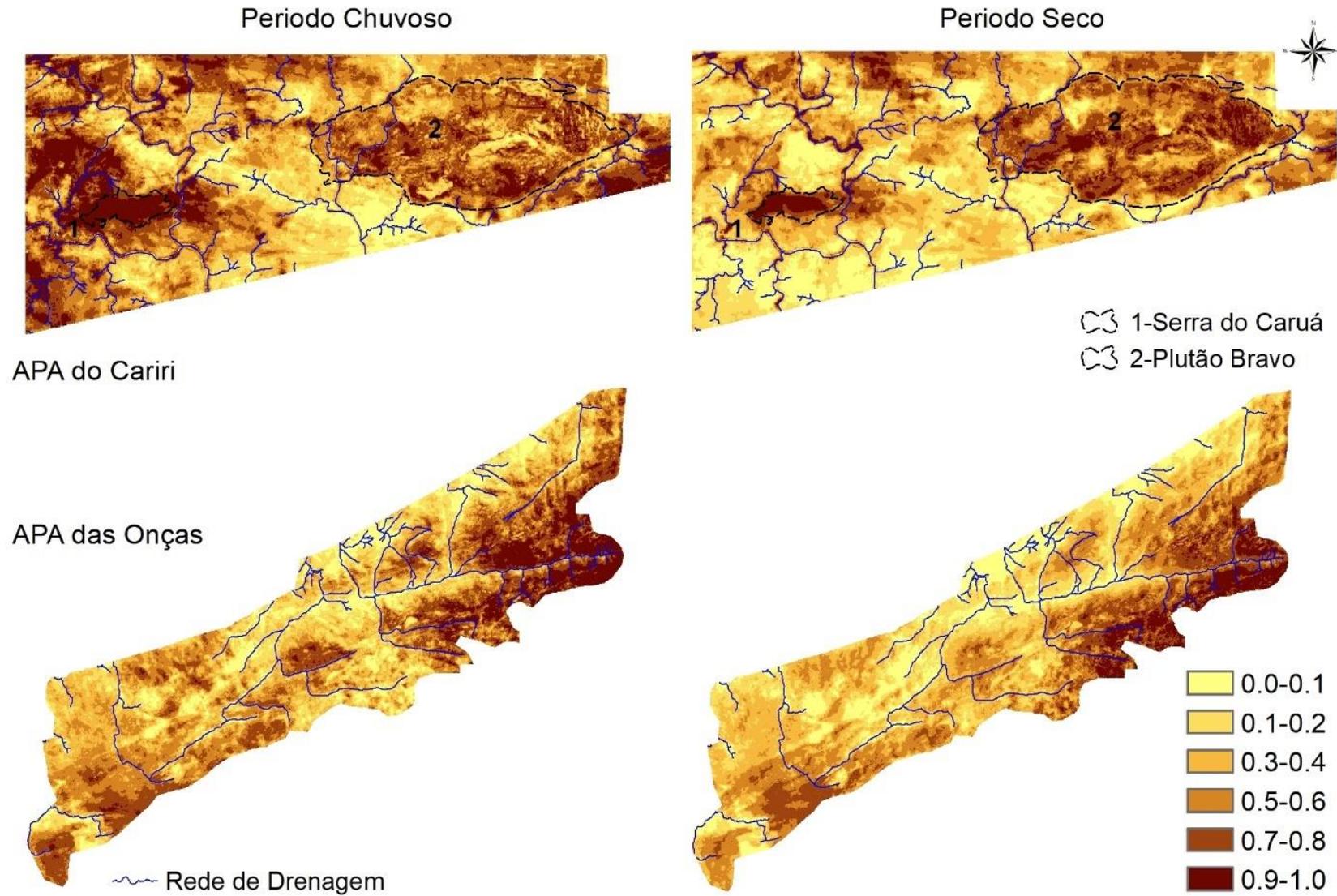


Figura 52. Índice de Umidade Superficial do Solo – IUSS na APA do Cariri e das Onças.

Primeiramente ao analisar os 25 pontos amostrais utilizados na APA do Cariri referentes as áreas desertificadas, constatou-se que todos eles estão entre os níveis de IUSS de 0.0 – 0.1 e 0.1 – 0.2, considerados como as áreas mais secas (LOPES *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2022) em ambos os períodos (chuvoso e seco). A Figura 53 representa as áreas similares com os menores níveis de IUSS, resultante da sobreposição entre os períodos.

Dentre os 25 pontos amostrais de área desertificada, verificou-se que 19 deles estiveram no nível de IUSS de 0.0 – 0.1, apresentando TS elevada, variando de 31.6 a 35.5°C no período chuvoso, com os valores de IVDN sendo os mais baixos de -0.230 – 0.318. Já na estação seca todos os 25 pontos foram identificados nesse mesmo nível de IUSS, com TS de 38.6 a 42.5°C e IVDN de -0.285 – 0.256, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3. Relação dos pontos das áreas desertificadas da APA do Cariri.

Pontos	Chuvoso			Pontos	Seco		
	IUSS	TS	IVDN		IUSS	TS	IVDN
19	0.0 – 0.1	31.6 a 35.5°C	-0.230 – 0.318	25	0.0 – 0.1	38.6 a 42.5°C	-0.285 – 0.256
6	0.1 – 0.2	27.6 a 31.5°C	0.319 – 0.451	0	0.1 – 0.2	0	0

No nível 0.1 – 0.2 de IUSS os pontos foram identificados apenas na época chuvosa, totalizando 6, com TS entre 27.6 e 31.5°C e com a presença do IVDN um pouco mais elevadas (0.319 – 0.451).

Nesses níveis, considerados os mais secos de IUSS da APA do Cariri, todos os pontos de áreas desertificadas apresentaram valores muito baixos ou até inexistentes de presença de biomassa e com os valores mais elevados de TS como características, resultado esse que também foi constatado por Silva *et al.* (2022) para esta UC. São nessas áreas que se encontram a maior parte dos processos de degradação, principalmente os relacionados a vegetação e o solo e que são bem próximas a rede de drenagem. Trata-se de áreas já bastantes antropizadas, planas e semiplanas com um longo histórico de uso da terra (TRAVASSO & SOUZA, 2014a; SOUZA & SOUZA, 2016; SILVA *et al.*, 2019b; LEMOS *et al.*, 2020) e de manejos inadequados, o que desencadeou uma série de processos de degradação, principalmente a desertificação em diferentes estágios.

Os pontos amostrais das áreas preservadas foram identificados especificamente nos maiores níveis de IUSS de 0.7 – 0.8 e 0.9 – 1.0 na APA do Cariri, concentrados em duas localidades diferenciadas, que são a Serra do Caruá e o Plutão Bravo, onde também foram obtidas as áreas similares entre os períodos analisados (Figura 54).

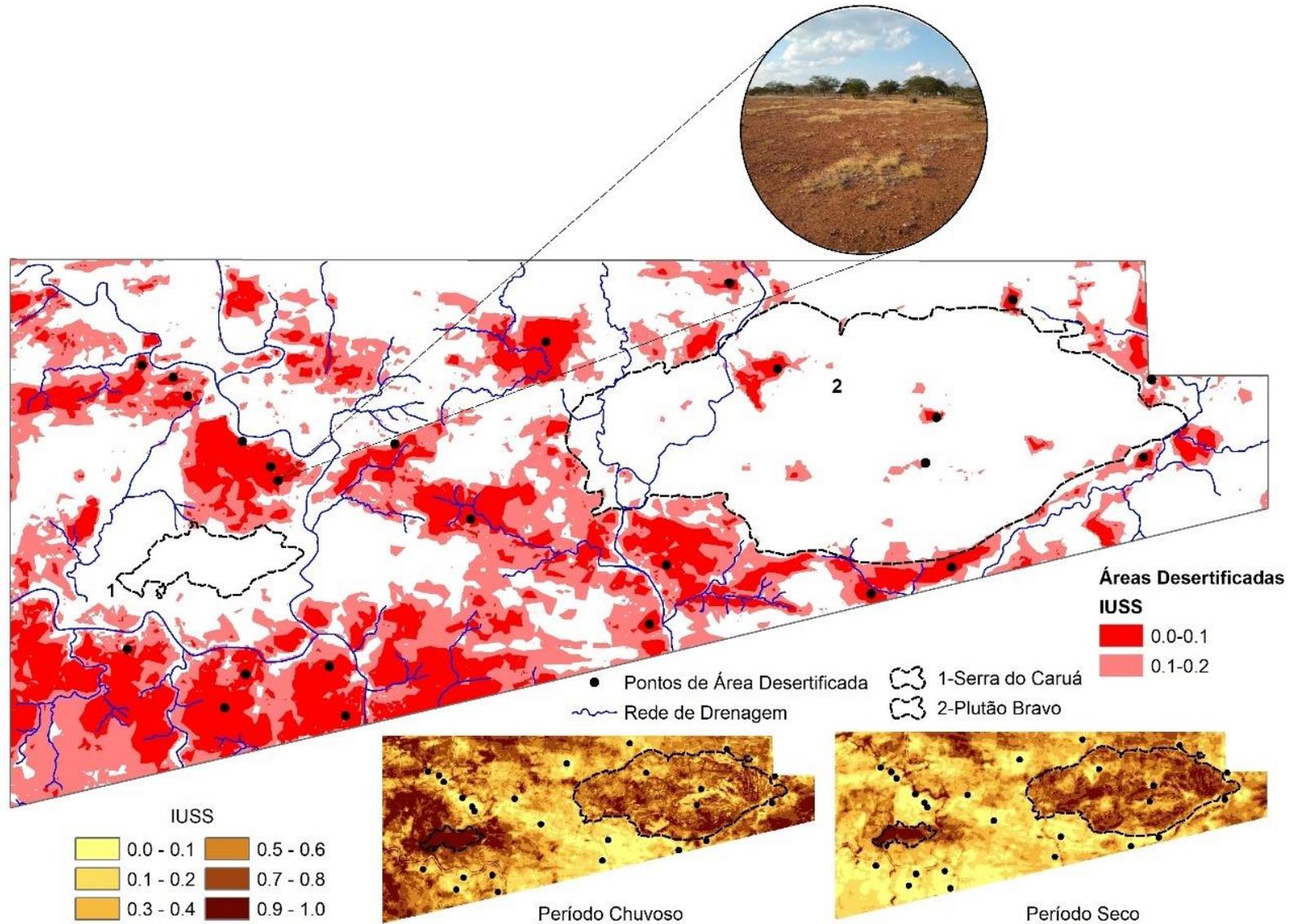


Figura 53. Áreas similares com os menores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de desertificação observados *in loco* na APA do Cariri.

