



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**RAUL ARAUJO DA NÓBREGA**  
Doutorando

**TESE**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA SUB-  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS SITUADO NO SEMIÁRIDO  
PARAIBANO**

**PROF.º DR.º JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO**  
Orientador

**PROF.ª DR.ª SILVANETE SEVERINO DA SILVA**  
Orientadora

Campina Grande  
Fevereiro de 2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**RAUL ARAUJO DA NÓBREGA**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS SITUADO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: Prof.º Dr.º João Miguel de Moraes Neto

Prof.ª Dr.ª Silvanete Severino Da Silva

N754g

Nóbrega, Raul Araujo da.

Geotecnologias aplicadas a degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Espinharas situado no semiárido paraibano / Raul Araujo da Nóbrega. – Campina Grande, 2024.

194 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto, Profa. Dra. Silvanete Severino da Silva."

Referências.

1. Monitoramento Ambiental. 2. Sistemas de Informação Geográfica. 3. Uso do solo. 4. Vegetação. 5. Degradação ambiental. 6. Sensoriamento remoto. 7. Processamento de imagens. 8. Geotecnologia. 9. Precipitação. 10. Caatinga. I. Moraes Neto, João Miguel de. II. Silva, Silvanete Severino da. III. Título.

CDU 528.8(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

### **ATA DE DEFESA DE TESE PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 29 DE FEVEREIRO DE 2024.**

CANDIDATO(A): **RAUL ARAÚJO DA NÓBREGA**

TÍTULO: **“GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS SITUADO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO”**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Irrigação e Drenagem

**LOCAL:** Auditório do CTRN/UFCG Campina Grande/PB

**HORÁRIO:** 9h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Tese, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, assinada pelo(a) coordenador(a) do PPGEA e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 29 de fevereiro de 2024.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

João Miguel de Moraes Neto - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Silvanete Severino da Silva - Coorientador(a) - UABJ/UFRPE

Juarez Paz Pedroza - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Soahd Arruda Rached Farias - Examinador(a) Externo(a) - UAEE/CTRN/UFCG

Luiza Eugenia da Mota Rocha Cirne - Examinador(a) Externo(a) - UAEE/CTRN/UFCG

Raul Araújo da Nóbrega - Discente

## FEVEREIRO DE 2024



Documento assinado eletronicamente por **JOAO MIGUEL DE MORAES NETO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/04/2024, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raul Araújo da Nóbrega, Usuário Externo**, em 30/04/2024, às 14:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **SILVANETE SEVERINO DA SILVA, Usuário Externo**, em 30/04/2024, às 22:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JUAREZ PAZ PEDROZA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/05/2024, às 09:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 15/05/2024, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **SOAHD ARRUDA RACHED, PROFESSOR 3 GRAU**, em 15/05/2024, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIZA EUGENIA DA MOTA ROCHA CIRNE, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2024, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site , informando o código verificador **4395466** e o código CRC **6DOCEDF5**

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, por me acompanhar até aqui, tem sido um grande amigo, em todas as horas, em todos os momentos de minha vida. Também agradeço aos bons espíritos enviados por Deus, companheiros de trajetória, que me protegem e me ilumina.

Agradeço a minha Família, em especial a minha mãe Francisca, que sempre me incentivou a estudar; mesmo sendo saber ler direito, ela sentava-se ao meu lado para me ajudar a fazer lição de casa. A meu pai, homem trabalhador. A meu irmão Felipe e irmã Fernanda, meus sobrinhos.

Também tenho muito a agradecer a minha Tia Maria de Fatima e seu marido Erivaldo, que me incentivaram durante a trajetória acadêmica. A meu Tio George (*in memoriam*), que me inspirou a estudar. A meus avôs (*in memoriam*), e a minhas avós (*in memoriam*), suas histórias, levarei no coração.

Tenho muito a agradecer a Professor Marx Preste Barbosa (*in memoriam*), que me ensinou muito, com seus ensinamentos não só acadêmico, mas conhecimentos de vida, durante as aulas e orientação.

Agradeço a meu Orientador Professor João Miguel e Orientadora Professora Silvanete e a Josilene, por todo apoio, ajuda, paciência, esclarecimento, que foram de suma importância nas etapas deste trabalho, por compartilhar seus conhecimentos. A todos os professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, que contribuíram para o meu aprendizado e formação.

E a todos meus amigos e colegas, pessoas que amo, sempre estiveram ao meu lado, me incentivando, inspirando, apoiando em todos os momentos, proporcionando momentos que se eternizam.

E a todas as pessoas que passaram em minha vida, mesmo que por um breve momento, mas que colaborou para meu aprendizado. Afinal: “*Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo*” (Paulo Freire).