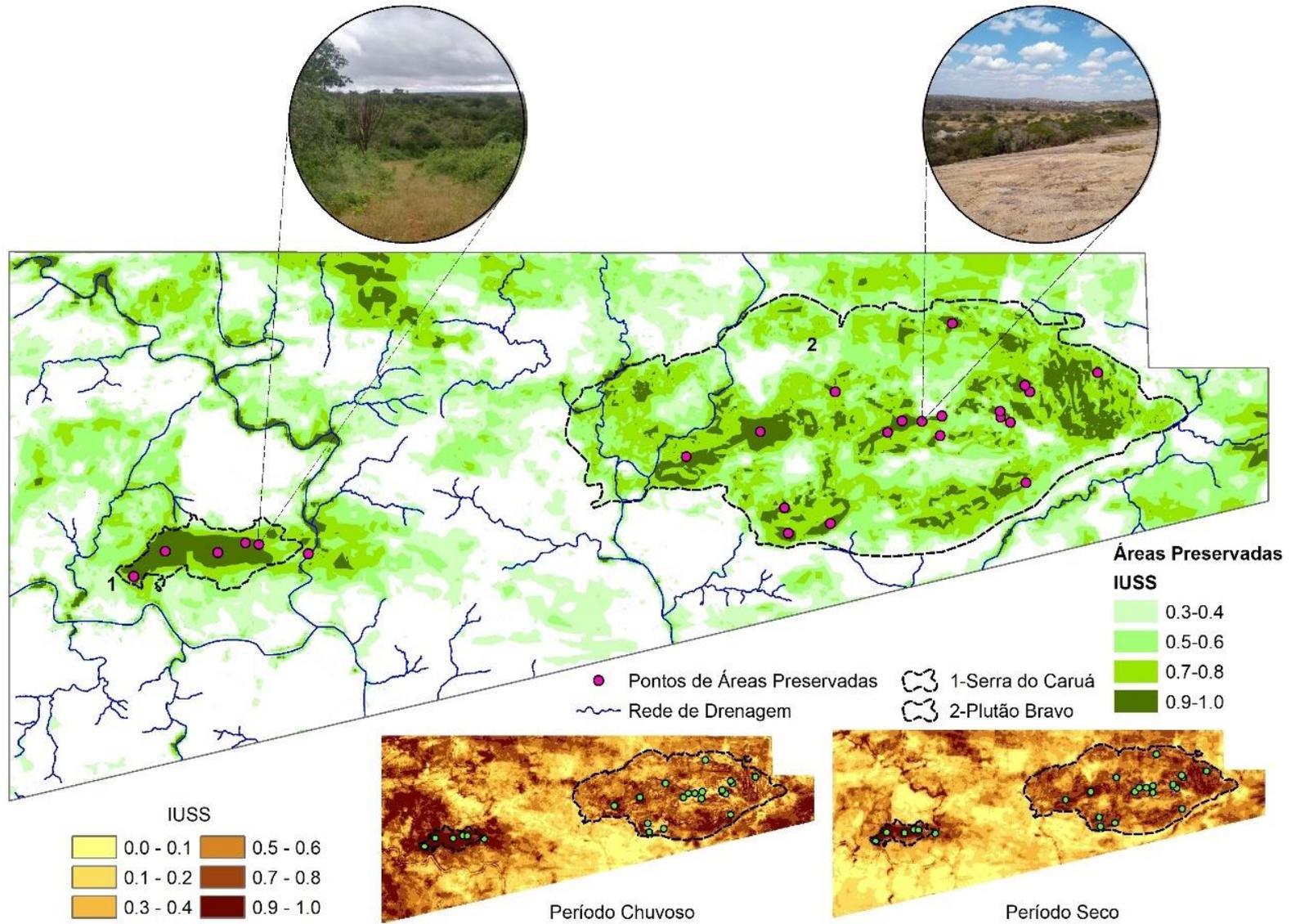


Figura 54. Áreas similares com os maiores níveis de IUISS entre os períodos e os pontos de vegetação preservada na APA do Cariri.

Nos 25 pontos de áreas preservadas analisados o IUSS foi elevado. Dentre os níveis de 0.7 – 0.8 a TS identificada foi de 27.6 a 31.5°C, valores esses considerados medianos, e com o IVDN variando de 0.577 a 1 no período chuvoso. Já no seco, a TS variou de 32.5 a 35.5°C, e o IVDN entre 0.324 – 0.514, sendo identificados 8 pontos no período chuvoso e 2 no seco, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Relação dos pontos das áreas preservadas na APA do Cariri.

Chuvoso				Seco			
Pontos	IUSS	TS	IVDN	Pontos	IUSS	TS	IVDN
8	0.7 – 0.8	27.6 a 31.5°C	0.577 - 1	2	0.7 – 0.8	32.5 a 35.5°C	0.324 – 0.514
17	0.9 – 1.0	25.6 a 29.5°C	0.711 – 1	23	0.9 – 1.0	32.5 a 37.5°C	0.391 – 0.935

Nos níveis de 0.9 – 1.0 de IUSS, a TS na estação chuvosa foi de 25.6 a 29.5°C e o IVDN com valores considerados alto, sendo de 0.711 – 1 localizados em 17 pontos, enquanto na estação seca a TS foi de 32.5 a 37.5°C, com IVDN variando também até o máximo (0.391 – 0.935), com 23 pontos identificados neste período. Os números maiores de pontos neste nível no período seco são identificados principalmente na região do Plutão Bravo, onde estão localizadas as Áreas e Exceção (MELLO NETO *et al.*, 1985; MELO, 1988) da APA do Cariri entre os lajedos, onde temos representantes de uma flora composta por espécies de outros biomas mais úmidos como Amazonia, Cerrado e Mata Atlântica (LUNGUINHO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2019b).

Para a APA das Onças também foram aplicados os mesmos critérios e roteiros de análise que foi utilizado na APA do Cariri. Ao analisarmos os 50 pontos amostrais de área desertificada, junto as áreas similares entre o período chuvoso e o seco dessa UC, pôde se observar que todos estes pontos estiveram nos níveis mais baixos de IUSS (0.0 – 0.1 e 0.1 – 0.2 (Figura 55).

O nível de 0.0 - 0.1 apresentou no período chuvoso 48 pontos com TS de 34.6 a 39.9°C e IVDN com valores de -0.317 – 0.506. Já no período seco, a TS foi de 37.6 a 45.5°C, sendo as temperaturas mais elevadas mapeadas e o IVDN de -0.147 – 0.260 (mais baixo) com 44 dos 50 pontos amostrais. No nível 0.1 – 0.2 a TS registrada foi de 33.6 a 39.9°C e o IVDN de -0.317 – 0.506 com 2 pontos de áreas desertificadas no período chuvoso. No seco, a TS foi de 37.6 a 39.5°C e o IVDN de 0.147 – 0.260 com a presença de 5 pontos amostrais conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Relação dos pontos das áreas desertificadas da APA das Onças.

Chuvoso				Seco			
Pontos	IUSS	TS	IVDN	Pontos	IUSS	TS	IVDN
48	0.0 – 0.1	34.6 a 39.9°C	-0.317 – 0.506	44	0.0 – 0.1	37.6 a 45.5°C	-0.147 – 0.260
2	0.1 – 0.2	33.6 a 39.9°C	-0.317 – 0.506	5	0.1 – 0.2	37.6 a 39.5°C	-0.147 – 0.260

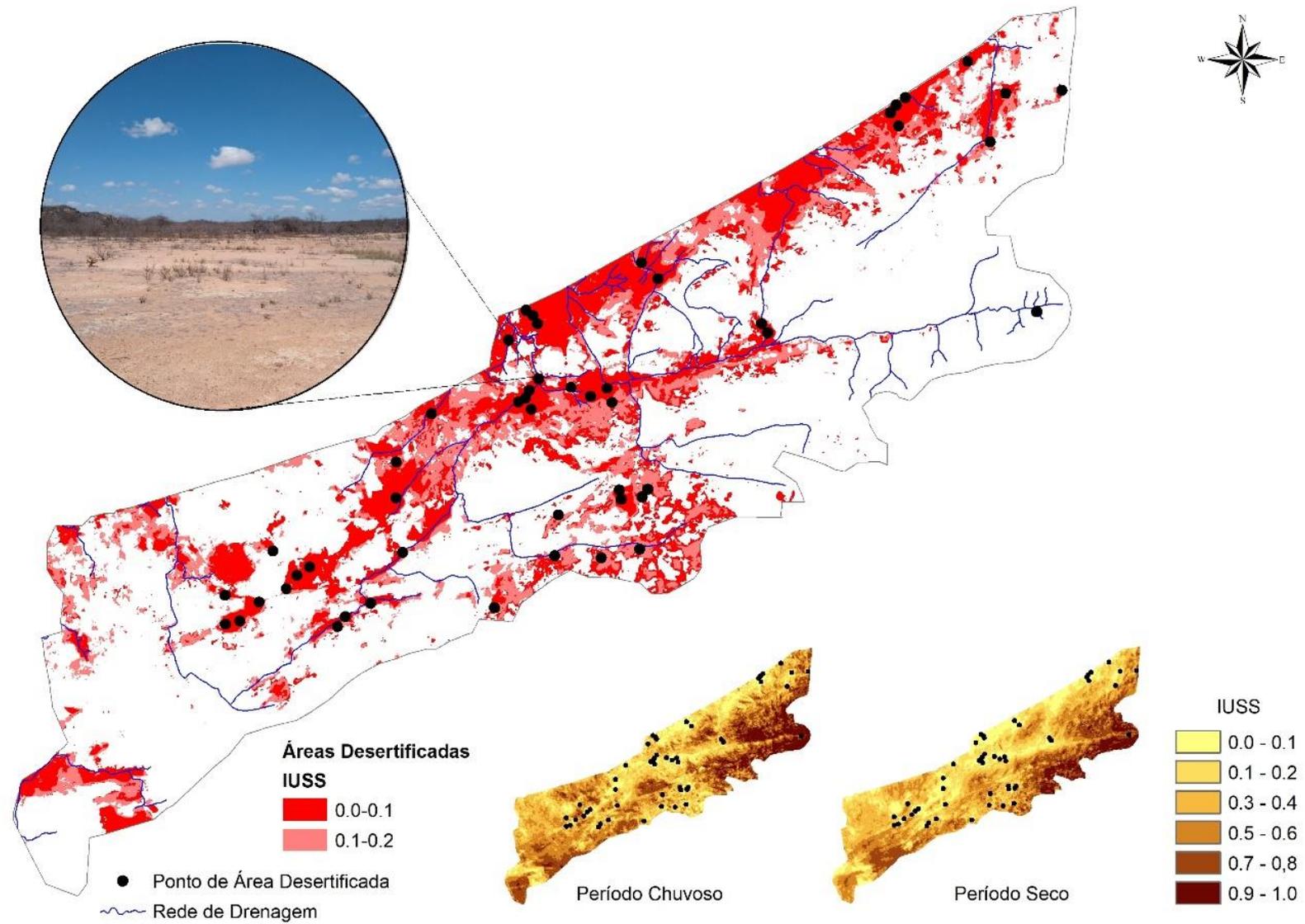


Figura 55. Áreas similares com os menores níveis de IUSS entre os períodos e os pontos de desertificação na APA das Onças.