*“Saber ver é sentir o que se olha”*

*H. P. da Silva*

## GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS SITUADO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

**Resumo:** O nordeste brasileiro é uma região semiáridas, seu bioma, Caatinga, é o que possui maior diversidade de fauna e flora, se diferenciando das demais florestas tropicais sazonalmente secas. É um dos locais semiáridos mais populosos do mundo, sua população se concentra em volta dos cursos d'água, desenvolvendo suas atividades econômicas com a extrativismo vegetal, agricultura de sequeiro e pecuária extensiva, acarretando no esgotamento de recursos naturais, e degradando grandes áreas. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi classificar a degradação ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas no sertão paraibano num período de 30 anos. O estudo realizou-se nos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas, a qual uma abrange a área entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte e que o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrografia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, caracteriza a Unidade de Planejamento Hidrológico do Rio Espinharas. Foram analisadas a precipitação da média climatológica, mediana e estatística básica de cada município, fornecidos pela AESA. Também, foi realizado um levantamento do uso do solo pela Plataforma SIDRA do IBGE, observando o censo agropecuário e a área colhida. Foi utilizado o software Qgis para o processamento das imagens, adquiridas do USGS e, posteriormente, foi feita observações de campo para subsidiar a classificação e elaboração dos mapas temáticos. As imagens que foram utilizadas no projeto são as do satélite TM/LANDSAT-5 e do satélite OLI/LANDSAT-8. A elaboração dos mapas ocorreu no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Verificou-se que há diferença de precipitação entre os municípios que compõe a Sub-Bacia, também, verificou-se que há alguns municípios que possuem dados suficientes para uma nova climatologia. As lavouras e o rebanho, reduziram significativamente. Em 1995 era de 399.775, em 2006 era 66.973 e em 2017 de 344.039 cabeças, a carga animal em 1995 era em média 0,121 UA/ha, superior a capacidade de suporte em 10 municípios, em 2017, a carga animal estava em média 0,106 UA/ha, os municípios que apresentam a maior carga animal, tendo como principal atividade a bovinocultura. O plantio das lavouras permanentes reduziu, em 1995 era produzido 4.222 ha em 2017 representava 317 ha, a lavoura temporária, era de 28.556 há em 1995 para 13.836 ha em 2017. A Erosão mais significativa é de 0 – 1 t.ha.ano<sup>-1</sup>, o que corresponde a 219.818,51 ha, a erosão alta e moderada, representa 13.307,23 e 27.975,87 ha, respectivamente. Houve uma recuperação da vegetação, o Solo Exposto reduziu, de 576,775 para 79,089 km<sup>2</sup>, de 1993 para 2022, a Vegetação Rala, 1156,823 para 863,55 km<sup>2</sup>, a Vegetação Semidensa é a que representa a maior cobertura vegetal, com 1793,646 km<sup>2</sup>, seguida da Vegetação Densa 876,625 km<sup>2</sup> em 1993, a qual atingiu 499,318 km<sup>2</sup> em 2022. Com recuperação da vegetação, observou-se que algumas classes de degradação reduziram, a Degradação Grave era de 1.022,227 km<sup>2</sup> em 1993, reduziu para 271,245 km<sup>2</sup> em 2022, de 1.760,961 km<sup>2</sup> para 1.966,503 km<sup>2</sup>, a Moderada passou de 326,584 km<sup>2</sup> para 8 51,692 km<sup>2</sup>, e a Moderada Baixa de 32,019 km<sup>2</sup> para 161,575 % km

**Palavras-chave:** Caatinga, Erosão, Precipitação, Sensoriamento Remoto, Uso do Solo.

## **ENVIRONMENTAL DEGRADATION AND VEGETATION COVER OF THE ESPINHARAS RIVER SUB-BASIN IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID**

**Abstract:** The Brazilian northeast is part of the semi-arid regions around the world, its biome, Caatinga, is the one with the greatest diversity of fauna and flora, differentiating itself from other seasonally dry tropical forests. It is one of the most populous semi-arid places in the world, home to approximately 27 million people. In this context, the objective of this work was to classify the environmental degradation and vegetation cover of the Espinharas River Sub-Hydrographic Basin in the backlands of Paraíba over a period of 30 years. The study was carried out in the municipalities of the Espinharas River Sub-Basin, which covers the area between the states of Paraíba and Rio Grande do Norte and which the Water Resources Plan of the Piancó-Piranhas-Açu River Basin, characterizes the Espinharas River Hydrological Planning Unit. The climatological mean, median and basic statistical precipitation of each municipality were analyzed. Also, a survey of land use was carried out by IBGE's SIDRA Platform, observing the agricultural census and the harvested area. The Qgis software was used to process the images, acquired from the USGS and, subsequently, field observations were made to support the classification and preparation of thematic maps. The images that were used in the project are those from the TM/LANDSAT-5 satellite and the OLI/LANDSAT-8 satellite. The maps were prepared at the Remote Sensing Laboratory at the Federal University of Campina Grande (UFCG). It was found that there is a need to adjust the data relating to climatology, which differ from those provided by the responsible bodies. Crops and livestock reduced significantly, some municipalities stopped producing, due to lack of adequate management and prolonged droughts. The most significant erosion is 0 – 1 t.ha.year<sup>-1</sup>, which corresponds to 66.934%, high and moderate erosion represents 4.052 and 8.519%, respectively. There was a recovery in vegetation, Exposed Soil reduced from 17.53% to 2.4%, from 1993 to 2022, Sparse Vegetation, from 35.16% to 26.21%, Semi-Dense Vegetation represents the largest vegetation cover, with 54.45%, followed by Dense Vegetation 8.60% in 1993, which reached 15.16% in 2022. Degradation has been gradually decreasing, due to the recovery of vegetation, Severe Degradation was 31.07%, in 1993, which represented 8.24% in 2022, in the same time interval Moderately Severe degradation increased from 53.52% to 59.76%, Moderate increased from 9.93% to 24.91, and Moderate Low 0.97 to 4.91%, which demonstrates the gradual reduction in degradation. In the Espinharas River Basin, it requires adequate management to recover fauna and flora, and reduce degradation, in an accelerated manner.

**Keywords:** Vegetation Classification, Erosion, Precipitation, Remote Sensing, Land Use.

## Listas de Figuras

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo com os principais municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas - PB/RN.....	24
<b>Figura 2.</b> Localização do município de Serra Negra do Norte – RN. ....	25
<b>Figura 3.</b> Localização do município de Areia de Baraúnas – PB.....	27
<b>Figura 4.</b> Localização do município de Cacimba de Areia – PB.....	28
<b>Figura 5.</b> Localização do município de Cacimbas – PB.....	30
<b>Figura 6.</b> Localização do município de Imaculada – PB.....	31
<b>Figura 7.</b> Localização do município de Mãe d'Água – PB. ....	33
<b>Figura 8.</b> Localização do município de Maturéia – PB.....	34
<b>Figura 9.</b> Localização do município de Passagem – PB.....	36
<b>Figura 10.</b> Localização do município de Patos – PB.....	38
<b>Figura 11.</b> Localização do município de Quixaba – PB.....	39
<b>Figura 12.</b> Localização do município de Salgadinho – PB. ....	41
<b>Figura 13.</b> Localização do município de Santa Teresinha – PB.....	42
<b>Figura 14.</b> Localização do município de São José do Bonfim – PB. ....	44
<b>Figura 15.</b> Localização do município de São José de Espinharas – PB. ....	45
<b>Figura 16.</b> Localização do município de Teixeira – PB. ....	46
<b>Figura 17.</b> Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. .....	48
<b>Figura 18.</b> Representação gráfica da relação entre os principais municípios integrantes da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas e a área da Sub-Bacia. ....	50

<b>Figura 19.</b> Representação gráfica do relevo da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com os principais cursos d'água. ....	51
<b>Figura 20.</b> Representação gráfica dos solos da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas .....	53
<b>Figura 21.</b> Exemplificação da degradação da vegetação e as alterações no solo e escoamento da água .....	56
<b>Figura 22.</b> Contraste entre as zonas áridas do mundo e no Brasil.....	61
<b>Figura 23.</b> Delimitação do Bioma Caatinga e do Semiárido do Nordeste Brasileiro....	62
<b>Figura 24.</b> Em destaque as áreas de vegetação e desmatadas até 2009 .....	63
<b>Figura 25.</b> Média pluviométrica (mm) dos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas – SBRE, no período de 1994 a 2023. ....	89
<b>Figura 26.</b> Área (ha) produtiva de lavouras permanente e temporárias dos municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas. ....	101
<b>Figura 27.</b> Mapa de Erosão da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas. ....	104
<b>Figura 28.</b> Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada – IVDN, da Sub-Bacia do Rio Espinharas, com classificada de acordo com a intensidade da vegetação, onde 1 é água e solo exposto, e 2 a 6 a vegetação, sendo 2 a vegetação rala e 6 a vegetação mais exuberante.....	106
<b>Figura 29.</b> Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 1993. ....	110
<b>Figura 30.</b> Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2003. ....	111
<b>Figura 31.</b> Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2013. ....	112
<b>Figura 32.</b> Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2022. ....	113

**Figura 33.** Locais em que se observaram a Classe de Solo Exposto. Onde: A – Área de agricultura de sequeiro em São José do Bonfim; B – Área de pecuária extensiva em São José do Bonfim; C – Área de agricultura de sequeiro em Salgadinho; D – Área descampada próximo ..... 114

**Figura 34.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Rala. Onde: A – Área localizada em Areai de Baraúnas, com vegetação rasteira; B – Área localizada em Maturéia, próximo ao Pico do Jabre, com gramíneas e arbusto; C – Área localizada em São de José Espinharas, com vegetação rasteira e próximo a uma serra; D – Área localizada em São de José Espinharas, usado para pecuária extensiva, arbustos dispersos e solo exposto; E – Área localizada em São de José Espinharas, com gramíneas; e F – Área localizada em São de José Espinharas, arbustos dispersos e próximo a cidade. . 115

**Figura 35.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Semidensa. Onde: A – Área localizada em Passagem, morro com Vegetação Semidensa e áreas de lajeiro e Vegetação Rala e Solo Exposto; B – Área localizada em próximo a Patos; C – Área localizada em de São José de Espinharas, com relevo ondulado, com exemplares da classe; D – Área localizada em Santa Gertrudes, distrito de Patos; E e F – Área localizada em Santa Terezinha, a classe de Vegetação Rala mudando para Semidensa; G e H – Área localizada em Serra Negra do Norte, serras com Vegetação Semidensa ..... 116

**Figura 36.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Densa. Onde: A e B – Área localizada em Mãe d'Água, serra em torno do Pico do Jabre; C – Área localizada em de Santa Teresinha, área plana com solo exposto e serra de difícil acesso com vegetação densa; D – Área localizada em Maturéia, ao redor do Pico do Jabre; E – Área localizada em Mãe d'Água, serra em torno do Pico do Jabre; F – Área localizada em de São José de Espinharas, serra da APP Tronco; ..... 118

**Figura 37.** As imagens abaixo: A, B, C, D, E e F, representam a subida da serra, onde se localiza o Pico do Jabre em Maturéia, com vegetação densa. .... 120

**Figura 38.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 1993, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo. .... 124

**Figura 39.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2003, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo. .... 125

**Figura 40.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2013, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo. .... 126

**Figura 41.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2022, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo. .... 127

**Figura 42.** Locais em que se observaram a Classe de Degradação Muito Grave. Onde: A – Área sem cobertura vegetal em Salgadinho, com erosão; B – Vista de serra desmatada da Pedra do Tendor, serra desmatada e com erosão; C e D – Município de São José de Espinharas, trecho do Rio Espinharas, sem mata ciliar, sinais de extração de areia e erosão nas encostas; E e F – Serra Negra do Norte, Rio Espinharas, antes de desembocar no Rio Piranhas, sinais de eutrofização, mata ciliar retirada, com pasto sendo cultivado (imagem E), e leito do rio assoreado ..... 128

**Figura 43.** Trecho do Rio Espinharas em Patos, zona urbana, onde A – Vista sob a ponte, mata ciliar algaroba, Rio eutrofizado; B – Vista superior do Rio Espinharas, dentro do perímetro urbano, observa-se cultivo de pasto irrigado. .... 130