Na APA das Onças as áreas com baixos níveis de IUSS (0.0 a 0.2) estão espalhadas em praticamente toda a UC e podem ser relacionadas também as áreas em diferentes estágios de degradação inclusive de desertificação. Estão presentes nas áreas de altitude mais baixa que vão do centro ao norte (N) e do nordeste (NE) da APA, onde o clima semiárido é mais comum e predominante. Já nas altitudes elevadas sobre as serras de clima úmido, essas áreas degradadas também foram identificadas em regiões mais planas e semiplanas especificamente no sul (S) e sudoeste (SO). São regiões onde as formas de uso da terra são mais constantes e intensas principalmente impulsionadas pelas criações de bovinos.

Ao analisar a relação dos pontos amostrais de áreas preservadas e as áreas similares entre os períodos chuvoso e seco na APA das Onças, estas demonstraram uma relação que variou a partir dos níveis médios (0.3-0.4) até os mais elevados (0.9-1.0) de IUSS (Figura 56).

Nos níveis de IUSS de 0.3 a 0.6 foram identificados 9 pontos e apenas no período seco, com TS variando de 32.6 a 39.5°C e IVDN de 0.261 – 0.442 conforme demonstra a Tabela 6. No período chuvoso identificamos os níveis de 0.7 – 0.8 de IUSS, tendo como resultantes dessa mudança um aumento na TS e uma redução no IVDN desses pontos nessa estação.

Tabela 6. Relação dos pontos das áreas preservadas na APA das Onças.

Pontos	Chuvoso			Seco			
	IUSS	TS	IVDN	Pontos	IUSS	TS	IVDN
0	0.3 a 0.6	-	-	9	0.3 a 0.6	32.6 a 39.5°C	0.261 – 0.442
19	0.7 – 0.8	27.5 a 34.5°C	0.617 – 1	17	0.7 – 0.8	27.9 a 35.6°C	0.343 – 0.957
31	0.9 – 1.0	27.5 a 33.6°C	0.750 – 1	25	0.9 – 1.0	27.9 a 35.6°C	0.443 – 0.957

Nos níveis de IUSS entre 0.7 – 0.8 a TS registrou valores 27.5 a 34.5°C no período chuvoso e com IVDN de 0.617 – 1 em 19 pontos. E com TS de 27.9 a 35.6°C e o IVDN variando de 0.343 – 0.957 em 17 pontos na estação seca. Entre o nível 0.9 – 1.0 de IUSS a TS no período chuvoso foi de 27.5 a 33.6°C e o IVDN que registrou o nível máximo de biomassa sendo de 0.750 – 1 com presença em 31 pontos amostrais. E no período seco a TS variou de 27.9 a 35.6°C, tendo o IVDN de 0.443 – 0.957 o valor mais elevado registrado de biomassa com 25 pontos amostrais.

Os pontos amostrais de áreas preservadas para esta APA estão relacionados principalmente com as regiões onde a vegetação não sofreu grandes modificações pelas ações antrópicas, como as áreas de Caatinga Arbustiva Fechada que se encontram ao longo das vertentes inclinadas da serra onde prevaleceram os níveis IUSS de 0.3 a 0.6 e sobre os planaltos das altitudes mais elevadas das serras onde temos as Áreas de Exceção compondo os Brejos de Altitude (MELLO NETO *et al.*, 1985; MELO, 1988), e que se mantém em grande parte da região em bom estágio de preservação com um elevado nível de IUSS (0.7 a 1.0).

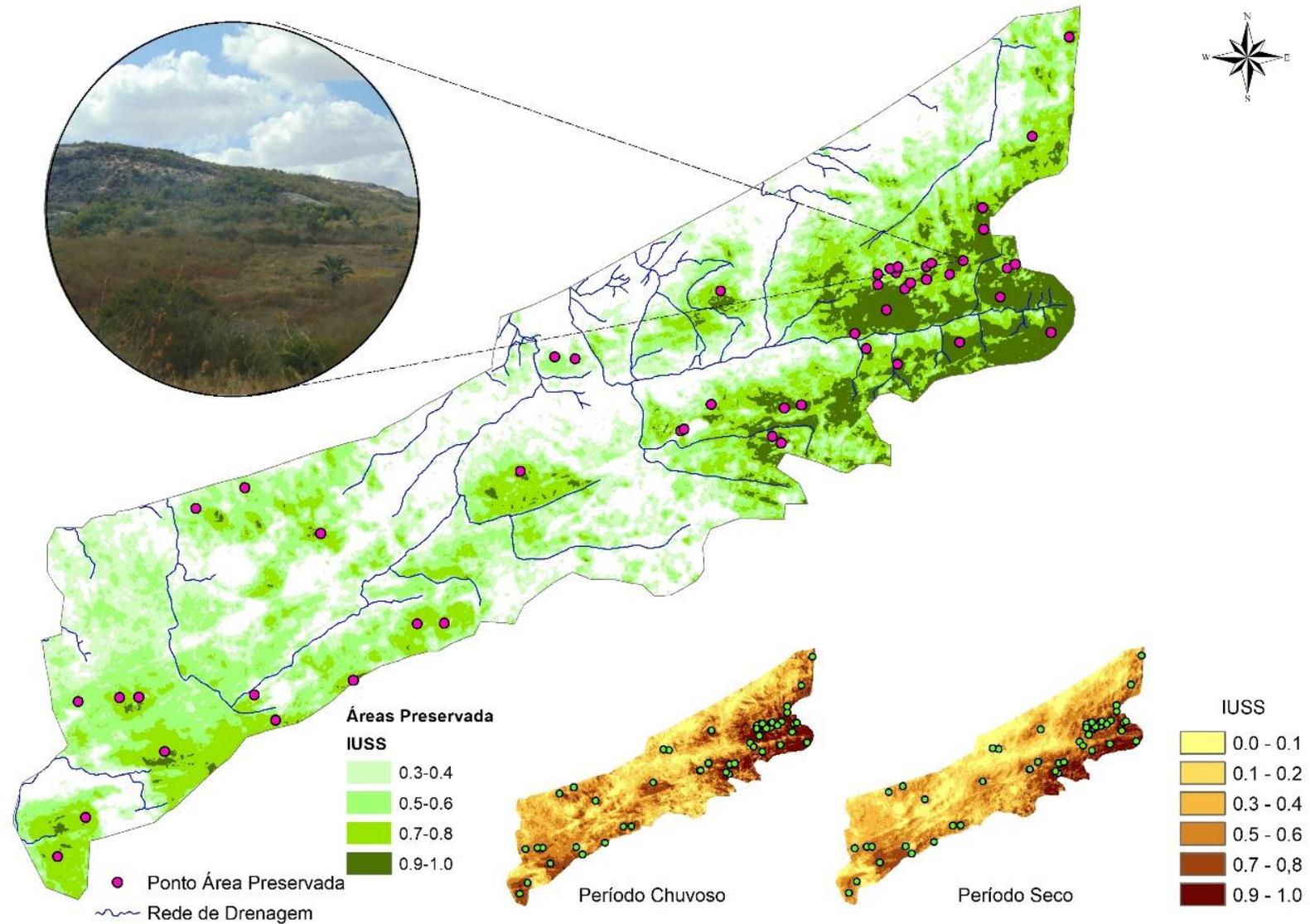


Figura 56. Áreas similares com os maiores níveis de IUS entre os períodos e os pontos de vegetação preservada na APA das Onças.

Nessas áreas o uso da terra de forma mais intensa é reduzido devido as inclinações elevadas das vertentes, o que impede que atividades mais impactantes sejam desenvolvidas.

Observamos então que em ambas as APAs os pontos amostrais de áreas desertificadas estiveram entre os níveis mais baixos de IUSS (0.0 a 0.2) e possuem praticamente as mesmas características relacionadas a TS, sendo o primeiro e o segundo dos valores mais elevados registrados nos períodos chuvoso e seco, com o IVDN apresentando os valores mais baixos de biomassa mesmo no período chuvoso, quando a disponibilidade hídrica é maior.

Já os pontos amostrais de áreas preservadas de ambas as APA apresentaram características e comportamentos diferentes uma da outra. Na APA do Cariri os pontos foram identificados apenas nos níveis mais elevados de IUSS (0.7 a 1.0) com os valores de TS considerados intermediários no período chuvoso (25.6 a 31.5°C) e no período seco com os valores registrados de 32.5 a 37.5°C, podendo ser considerado esses números como os menores para este período (onde as máximas são superiores a 42.0°C) encontrados especificamente nos pontos de Caatinga Arbustiva Fechada e Áreas de Exceção.

Na APA das Onças nos pontos de áreas preservadas a TS apresentou valores mínimos bem semelhantes em ambos os períodos de 27.5°C a 34.5°C (chuvoso) e 27.9°C a 35.6 °C (seco) principalmente nas Áreas de Exceção, diferente da APA do Cariri onde todos os pontos apontaram temperaturas de 32.5 e 37.5°C no período seco. Ou seja, na APA das Onças as TS das áreas preservadas são praticamente constantes entre os períodos avaliados, enquanto na APA do Cariri há uma oscilação.

Tratando-se de áreas preservadas, Silva *et al.* (2022) sintetizaram os levantamentos de uma série de estudos analisados por Souza *et al.* (2015) sobre temperatura ideal para germinação de plantas comuns do semiárido brasileiro, onde valores de TS entre 20 e 30°C são os ideais para o sucesso de germinação da maioria das sementes da Caatinga, com limite de até 35°C. Esses resultados são confirmados por Silva *et al.* (2022) sobre os valores de TS dos pontos de áreas preservadas na APA do Cariri no período chuvoso, onde as temperaturas de superfície não ultrapassaram o limiar de 35°C, apontando um possível sucesso germinativo nesse período.