**Figura 44.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderadamente Grave. Onde: A e B – Município de São José de Espinharas, áreas apresentando pouca cobertura vegetal, sem proteção do solo e com erosão; C e D – Município de Serra Negra do Norte, trecho de serras, áreas solo descoberto e pouca vegetação sobre o solo até o açude, utilizada para pecuária (C), áreas apresentando pouca cobertura vegetal, sem proteção do solo e com erosão (D). .... 131

**Figura 45.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado. Onde: A e B – Município de Serra Negra do Norte, áreas apresentando pouca cobertura vegetal, observa-se trechos com vegetação arbustiva de porte baixo a médio, solo coberto; C Município de Patos, com vegetação de baixo porte e D – Município de São José de Espinharas, trecho com serras ao fundo, área com vegetação de médio porte e espaçadas. .... 132

**Figura 46.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado Baixo. Onde: A e B – Imagens da serra na saída de Mãe d’Água para Santa Teresinha, observa-se vegetação densa, protegendo o solo, pouca ou nenhuma exploração econômica; C e D – Imagens da serra na saída de Maturéia (Pico do Jabre) para Mãe d’Água, serra de difícil acesso, com pouca exploração econômica. .... 133

**Figura 47.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado Muito Baixo. Onde: A – Imagens município de Maturéia, observa-se vista do Pico do Jabre, vegetação muito densa, pouca ou nenhuma exploração econômica, com propriedade no meio da serra; B – Vista da subida ao Pico do Jabre, nota-se postes, o local é utilizado para instação de torres de telecomunicações; C – Vista da Subida Pico do Jabre; D – Imagens da serra para o Pico do Jabre, vegetação densa nas laterais da estrada..... 134

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Classificação da Vegetação em: Muito Densa, Densa, Semidensa, Semidensa Rala, Rala e Solo Exposto, com as suas respectivas características.....	81
<b>Tabela 2.</b> Indicadores para análise dos níveis de degradação ambiental.....	82
<b>Tabela 3.</b> Fatores de erodibilidade (Fator K) em relação ao tipo de solo encontrados no Estado da Paraíba.....	86
<b>Tabela 4.</b> Probabilidade de 75 % de ocorrer precipitação durante os meses do ano para os municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas. ....	93
<b>Tabela 5.</b> Porcentagem de meses com volumes de precipitações, abaixo de 10 mm, acima de 100 mm, acima de 50 mm, igual a zero e a média da Sub-Bacia Hidrográficas do Rio Espinharas.....	94
<b>Tabela 6.</b> Quantidade de cabeças por rebanho de bovinos, caprinos e ovinos conforme o município para os censos agropecuários de 1995, 2006 e 2017.....	96
<b>Tabela7.</b> Carga animal Bovina, Caprino e Ovino e a soma correspondente para os município pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas. ....	99
<b>Tabela 8.</b> Áreas de perda de solo t/ha ano, por causa da erosão na Sub-Bacia do Rio Espinharas, com a porcentagem das áreas acumulada e as classes de erosão de acordo com a FOA. ....	105
<b>Tabela 9.</b> Classificação da vegetação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com a área e a porcentagem correspondente, para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2022.....	108
<b>Tabela 10.</b> Classificação da Degradação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com a área e a porcentagem correspondente, para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2022. ....	122

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1.</b> Dados socioeconômicos do município de Serra Negra do Norte - RN.....	26
<b>Quadro 2.</b> Dados socioeconômicos do município de Areia de Baraúnas – PB.....	27
<b>Quadro 3.</b> Dados socioeconômicos do município de Cacimba de Areia – PB. ....	29
<b>Quadro 4.</b> Dados socioeconômicos do município de Cacimbas – PB. ....	30
<b>Quadro 5.</b> Dados socioeconômicos do município de Imaculada – PB.....	31
<b>Quadro 6.</b> Dados socioeconômicos do município de Mãe d’Água – PB. ....	33
<b>Quadro 7.</b> Dados socioeconômicos do município de Maturéia – PB.....	35
<b>Quadro 8.</b> Dados socioeconômicos do município de Passagem – PB. ....	36
<b>Quadro 9.</b> Dados socioeconômicos do município de Patos – PB.....	38
<b>Quadro 10.</b> Dados socioeconômicos do município de Quixaba, estado da Paraíba – PB. .....	40
<b>Quadro 11.</b> Dados socioeconômicos do município de Salgadinho – PB. ....	41
<b>Quadro 12.</b> Dados socioeconômicos do município de Santa Teresinha – PB.....	43
<b>Quadro 13.</b> Dados socioeconômicos do município de São José do Bonfim – PB. ....	44
<b>Quadro 14.</b> Dados socioeconômicos do município de São José de Espinharas – PB...	45
<b>Quadro 15.</b> Dados socioeconômicos do município de Teixeira, estado da Paraíba – PB. .....	47
<b>Quadro 16.</b> Pesquisas sobre degradação ambiental.....	57
<b>Quadro 17.</b> Pesquisas sobre degradação ambiental na Caatinga.....	58
<b>Quadro 18.</b> Pesquisas realizadas nos últimos 5 anos sobre o Bioma Caatinga.....	64
<b>Quadro 19.</b> Resumos das pesquisa utilizadas por Nobrega (2020), com o objetivo e suas principais conclusões.....	69

<b>Quadro 20.</b> Bandas espectrais do sensor TM/ Landsat – 5 a 7 e do sensor OLI /Landsat .....	73
<b>Quadro 21.</b> Alguns Índices de Vegetação (IV) comumente utilizados. Onde RNIR é a banda do infravermelho próximo, RR a banda do vermelho, RG a banda do verde, RB a banda do azul.....	74
<b>Quadro 22.</b> Pesquisas realizadas com IV, dos últimos 5 anos, descrito o tipo de pesquisa, autor (es), objetivo e principais conclusões.....	75
<b>Quadro 23.</b> Índices de Vegetação baseados em imagens. Onde: A = banda infravermelho próximo, B = banda vermelho, sendo representado pelas bandas 4 e 3, no satélite Landsat 4-5 Sensor TM e pelas bandas 5 e 4, no Landsat 8 Sensor OLI/TIRS, respectivamente. .....	81
<b>Quadro 24.</b> Mediana (mm), DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação, dos municípios que compõe a Sub-Bacia do Rio Espinharas. ....	90

## Lista de Siglas

AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas  
ANA - Agência Nacional de Águas  
ASP - *American Society of Photogrammetry*  
CIVE - *Color Index of Vegetation*  
CV – Coeficiente de Variação  
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DP - Desvio Padrão  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.  
EVI - *Enhanced Vegetation Index*  
ExG - *Excess Green*  
GARI - *Green Atmospherically Resistant Vegetation Index*  
GCI - *Green Chlorophyll Index*  
GRVI - *Green-Red Vegetation Index*  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.  
IDHM Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IV - Índice de Vegetação  
IVDN – Índice de Vegetação Diferenciado Normalizado  
MCARI1 - *First Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index*  
MCARI2 - *Second Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index*  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MSAVI - *Modified SAVI*  
MSR - *Modified SR*  
NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*  
NGRDI - *Normalized Green Red Difference Index*  
OLI - *Operational Land Imager*  
ONU - Organização das Nações Unidas  
OSAVI - *Optimized SAVI*  
PB – Paraíba  
PDI - Processamento Digital de Imagens  
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RDVI - *Renormalized Difference Vegetation Index*

RN – Rio Grande do Norte

SARVI - *Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index*

SAVI - *Soil Adjusted Difference Vegetation Index*

SDTF - *Seasonally Dry Tropical Forest*

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

SIPI - *Structural Insensitive Pigment Index*

SR -Sensoriamento Remoto

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TM - *Thematic Mapper*

TVI - *Triangular Vegetation Index*

UFMG - Universidade Federal de Campina Grande

UPH - Unidades de Planejamento Hidrológico

USGS - *United States Geological Survey*

VARI - *Visible Atmospherically Resistant Index*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	21
2. OBJETIVOS.....	23
2.1    Objetivo Geral .....	23
2.2    Objetivos Específicos .....	23
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.1    Caracterização dos Municípios.....	24
3.1.1    Serra Negra do Norte.....	25
3.1.2    Areia de Baraúnas .....	26
3.1.3    Cacimba de Areia .....	28
3.1.4    Cacimbas.....	29
3.1.5    Imaculada.....	31
3.1.6    Mãe d'Água .....	32
3.1.7    Maturéia.....	34
3.1.8    Passagem.....	35
3.1.9    Patos .....	37
3.1.10    Quixaba.....	39
3.1.11    Salgadinho .....	40
3.1.12    Santa Teresinha .....	42
3.1.13    São José do Bonfim.....	43
3.1.14    São José de Espinharas .....	45
3.1.15    Teixeira.....	46
3.2    Sub- Bacia Hidrográfica Rio Espinharas.....	47
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	55
4.1    Degradação Ambiental .....	55
4.2    Cobertura Vegetal.....	60
4.3    Sensoriamento Remoto.....	70
4.4    Processamento Digital de Imagens.....	72
5. METODOLOGIA .....	80
5.1    Aquisição das Imagens .....	80
5.2    Análise e Observações de Campo .....	80
5.3    Índice de Vegetação.....	81
5.4    Análise da Degradação Ambiental .....	82

5.5	Análise da Precipitação .....	83
5.6	Indicativos do Censo Agropecuário .....	84
5.7	Quantificação de Erosão .....	84
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	88
6.1	Precipitação .....	88
6.2	Carga Animal.....	95
6.3	Lavouras .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.4	Quantificação da Erosão .....	102
6.5	Vegetação .....	106
6.6	Degradação Ambiental .....	122
7.	CONCLUSÕES.....	136
8.	REFERÊNCIAS.....	139

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país continental, o qual possui grande abundância na fauna e flora. A região semiárida, por exemplo, possui riqueza e diversidade, sendo uma das regiões com mais variedades de espécies vegetativas, entre as paisagens semiáridas ao redor do mundo. A floresta tropical sazonalmente seca, no Brasil é mais conhecida como bioma Caatinga, representa 10 % do território brasileiro (IBGE, 2022).

Conforme Ministério do Meio Ambiente – MMA (2011), o nordeste brasileiro é uma das regiões semiáridas mais populosas do mundo, com aproximadamente 27 milhões de habitantes e a ocupação dessa área teve início desde a colonização no século XVI.

No início da ocupação humana na região do Nordeste brasileiro, as atividades econômicas eram principalmente baseadas na exploração e no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, tais como a agricultura de subsistência, criação de gado de corte e leiteiro, extração de recursos naturais e comércio.

Com isso, a Caatinga vem sofrendo ao longo dos anos um forte antropismo, o que vem fazendo com que ela sofra degradação, principalmente pela perda da vegetação nativa, e em consequência, alteração no solo, recursos hídricos, perda da biodiversidade, erosão do solo, dentre outros.

A degradação ambiental geralmente tem muitos impactos, muitas vezes interligados e complexos. A principal alteração ocorreu com a vegetação, pois o Bioma Caatinga, boa parte se encontra alterado ou foi suprimida. De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2009), até 2009 a cobertura vegetal correspondia a 53,38%, isto é, um pouco mais de sua metade.