Estendendo o mesmo método de análise para a APA das Onças neste estudo, identificou-se que as TS dos pontos amostrais de áreas preservadas nos níveis de IUSS de 7.0 a 1.0 também não ultrapassaram a marca de 35°C, em nenhum dos períodos (chuvoso e seco). Ou seja, podemos inferir que o processo germinativo das plantas dessa região da APA das Onças pode ocorrer em ambos os períodos quando levado em consideração as condições dos limiares de TS para germinação de sementes de espécies nativas da Caatinga, sendo essa uma das principais características que diferenciam as áreas preservadas da APA das Onças em relação a APA do Cariri.

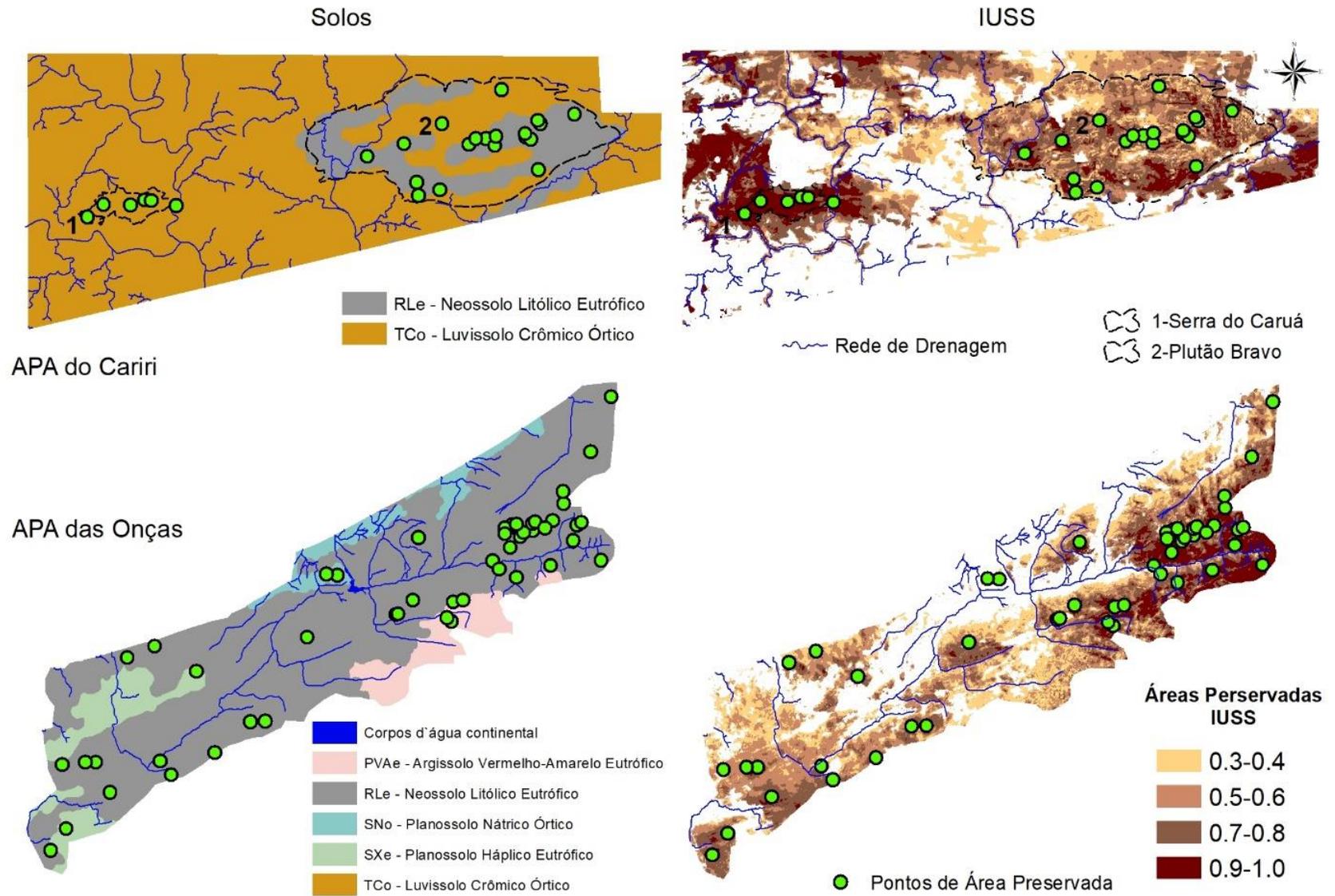


Figura 57. Solos e IUISS das Áreas Preservadas.

Cabe também destacar que a maior parte dos pontos de áreas preservadas de ambas as APAs estão em áreas de Neossolos Litólicos (IBGE, 2012a; IBGE, 2012b) conforme demonstra a Figura 57. Segundo a Embrapa (2021), estes solos são encontrados em relevos declivosos sendo indicados para a preservação de flora e fauna, uma vez que há limitações relacionados ao uso devido a pouca profundidade, presença de rochas e aos declives acentuados e que possíveis usos da terra de forma mais intensa podem acarretar em processo erosivos.

Levando em consideração as informações levantadas, fica evidente a fragilidade dessas regiões e a importância da preservação destes ambientes em ambas as APAs. E, caso haja a necessidade econômica das comunidades locais em explorar os recursos naturais existentes, que seja de maneira que os limites potenciais de cada uma possam ser respeitados e assegurados, conforme já disposto pela lei de unidades de conservação e no Código Florestal Brasileiro.

As informações levantadas neste estudo sobre a relação da TS, IVDN e IUSS assim como a combinação entre elas e outras variáveis na identificação de áreas degradadas e de áreas preservadas podem auxiliar de forma significativa na tomada de decisão para o ordenamento físico territorial.

#### **3.2.4. Conclusões**

Com a utilização do IUSS foi possível identificar áreas potencialmente degradadas principalmente pela desertificação e áreas onde a vegetação encontra-se em estágio de preservação, no qual pode-se comparar os comportamentos estimativos da TS e o IVDN a partir dos valores obtidos de cada nas duas UCs que apresentam características naturais bem diferentes.

Áreas degradadas pela desertificação apresentaram como principais características os níveis de IUSS mais baixos, TS elevada e IVDN também baixos em ambas APAs e em ambos os períodos analisados. As áreas preservadas de ambas as APAs apresentaram os níveis de IUSS elevados, IVDN também com valores altos de biomassa. Tendo a TS de cada APA o comportamento diferenciado entre os períodos chuvoso e seco, sendo a APA das Onças mais favorável aos processos germinativos de plantas em ambos os períodos por apresentar os valores de TS mais ideais a tal processo, enquanto que na APA do Cariri este processo é mais favorável apenas no período chuvoso, características essas de elevada importância que podem auxiliar no entendimento da relação entre os aspectos biofísicos da Caatinga e as ações humanas.

Importante destacar que os resultados obtidos de TS e IVDN são estimativas oriundas de sensores remotos, e os mesmos mostraram-se eficientes e bem próximos da realidade local de

ambas as UC's analisadas conforme o comparado com outros estudos. Já o IUSS proposto por Lopes *et al.* (2011) mostrou-se bastante eficaz na diferenciação e identificação entres estes dois tipos diferentes de situação ambiental, evidenciando assim seu potencial em análises de paisagens semiáridas e suas peculiaridades como as encontradas nas duas UC's aqui estudadas.

## Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida através da FAPESQ EDITAL N° 003/2016, processo 88887.369009/2019-00. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

## Referencias

ALMEIDA, J. M.; CORRÊA, A. C. B. Conectividade da paisagem e a distribuição de plainos aluviais em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n.1, p. 01-13, 2020.

ARAÚJO, E. D. S.; SOUZA, J. O. P.; MACHADO, C. C. C. Variação da vegetação e sua relação com o Índice topográfico de umidade – ITU no enclave subúmido das Serras Sertanejas-Paraíba, Nordeste, Brasil. **Revista RA'E GA**, v.50, p. 153 – 169, 2021.

BEZERRA, F. G. S.; AGUIAR, A. P. D.; ALVALÁ, R. C. S.; GIAROLLA, A.; BEZERRA, K. R. A.; LIMA, P. V. P. S.; NASCIMENTO, F. R.; ARAI, E. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. **Ecological Indicators**. v. 117, p. 01-15, 2020.

BORGES, U. N.; PACHECO, A. P.; MARIANO, G. Uma Contextualização Espacial e Temática da Geodiversidade: APA das Onças/PB/Brasil. **Revista Estudos Geológicos**. v. 27, n. 2, p. 143-160. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Criação de UC's**. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>> Acesso em 30 de out. 2021a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA – **Categorias**. Disponível em:<<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/categorias.html>> Acesso em 30 de out. 2021b

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>> Acesso em 30 de out. 2021c.

COELHO JUNIOR, L. M.; SANTOS JUNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; SILVA, M, L. Especialização e localização do valor bruto da produção dos produtos madeireiros nativos nas microrregiões da Paraíba (1994 – 2017). **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 192-204, 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2021 Disponível em:<

[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho2wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho2wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html)>. Acesso em 25 de set. 2021.

FIGUEIREDO, V. S. Perspectivas de recuperação para áreas em processo de desertificação no semiárido da Paraíba – Brasil. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 17, n. 453, 2013.

GIBBS, H. K.; SALMON, J. M. Mapping the world's degraded lands. **Applied Geograph**, v.55, p. 12-21, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. **Folha SB 24. Escala 1: 250.000, 2012a. Disponível em:** <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. **Folha SB 24. Escala 1: 250.000, 2012a. Disponível em:** <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. **Folha SC 24. Escala 1: 250.000, 2012b. Disponível em:** <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA. **Folha SC 24. Escala 1: 250.000, 2012b. Disponível em:** <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/escala\\_250\\_mil](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Clima/shapes. Escala 1:250.000.** 2014. Disponível em: <<http://sigstab.insa.gov.br/acervoDigital>>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Semiárido Brasileiro.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/semiario-brasileiro>>. Acesso em: 29 de nov. 2021.

INOCÊNCIO, T. M.; NETO, A. R.; SOUZA, A. G. S. S. Soil moisture obtained through remote sensing to assess drought events. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.9, p.575-580, 2020.