A retirada da vegetação, pode ser para dar lugar ao plantio de culturas temporárias e permanentes, a pastos para a pecuária; e por se tratar de uma região na qual a precipitação é baixa e evapotranspiração é alta, dificulta a produção, levando o agricultor a desmatar grandes áreas, principalmente próximo aos corpos hídricos, retirando a mata ciliar.

A flora do bioma caatinga possui uma grande diversidade de leguminosas, e a agropecuária no sistema extensivo é o principal manjo utilizado no Nordeste, principalmente a bovinocultura, como resultado há o sobrepastoreio em muitas áreas, perda da diversidade florística, a compactação e erosão do solo.

Os processos erosivos, também são o resultado de série de fatores, já citados, alguns dos efeitos temos: a perda do solo, assoreamento dos rios, perda da fertilidade e da microbiota do solo.

Nesse cenário, tem-se a Sub-Bacia do Rio Espinharas, abrangendo mais 15 municípios, que apresenta como vegetação nativa a Caatinga e inserida no alto sertão paraibano, compondo a Bacia Hidrográfica do Piranhas-Piancó-Açu, o qual ainda carece de estudos mais expressivos sob os aspectos da cobertura vegetal e dos níveis/grau de degradação.

Neste contexto, esta tese consiste no aprofundamento da pesquisa desenvolvida por Nóbrega (2020) sobre o Índice de Vegetação e a Degradação Ambiental, utilizando imagens de satélites para diferentes anos no município de São José de Espinharas - PB, tendo em vista as análises observadas na área em questão, onde há indicativos de recuperação da vegetação e redução da degradação. O município, em estudo, é cortado pelo Rio Espinharas, que pertence a Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, um importante manancial para as atividades econômicas e fonte de água para as cidades sertanejas.

Assim, para o aprimoramento da pesquisa anteriormente citada, nesta, será ampliado o horizonte temporal da pesquisa de 20 para 30 anos, além disso, o *lócus* será a Sub-Bacia, diferentemente do trabalho anterior que se concentrou apenas em analisar o município de São José de Espinharas.

A partir das considerações expostas, tem-se na sequência o delineamento dos objetivos geral e específicos para o alcance dos resultados.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Classificar a degradação ambiental e da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas no sertão paraibano num período de 30 anos.

### 2.2 Objetivos Específicos

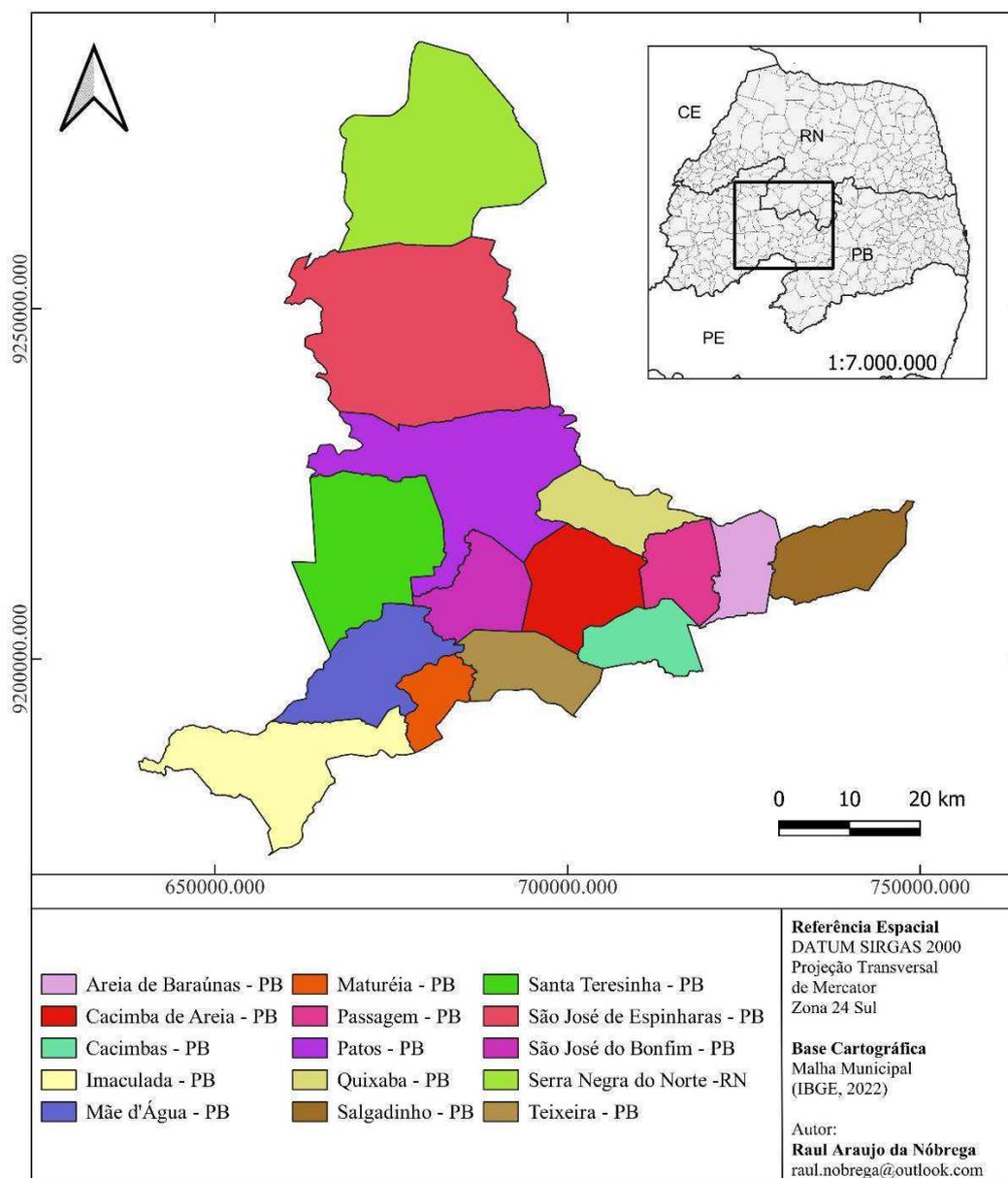
- Analisar a precipitação dos municípios para o período em estudo.
- Estimar a área da lavoura e da unidade animal;
- Estimar a quantidade de perda de solo pela erosão;
- Estimar cobertura vegetal e gerar mapas de *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI;
- Classificar a cobertura vegetal associada à degradação ambiental;
- Classificar e gerar mapas da degradação ambiental.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Caracterização dos Municípios