KÖPPEN, W. P. *Grundriss der Klimakunde (Outline of climate science)*. Berlin:Walter de Gruyter, 388 p. 1931. Disponível em: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.html>>. Acesso em: 13 de set. 2018.

LANDSAT OLI 8: imagem de satélite. Virginia: USGS - *United States Geological Survey*. Abril de 2019. 1 fotografia área. Escala 1:100.000. Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10.

LANDSAT OLI 8: imagem de satélite. Virginia: USGS - *United States Geological Survey*. Junho de 2019. 1 fotografia área. Escala 1:100.000. Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10.

LANDSAT OLI 8: imagem de satélite. Virginia: USGS - *United States Geological Survey*. Outubro de 2019. 1 fotografia área. Escala 1:100.000. Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10.

LEITE, I. A.; TERTO, R. S.; GUEDES, A. F.; COSTA SILVA, M. K.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de técnica nucleadora no Semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.15, n.3, p. 168-173, 2019.

LEMOS, J. E.; SOUZA, B. I.; DINIZ, M. T. M. Sistemas, caos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro: complexidade e interações. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 01. p. 136 – 154, 2020.

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B.; SOBRAL, M. C. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CANDEIAS, A. L. B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 09. p. 973-980, 2011.

LUNGUINHO, R. L.; SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R. T.; CARDOSO, E. C. M. A influência dos lajedos na composição florística do seu entorno, no sítio Salambaia – Cabaceiras – PB. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 230-237, 2015.

MARTORANO, L. G., BERGAMASCHI, H., DALMAGO, G. A, FARIA, R. T., MIELNICZUK, J. COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.397-405, 2008.

MELO, R. O.; MONTENEGRO, A. A. A. Dinâmica temporal da umidade do solo em uma bacia hidrográfica no semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20 n.2, p. 430 – 441, 2015.

MENEZES, J. A. L.; SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R. L. Comportamento temporal da umidade do solo sob Caatinga e solo descoberto na Bacia Experimental do Jatobá, Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.1, p.45-51, 2013.

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; FRANCISCO, P. R. M.; GOMES FILHO, M. F. Análise hidroclimática da região de São João Do Cariri-PB. **Revista Educação Agrícola Superior**. v.30, n.2, p.59-65, 2015.

MEDEIROS, J. F.; CESTARO, L. A. As diferentes abordagens utilizadas para definir brejos de altitude, áreas de exceção do nordeste brasileiro. **Sociedade e Território**, v.31, n. 2, p. 97–119, 2019.

MELO, M. L. Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco. Recife: SUDENE. 1988. 321p.

MELLO NETO, A. V.; LINS, R. C.; COUTINHO, S. F. S. Áreas de exceção do nordeste brasileiro considerações conceituais. SUDENE, Fundação Joaquim Nabuco - Áreas de exceção do Nordeste, I -Pernambuco e Paraíba. Recife, 1985. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal3/Geografiasocioeconomica/Geografiagracicola/01.pdf>>. Acesso em 08 de ago. 2020.

PAN, Y. X.; WANG, X. P.; JIA, R. L.; CHEN, Y. W.; HE, M. Z. Spatial variability of surface soil moisture content in a re-vegetated desert area in Shapotou, Northern China. **Journal of Arid Environments**, v.72, p.1975-1683, 2008.

PARAÍBA. Decreto 22.880 de 25 de março de 2002. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental das Onças. João Pessoa, 2002. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 20 de jun. 2019.

PARAÍBA. Decreto nº 25.083, de 08 de junho de 2004. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Cariri. João Pessoa, 2004. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 18 de set. 2018.

PEREIRA, T. M. S.; SILVA, J. A. L.; MOURA, D. C. Fitogeografia e análise integrada da paisagem em afloramentos rochosos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1, p. 002-015, 2018.

PORTO, K.C.; CABRAL, J. J. C.; TABARELLI, M. Brejos de altitudes em Pernambuco e Paraíba – história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 324p. 2004. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em 29 de abr. 2020.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Symposium of ERTS, Greenbelt, Maryland, USA, NASA, SP-351, v. 1, p. 309-317, 1973.

RUFINO, I. A. A.; SILVA, S. T. Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: uma abordagem metodológica. BCG - **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n 1, p.166-181, 2017.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.670–679, 2011.

SENA, J. P. O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 15, p. 278 – 293. 2019.

SILVA, D. A. O.; ALVES, E. S.; LOPES, I.; SANTOS, W. M., SILVA, E. M. Análise e mapeamento da degradação por sensoriamento remoto na estação ecológica Raso da Catarina-semiárido brasileiro. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.27, n.5, p.420-430, 2019a.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p.364-383, 2019b.

SILVA, L. F., SOUZA, B. I., Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre–PB no semiárido brasileiro. **Revista Continentes**, v17, p.120-148, 2020.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C. Identification of desertified and preserved areas in a conservation unit in the state of Paraíba – Brazil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 48, n 1, p. 01-20, 2022.

- SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R.V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v.8, n 16, p. 217-232, 2009.
- SOUZA, B. I. MACÊDO, L. A.; SILVA, G. J. F. Temperatura dos solos e suas influências na regeneração natural da Caatinga nos Cariris Velhos – PB. **Revista RA'E GA**, v.35, p.261 – 287, 2015.
- SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Revista Caderno de Geografia –PUC Minas**, v.32, n .2, p. 229-258, 2016.
- TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014a.
- TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Desmatamento e Desertificação no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n. 1, p. 103-116, 2014b.
- WANG, H.; LI, X.; LONG, H.; XU, X.; BAO, Y. Monitoring the effects of land use and cover type changes on soil moisture using remote-sensing data: A case study in China's Yongding River basin. **Catena**, v.82, p.135-145, 2010.
- ZHAN, Z.; QIN, Q.; WANG, X. The application of LST/NDVI index for monitoring land surface moisture in semiarid area. **IEEE Transactions on geosciences and Remote Sensing**, v.3, p.1551-1554, 2004.
- ZHOU, W.; GANG, C.; ZHOU, F.; LI, J.; DONG, X.; ZHAO, C. Quantitative assessment of the individual contribution of climate and human factors to desertification in northwest China using net primary productivity as an indicator. **Ecological Indicators**. v. 48, p. 560–569, 2015.

## **CAPITULO III - AVALIAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE IAA E IUSS**

3.3 Avaliação entre os resultados de IAA e IUSS e a interação entre ambos na análise integrada dos ambientes

### 3.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE IAA E IUSS E A INTERAÇÃO ENTRE AMBOS NA ANÁLISE INTEGRADA DOS AMBIENTES

Foram comparadas as resultantes do IAA com o IUSS (LOPES *et al.*, 2011), utilizando como base um conjunto de pontos amostrais para cada UC, no intuito de observar se há uma possível relação e combinação entre ambos os resultados obtidos, utilizando-os como suporte para análise integrada de ambas as APAs.

Para atingir o objetivo acima descrito, o mapa de IAA foi sobreposto ao de IUSS, assim como sobre TS e IVDN. Na sequência foram inseridos os pontos amostrais referentes a cada APA (Figura 58).

Utilizamos assim 25 pontos de áreas degradadas e mais 25 áreas preservadas (totalizando 50 pontos amostrais) para a APA do Cariri conforme desenvolvido por Silva *et al.* (2022), estendendo essa mesma metodologia para APA das Onças, com 50 pontos de áreas degradadas e mais 50 para as áreas preservadas, somando para esta UC um total de 100 pontos amostrais.

Em seguida, analisamos ponto a ponto de cada APA e de cada período, coletando assim as informações sobre os valores de TS, IVDN, IUSS e IAA utilizando de ambiente SIG no software *Arcgis 10.5* que, na sequência, foram registrados e pareados através de tabelas (Tabela 7, 9, 11 e 13).

Ao analisar primeiro os resultados da APA do Cariri, pode se observar que todos os pontos de áreas degradadas analisados, estiveram localizados especificamente nos níveis de IUSS mais baixos (0.0 até 0.2) em ambos períodos, evidenciando elevadas temperaturas de superfícies (TS) e baixos índices de biomassa (IVDN), entre os níveis de Média IAA, Alta e Muito Alta IAA, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Relação entre pontos das áreas degradadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA do Cariri.

Ponto	Período Chuvoso				Período Seco			
	TS	IVDN	IUSS	IAA	TS	IVDN	IUSS	IAA
PR.1	28.6 - 32.5°C	-0.230 - 0.318	0.1 - 0.2	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.2	32.6 - 35.5°C	0.319 - 0.451	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.3	32.6 - 35.5°C	0.319 - 0.451	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta
PR.4	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.5	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.6	32.6 - 35.5°C	0.319 - 0.451	0.0 - 0.1	Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.7	28.6 - 32.5°C	-0.230 - 0.318	0.1 - 0.2	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.8	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.9	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Média	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.10	28.6 - 32.5°C	-0.230 - 0.318	0.1 - 0.2	Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.11	28.6 - 32.5°C	-0.230 - 0.318	0.1 - 0.2	Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.12	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.13	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.14	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Média	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Média
PL.15	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.16	32.6 - 35.5°C	0.319 - 0.451	0.0 - 0.1	Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.17	28.6 - 32.5°C	0.319 - 0.451	0.1 - 0.2	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.18	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PL.19	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta

PI.20	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Muito Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.21	32.6 - 35.5°C	0.319 - 0.451	0.0 - 0.1	Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta
PI.22	28.6 - 32.5°C	0.319 - 0.451	0.1 - 0.2	Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta
PI.23	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Alta	38.6 - 40.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta
PI.24	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta
PI.25	32.6 - 35.5°C	-0.230 - 0.318	0.0 - 0.1	Alta	40.6 - 42.5°C	-0.285 - 0.256	0.0 - 0.1	Alta

\* PR= Pontos reais e PI= Pontos obtidos na imagem de satélite.

Dos 25 pontos utilizados na APA do Cariri que estiveram entre os níveis de 0.0 a 0.2 de IUSS, cerca de mais de 90% deles foram localizados entre os níveis de Alta e Muito Alta IAA em ambos os períodos avaliados, como demonstra a Tabela 8.

Tabela 8. Pontos de áreas degradadas na APA do Cariri.

Período Chuvoso				Período Seco			
IUSS	IAA	Nº de Pontos	%	IUSS	IAA	Nº de Pontos	%
0.0-0.1	Média	2	8%	0.0-0.1	Média	1	4%
0.0-0.2	Alta	9	36%	0.0-0.1	Alta	6	24%
0.0-0.2	Muito Alta	14	56%	0.0-0.1	Muito Alta	18	72%
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>100%</b>

No conjunto de pontos de áreas degradadas também foram identificados dois pontos no nível de Média IAA, mais especificamente os pontos PR 9 e PI 14. Sendo que o ponto PR 9 (Figura 58) se encontra em uma área bem próxima a rede de drenagem e de várias vias de acesso em seu entorno e que no período chuvoso teve um aumento na biomassa o que o tornou de Média intensidade, porém apresentando as mesmas características de TS dos níveis degradados, e no período seco e com a redução da mesma, o nível passou a ser de Muito Alta de IAA, uma vez que se trata de uma área onde o uso terra é intenso.

Essa situação difere do ponto PI 14 (Figura 59), o qual manteve uma presença maior de biomassa em ambos períodos tratando-se de uma região com estágios de degradação em diferentes proporções e com presença um pouco maior de vegetação.

O PI 14 está um pouco mais distante das vias de acesso e da rede drenagem, ao contrário do PR 9, por isso manteve o nível de Média IAA mesmo no período seco, estando ambos os pontos relacionados ao uso da terra mais intenso dentro da APA do Cariri.

Características bem similares também foram observadas nos pontos de áreas degradadas na APA das Onças entre o IUSS e o IAA, porém apresentado apenas um ponto de Média IAA no período chuvoso e de Alta e Muito Alta IAA em ambos os períodos (Tabela 9).

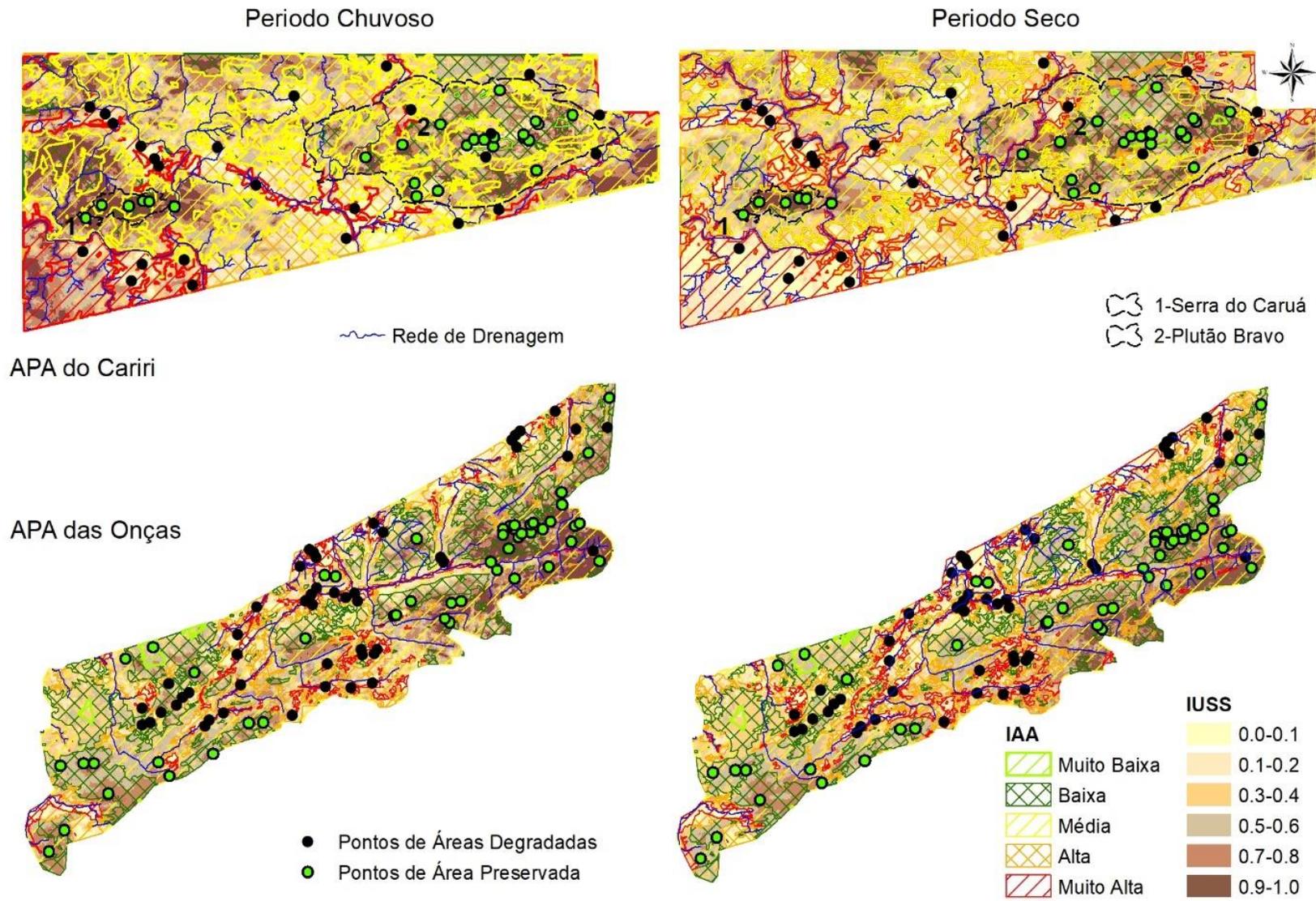


Figura 58. Sobreposição dos pontos amostrais com o IAA e o IUSS.

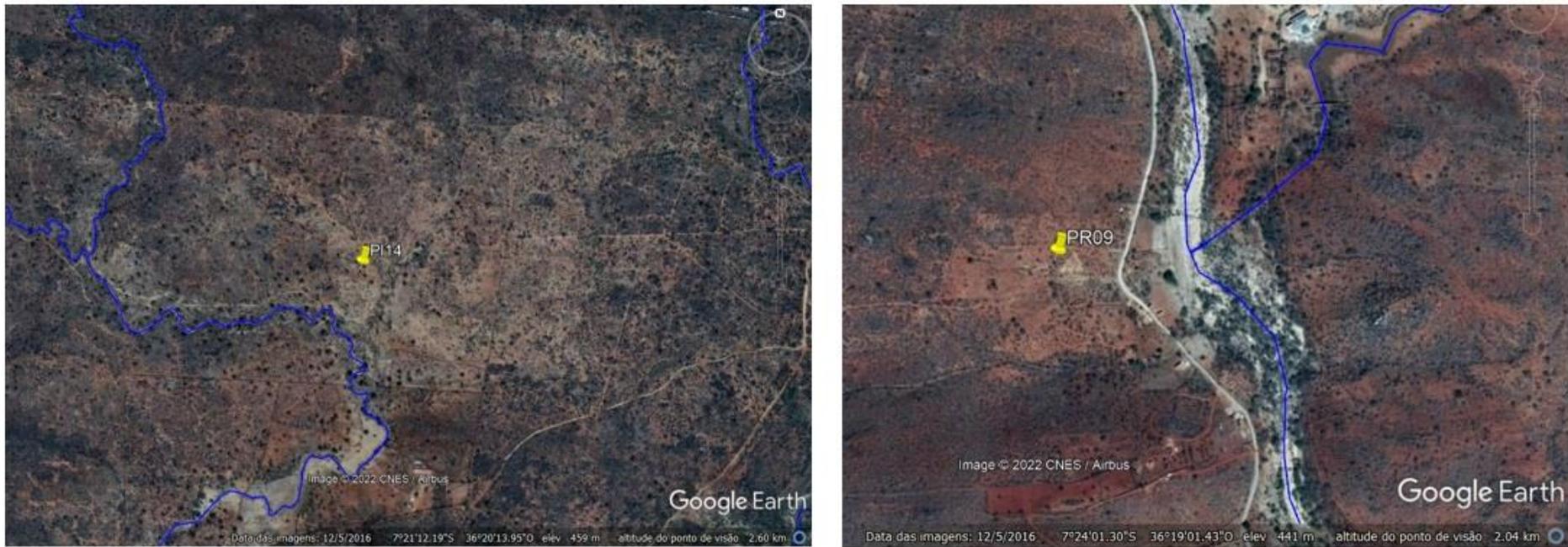


Figura 59. PR 09 e PI 14 na APA do Cariri Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*.

Tabela 9. Relação entre pontos de áreas degradadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA das Onças.

Ponto	Período Chuvoso				Período Seco			
	TS	IVDN	IUSS	IAA	TS	IVDN	IUSS	IAA
PR.1	34.6 - 35.5°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.2	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.3	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.4	35.6 - 39.9°C	0.374 - 0.498	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.5	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.6	34.6 - 35.5°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.7	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.8	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.9	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PR.10	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.11	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.12	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.13	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.14	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.15	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.16	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.17	35.6 - 39.9°C	0.374 - 0.498	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.18	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.19	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.20	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.21	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.22	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.23	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.24	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.25	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.26	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.27	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.28	34.6 - 35.5°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.29	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.30	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.31	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.32	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.33	34.6 - 35.5°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.34	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.35	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.36	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.37	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.38	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.39	35.6 - 39.9°C	0.374 - 0.498	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.40	33.6 - 34.5°C	-1 -0.373	0.1 - 0.2	Média	32.6 - 35.6°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.41	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.42	34.6 - 35.5°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.43	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.44	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.45	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	37.6 - 39.5°C	-0.147 - 0.260	0.1 - 0.2	Muito Alta
PI.46	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.47	35.6 - 39.9°C	0.374 - 0.498	0.1 - 0.2	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.48	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Alta
PI.49	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta
PI.50	35.6 - 39.9°C	-1 -0.373	0.0 - 0.1	Muito Alta	39.6 - 45.5°C	-0.147 - 0.260	0.0 - 0.1	Muito Alta

\* PR= Pontos reais e PI= Pontos obtidos na imagem de satélite.

Entre os 50 pontos de áreas degradadas da APA das Onças também prevaleceram os níveis de 0.0 a 0.2 de IUSS e neles os níveis de Alta e Muito Alta IAA foram praticamente dominantes no período chuvoso em 98% dos pontos e de 100% no período seco, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10. Pontos de áreas degradadas na APA das Onças.

	Período Chuvoso	Período Seco -
--	-----------------	----------------

IUSS	IAA	N° de Pontos	%	IUSS	IAA	N° de Pontos	%
0.1-0.2	Média	1	2%	-	Média	0	0%
0.0-0.2	Alta	11	22%	0.0-0.1	Alta	10	20%
0.0-0.1	Muito Alta	38	76%	0.0-0.2	Muito Alta	40	80%
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100%</b>

Foi identificado apenas um ponto (PI 40) no nível de Média IAA no período chuvoso e de Muita Alta IAA na estação seca. Este ponto trata-se de um pequeno vilarejo que fica no extremo leste (L) da APA das Onças, quase no limite do final da UC, entre algumas vias de acesso e bem próximas de vários braços da rede drenagem (Figura 60).