O estudo realizou-se nos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas (Figura 1), que de acordo com Rêgo; Trajano (2005) se localiza entre os paralelos 6°41'18'' e 7°21'51'' Sul, e os meridianos 36°43'41'' e 37°33'50'' a Oeste de Greenwich, abrange os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, de acordo com a ANA (2018), no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrografia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, caracteriza a Unidade de Planejamento Hidrológico do Rio Espinharas, com 3,291 km<sup>2</sup>.

**Figura 1.** Localização da área de estudo com os principais municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas - PB/RN.



Fonte: Autoria própria (2023)

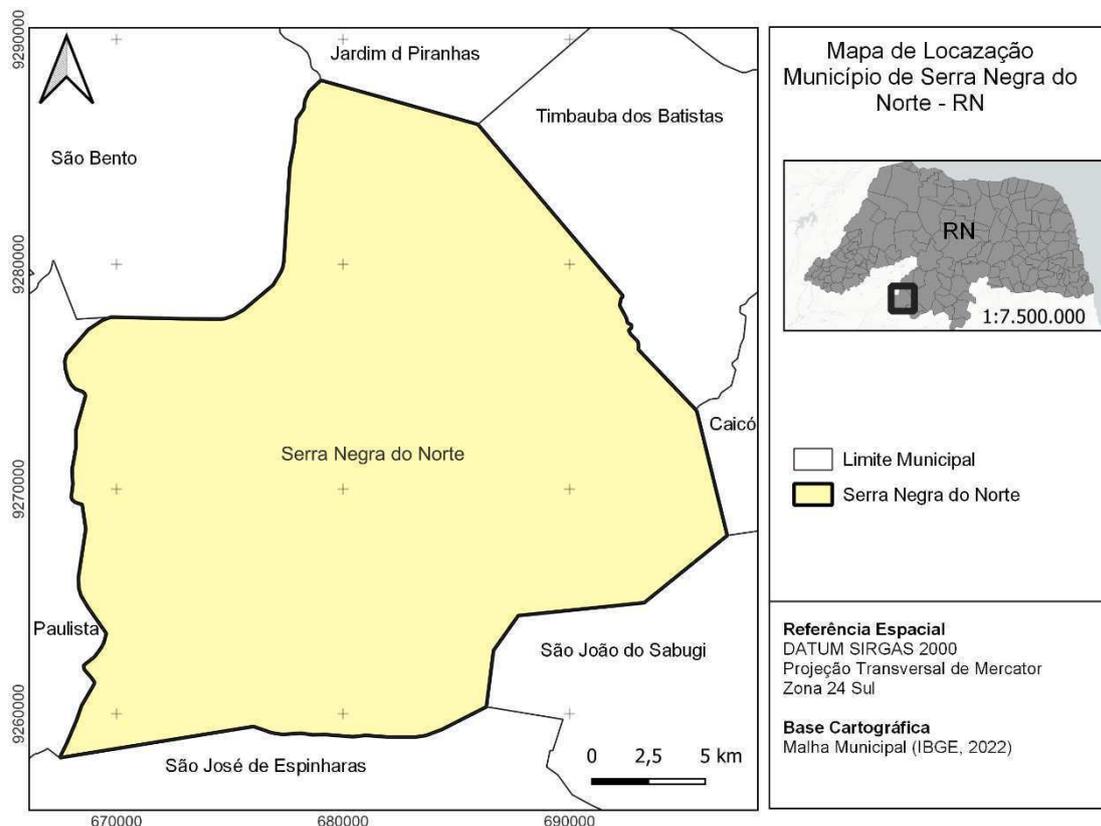
### 3.1.1 Serra Negra do Norte - RN

Serra Negra do Norte, município pertencente ao estado do Rio Grande do Norte, está localizado na mesorregião Central Potiguar, e na microrregião Seridó Ocidental, e faz parte do Polo de Turismo do Seridó.

O sistema econômico da cidade se baseia na bonelaria, que foi construído ao longo dos anos, sendo sua atividade econômica central; a cidade possui de mais de trinta fábricas de bonés que contribuem com o capital de giro da cidade, e o desenvolvimento socioeconômico dos habitantes da cidade (Taveira, 2023).

Em 03 de agosto de 1874, Serra Negra do Norte desmembrou-se de Caicó e tornou-se município do Rio Grande do Norte (Figura 2), sendo instalado no dia 21 de maio do ano seguinte. Serra Negra do Norte teve sua sede administrativa transferida para São João do Sabugi - RN em 27 de maio de 1932, voltou à sua localização histórica no dia 13 de dezembro de 1935 e adquiriu foros de cidade em 29 de março de 1938 (Prefeitura de Serra Negra do Norte, 2023).