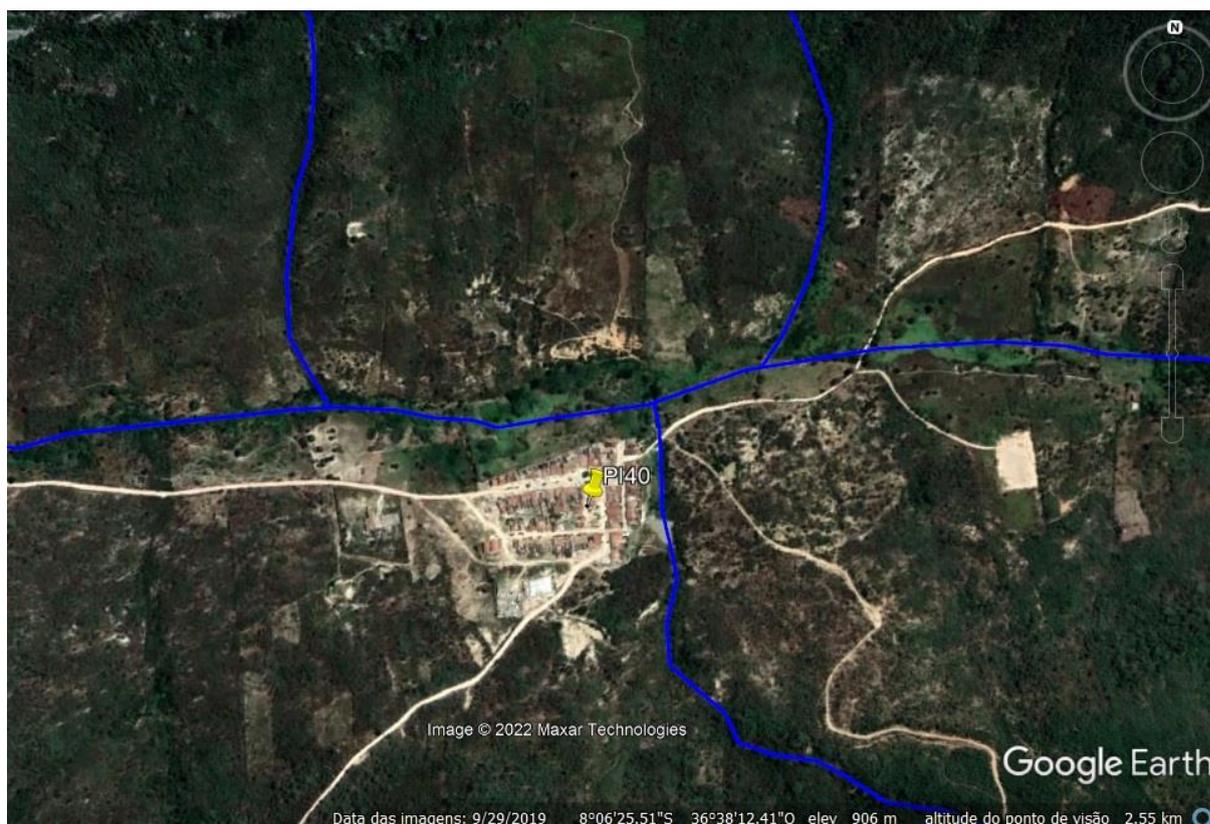


Figura 60. PI 40 na APA das Onças. Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*.

Nota-se que mesmo nos pontos que apresentaram nível de Média IAA no período chuvoso, os valores de IUSS foram relativamente os mais baixos, indicando umidade superficial do solo incipiente nesses pontos em ambas as APAs. Conforme pôde se observar nas imagens de alta resolução do *Google Earth* (Figuras 58, 59 e 60) para estes pontos, mediante as características como solo exposto, vegetação rala e bem espaçada no PR 09 e PI 14 (APA do Cariri) e as áreas construídas no PI 40 (APA das Onças), temos o resultado das ações antrópicas.

Na sequência foram analisados também os pontos de áreas preservadas da APA do Cariri (Tabela 11) e das Onças (Tabela 13) de IUSS e IAA. Nesse caso, todos os pontos amostrais

dessa categoria das duas UC's foram identificados entre os níveis mais elevados de IUSS (0.5 a 1.0) e entre a Média, Baixa e Muita Baixa IAA em ambos períodos.

Tabela 11. Relação entre pontos de áreas preservadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA do Cariri.

Ponto	TS	Período Chuvoso			IAA	TS	Período Seco		
		IVDN	IUSS	IAA			IVDN	IUSS	IAA
PR.26	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.324 - 0.390	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.27	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Média	34.6 - 36.5°C	0.324 - 0.390	0.9 - 1.0	Média	
PR.28	25.6 - 28.5°C	0.577 - 0.710	0.9 - 1.0	Alta	32.5 - 34.5°C	0.324 - 0.390	0.7 - 0.8	Média	
PR.29	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.30	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.5 - 0.6	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.31	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.32	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Muito Baixa	32.5 - 34.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Muito Baixa	
PR.33	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.5 - 0.6	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.34	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.35	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Média	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Média	
PR.36	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.37	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.38	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PR.39	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.40	28.6 - 32.5°C	0.711 - 1	0.7 - 0.8	Muito Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Muito Baixa	
PI.41	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Média	32.5 - 34.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Média	
PI.42	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.43	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.44	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.45	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.515 - 0.935	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.46	25.6 - 28.5°C	0.577 - 0.710	0.7 - 0.8	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.391 - 0.514	0.7 - 0.8	Baixa	
PI.47	25.6 - 28.5°C	0.577 - 0.710	0.7 - 0.8	Baixa	34.6 - 36.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.48	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.49	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.5 - 34.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Baixa	
PI.50	25.6 - 28.5°C	0.711 - 1	0.9 - 1.0	Média	34.6 - 36.5°C	0.391 - 0.514	0.9 - 1.0	Média	

\* PR= Pontos reais e PI= Pontos obtidos na imagem de satélite.

Na APA do Cariri (Tabela 11) pode se observar que houve um número maior de pontos amostrais identificados nos níveis de Média IAA, num total de 4 pontos para o período chuvoso e 5 no período seco. Três destes pontos reais foram obtidos em observações de campo (PR 27, 28 e 35) e com o ponto PR 28 classificado como de Alta IAA no período chuvoso (Tabela 12), apresentando-se como um diferencial identificado.

Tabela 12. Pontos de áreas preservadas na APA do Cariri.

Período Chuvoso				Período Seco			
IUSS	IAA	N° de Pontos	%	IUSS	IAA	N° de Pontos	%
0.9-1.0	Alta	1	4%	-	Alta	0	0%
0.9-1.0	Média	4	16%	0.7-1.0	Média	5	20%
0.5-1.0	Baixa	18	72%	0.7-1.0	Baixa	18	72%
0.7-1.0	Muito Baixa	2	8%	0.9-1.0	Muito Baixa	2	8%
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>100%</b>

Neste caso especificamente, o ponto PR 28 (Figura 61) encontra-se em uma área muito próxima da rede de drenagem do rio Soledade, e a classificação deste nível se deu no período chuvoso como Alta, devido à presença maior de corpos d'água nesse momento, enquanto

durante o período seco, houve a diminuição do volume hídrico, gerando a queda do IAA que passou a ser Média.



Figura 61. PR 28 na APA do Cariri. Imagem de alta resolução espacial do *Google Earth*.

Os níveis com intensidades maiores principalmente a Média IAA, identificados em alguns pontos de áreas preservadas se dão devido a elevada presença de vias de acesso e principalmente pela proximidade das mesmas com a rede de drenagem e das áreas ocupadas com plantações, como no caso do PR 28 (Figura 61).

Nesta perspectiva foram identificados cerca de 80 % dos pontos amostrais de áreas preservadas que tiveram as mesmas características, que são os níveis mais elevados de IUSS e de Baixa e Muito Baixa IAA na APA do Cariri.

Já na APA das Onças os três níveis de IAA identificados (Média, Baixa e Muito Baixa) foram praticamente iguais em ambos os períodos avaliados. Alterando entre os períodos, fatores como temperatura de superfície (TS), IVDN e principalmente o IUSS que no período seco em alguns pontos diminuiu, conforme demonstra a Tabela 13.

Tabela 13. Relação entre pontos de áreas preservadas e o TS, IVDN, IUSS e IAA da APA das Onças.

Ponto	TS	Período chuvoso			TS	Período seco		
		IVDN	IUSS	IAA		IVDN	IUSS	IAA
PR.51	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média

PR.52	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PR.53	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PR.54	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.55	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.56	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.57	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.58	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.59	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.60	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Baixa
PI.61	33.6 - 34.6°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Média	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.7 - 0.8	Média
PI.62	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.7 - 0.8	Baixa
PI.63	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.64	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.65	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	32.6 - 35.6°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.66	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.67	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.68	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.69	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.70	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PI.71	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.72	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.9 - 1.0	Baixa
PI.73	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.74	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PR.75	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Baixa
PR.76	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PR.77	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	35.6 - 37.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Média
PR.78	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Média	37.6 - 39.5°C	0.261 - 0.342	0.3 - 0.4	Média
PI.79	33.6 - 34.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Média	37.6 - 39.5°C	0.261 - 0.342	0.3 - 0.4	Média
PI.80	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Baixa
PI.81	31.6 - 33.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Muito Baixa	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Muito Baixa
PI.82	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Média	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Média
PI.83	31.6 - 33.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Baixa
PI.84	33.6 - 34.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	35.6 - 37.5°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Baixa
PI.85	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.86	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Média	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Média
PI.87	27.6 - 31.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.88	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Baixa
PI.89	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.90	27.6 - 31.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	35.6 - 37.5°C	0.261 - 0.342	0.3 - 0.4	Baixa
PI.91	27.6 - 31.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.92	31.6 - 33.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Baixa
PI.93	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Média
PI.94	31.6 - 33.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Média	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Média
PI.95	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.96	31.6 - 33.5°C	0.617 - 0.749	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.343 - 0.442	0.7 - 0.8	Baixa
PI.97	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.7 - 0.8	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Baixa
PI.98	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Média	27.6 - 32.5°C	0.581 - 0.957	0.9 - 1.0	Média
PI.99	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	27.6 - 32.5°C	0.443 - 0.580	0.7 - 0.8	Baixa
PI.100	27.6 - 31.5°C	0.750 - 1	0.9 - 1.0	Baixa	32.6 - 35.6°C	0.343 - 0.442	0.5 - 0.6	Baixa

\* PR= Pontos reais e PI= Pontos obtidos na imagem de satélite.

Na APA das Onças o número de pontos com níveis de Média IAA foi maior que na APA do Cariri, computando cerca de 38% dos pontos amostrais analisados (Tabela 14). Esse número mais elevado está relacionado principalmente com os aspectos discutidos anteriormente para o comportamento observado no nível de Média IAA em áreas preservadas, ou seja, consiste em elevados números de vias de acesso e sua proximidade em relação a rede drenagem, mesmo em áreas com grande presença de vegetação mais densa e uso da terra menos intensos ou inexistentes como no caso das Áreas de Exceção da APA das Onças.

Tabela 14. Pontos de áreas preservadas na APA das Onças.

Período Chuvoso				Período Seco –			
IUSS	IAA	Nº de Pontos	%	IUSS	IAA	Nº de Pontos	%
0.7-1.0	Média	19	38%	0.3-1.0	Média	19	38%
0.7-1.0	Baixa	30	60%	0.3-1.0	Baixa	30	60%

0.7-0.8	Muito Baixa	1	2%	0.5-0.6	Muito Baixa	1	2%
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100%</b>

De uma forma geral, todas essas características identificadas a partir da relação dos pontos amostrais com a informações obtidas através da TS, IVDN e principalmente do IUSS associados ao IAA permitem criar uma relação bastante importante entre os resultados sobre a influência antrópica nos ambientes naturais.

Permitem também ter uma boa estimativa pontual do comportamento desses ambientes de uma forma integrada, tanto dos aspectos biofísicos naturais a partir da TS, IVDN e IUSS, assim como dos ambientes que apresentam mais ou menos intensidade de ações antrópicas (IAA). Mediante os resultados obtidos e analisados podemos afirmar que as áreas com níveis elevados de IAA estão praticamente em regiões de estágio de degradação onde os processos de usos da terra foram ou ainda são intensos, tendo como características os níveis mais baixos de IUSS, ou seja, de áreas extremamente secas com pouca ou sem umidade superficial no solo em ambos períodos (chuvoso e seco).

No caso da Média IAA pode se perceber que este nível tem características diferentes nas áreas degradadas e nas áreas preservadas. Conforme observado, nas áreas degradadas ele tem efeito amenizador ou suavizador de nível, indicando uma presença mais elevada principalmente de IVDN no período chuvoso. Já nas áreas preservadas elas servem como uma forma de alerta de um possível avanço da degradação no futuro, como no caso das áreas que se estendem entre o sudoeste (SO), sul (S), sudeste (SE) até o leste (L) da APA das Onças, onde predominam as Áreas de Exceção, e no ponto PR 28 (de Alta IAA), na APA do Cariri.

Nas áreas onde os níveis de IAA foram os mais baixos houve o predomínio dos valores mais elevados de IUSS, indicando uma presença maior de umidade superficial, assim como de vegetação mais densa, sendo consideradas preservadas.

É importante destacar que o uso das metodologias aqui adotadas e os produtos de sensores remotos seja de forma individual ou integrada em ambiente computacional são estimativas que apresentam resultados bastantes relevantes e que vem sendo altamente utilizada nos últimos anos em vários tipos de estudos. Porém, sem o desenvolvimento de trabalho de campo ou sem o conhecimento pleno das áreas estudadas podem induzir a alguns erros interpretativos, principalmente no nível médio de IAA e nos níveis de IUSS mais elevados em torno da rede de drenagem, conforme observado ao longo de toda a pesquisa, que podem ser confundidos com áreas naturais preservadas de mata ciliar, devido ao alto valor de biomassa, o que não se aplica neste trabalho, uma vez que grande parte dessas áreas são antropizadas, sendo utilizadas para plantio por concentrarem mais umidade. Nesse caso, somente com um certo grau de

conhecimento da região essas áreas podem ser denominadas assim como “Área de Drenagem com Plantação” uma das variáveis mais importantes utilizadas para se obter o IAA.

Vale destacar ainda que nas APAs aqui analisadas existem peculiaridades bastantes singulares e que em hipótese nenhuma devem ser ignoradas e que para proposta de análises integradas dos ambientes só serão supridas obrigatoriamente a partir do trabalho de campo e da interação com o conhecimento local dos recursos.

Levando em consideração os resultados obtidos entre a relação do IUSS com IAA pode se concluir que ambos os resultados se complementam e que as duas metodologias podem ser utilizadas juntas para análise integrada dos ambientes semiáridos e que as características aqui observadas entre os pontos amostrais utilizados como base mostraram características pontuais resultantes das duas metodologias, as quais podem servir de base para futuros planejamentos, zoneamentos ecológicos econômicos e principalmente o plano de manejo das UC's.

Finalizando as conclusões desta última análise entre a eficiência dos resultados das metodologias aqui empregadas, com destaque para a proposta desenvolvida ao longo desta pesquisa que permite quantificar e qualificar o nível de intensidade de ações antrópicas (IAA) baseadas no uso da terra e na relação de proximidade de elementos como as vias de acesso e a rede drenagem, utilizando dois momentos importantes para a região semiárida brasileira (período chuvoso e de seca), conclui-se que tal proposta de modelagem ambiental apresentou resultados bastantes satisfatórios e bem próximos da realidade das áreas pesquisadas.

Cabe também ressaltar a importância e eficiência da metodologia desenvolvida por Lopes *et al.*, (2011) para a região semiárida brasileira como um instrumento essencial a partir de aspectos biofísicos para avaliar os potenciais paisagísticos existentes.

## Referencias

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B.; SOBRAL, M. C. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CANDEIAS, A. L. B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 09. p. 973-980, 2011.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Desempenho comparativo entre classificadores supervisionados no mapeamento de áreas de Ecótono em região de Caatinga. **Caderno de Geografia**, v.29, n.59, p. 1083-1105, 2019a.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p.364-383, 2019b.

SILVA, L. F., SOUZA, B. I., Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre–PB no semiárido brasileiro. **Revista Continentes**, v17, p.120-148, 2020.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C. Identification of desertified and preserved areas in a conservation unit in the state of Paraíba – Brazil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 48, n 1, p. 01-20, 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos da proposta de análise do IAA foi possível confirmar a hipótese de que com o uso de modelagem ambiental consegue-se identificar as áreas onde as ações antrópicas são maiores e menores sobre determinados recursos naturais na região dos Cariris Velhos, assim, como a identificação das áreas potencialmente degradadas e ainda preservadas a partir da combinação de pontos amostrais com o IUSS (LOPES *et al.*, 2011), nas duas Unidades de Conservação avaliadas.

A combinação dos resultados de IAA e IUSS (LOPES *et al.*, 2011) com os pontos amostrais indicaram sim uma relação espacial entre elas, assim como os resultados da TS e do IVDN que também ajudam a complementar a análise e corroborar com a hipótese, podendo ambas serem combinadas, o que potencializou ainda mais os resultados obtidos tendo como foco e objetivo final a proposta de análise integrada dos espaços naturais preservados e os antropizados.

Outra informação importante é a análise feita em dois períodos: chuvoso e seco, que apresentaram respostas coerentes quantos aos resultados apresentados. Destacamos que é de suma relevância essa distinção e o entendimento desses dois momentos que tem dinâmicas naturais bem diferentes, o que influencia de forma direta nas ações humanas. Cabe ressaltar também que tivemos muitas dificuldades ao analisar o período chuvoso, o que requer uma atenção redobrada com este período para utilização de imagens de satélite, principalmente sobre a dinâmica do surgimento e da perda de folhas da vegetação que, não sendo levada em consideração, podem induzir a erros interpretativos.

Um aspecto positivo a se destacar é o custo relativamente baixo para o monitoramento destas áreas a partir da seguinte proposta, uma vez que grande parte dos materiais utilizados são frutos de sensores remotos e de bancos de dados oficiais de agências governamentais nacionais e internacionais disponibilizados de forma gratuita, como as imagens de média resolução espacial (30m) oriundas do satélite Landsat-8 e sua vasta variedade de escolha em seu catálogo de arquivos, o que permitiu encontrar imagens referentes aos meses chuvosos, por exemplo, contendo o mínimo possível ou totalmente livre de nuvens, o que não foi possível, para as duas estações trabalhadas, utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial (10m) como as do Sentinel – 2A (também disponíveis de forma gratuita).

No caso do manuseio, exige-se o conhecimento técnico científico básico na área de geoprocessamento, podendo ambas as metodologias aqui utilizadas de serem aplicadas em qualquer tipo de *software* de SIG, incluindo sistemas de *softwares* livres.

Por fim, vislumbrando uma futura contribuição desta pesquisa a partir da aplicação desse conjunto de métodos e técnicas em propostas de ordenamentos físicos territoriais, como Planos de Manejos e Zoneamentos Ambientais das duas Unidades de Conservação aqui estudadas a partir da identificação espacial, quantitativa e qualitativa de onde concentram-se as maiores e menores ações antrópicas assim como as áreas degradadas e preservadas, recomenda-se que nas áreas onde predominam os diferentes tipos de degradação sejam desenvolvidos planos de recuperação que contemplem principalmente o manejo sustentável com foco na preservação e conservação dos recursos hídricos, dos diferentes tipos de solos assim como a reintrodução da cobertura vegetal nativa. E que nas áreas ainda preservadas sejam estimulados a consciência da importância da preservação destes ambientes ressaltando o seu potencial, assim como o monitoramento constantes dessas áreas e sua demarcação. No caso de exploração econômica, que a mesma seja desenvolvida de formas sustentáveis, fazendo uso de suas potencialidades, mas que também respeitem por completo suas fragilidades, utilizando técnicas conservacionistas.

Estas ações e decisões devem ser tomadas em conjunto levando em consideração os vários atores envolvidos, como as comunidades locais, o poder público e as instituições de ensino superior e técnico, formado por uma equipe multidisciplinar fornecendo assessoria e suporte aos moradores locais. A junção de todos esses fatores pode auxiliar decisivamente na tomada de decisões mediante o processo de construção do Plano de Manejo e o acompanhamento técnico para uso adequado dos recursos, conforme proposto pelo SNUC, principalmente tratando-se de Unidades de Conservação com o foco no uso sustentável.