**Figura 2.** Localização do município de Serra Negra do Norte – RN.



Fonte: Autoria própria (2023)

O município apresenta uma área de 562,396 km<sup>2</sup>. De acordo com o IBGE cidades (2023), a população, atualmente se concentra, na zona urbana (Quadro 1). Com um IDHM baixo, o que caracteriza o município como sendo “pobre” (PNUD, 2013). E mesmo, a maior parte da população morando na cidade, a área urbana corresponde a 1,13 km<sup>2</sup> do município e com esgotamento sanitário em 73,3 % do total da cidade.

**Quadro 1.** Dados socioeconômicos do município de Serra Negra do Norte - RN

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	2190	5621	7811	13,89	...
1991	3053	4452	7505	13,34	0,332
2000	2909	4634	7543	13,41	0,454
2010	4997	2773	7770	13,81	0,597
2022	...	...	7597	13,51	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			562,396		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			1,13		
PIB per capita [2021] R\$			14.666,95		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			73,3		

... Não possui dados

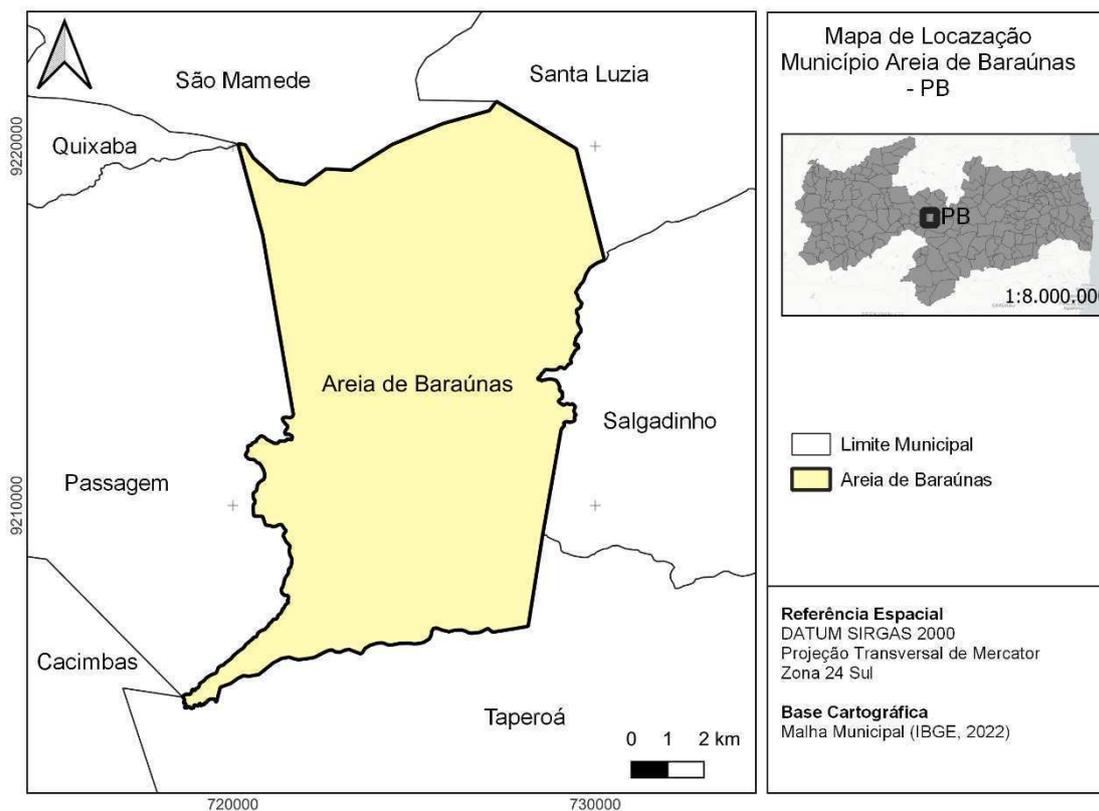
**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.2 Areia de Baraúnas - PB

O município de Areia de Baraúnas (Figura 3), é um município novo, localizado no alto sertão e na mesorregião de Patos. Em 1916 Areia de Baraúnas passou a ser Distrito de Passagem, permanecendo assim até a sua emancipação em 1994.

Onde hoje está demarcada a área do município já era habitado por índios Pegas e Panatis da família Cariris e que, por volta do ano de 1871, o senhor José Vermelho, de origem cafuzo que estava fugindo dos maus tratos das senzalas, ficando amigo dos índios e passando a desenvolver atividades como comerciante na região e atraindo outras famílias para localidade (Prefeitura de Areia de Baraúnas, 2023).

A economia do município de Areia de Baraúnas concentra-se mais no setor primário através da agricultura e pecuária, participando com mais de 75% das atividades; o setor secundário é incipiente com 0 a 10% e o setor terciário modesto com 0 a 5% (Mascarenhas, 2005).

**Figura 3.** Localização do município de Areia de Baraúnas – PB.

**Fonte:** Autoria própria (2023)

Areia de Baraúna possui uma área de 114,078 Km<sup>2</sup>, por ter se emancipado em 1994, uma parte dos dados estatísticos estão inclusos no município de Passagem. De acordo com o IBGE (2023), a maioria da população se localiza na zona rural, seu IDHM é considerado baixo (PNUD, 2013). No quadro 2, observa-se que a zona urbana possui 0,52 Km<sup>2</sup>, e os dados de população da zona rural eram minoria até 2010.

**Quadro 2.** Dados socioeconômicos do município de Areia de Baraúnas – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	...	...	...	...	...
1991	...	...	...	...	0,188
2000	865	1239	2104	18,44	0,385
2010	1017	910	1927	16,89	0,562
2022	...	...	2005	17,58	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			114,078		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,52		
PIB per capita [2020] R\$			10.457,70		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			42		

... Não possui dados

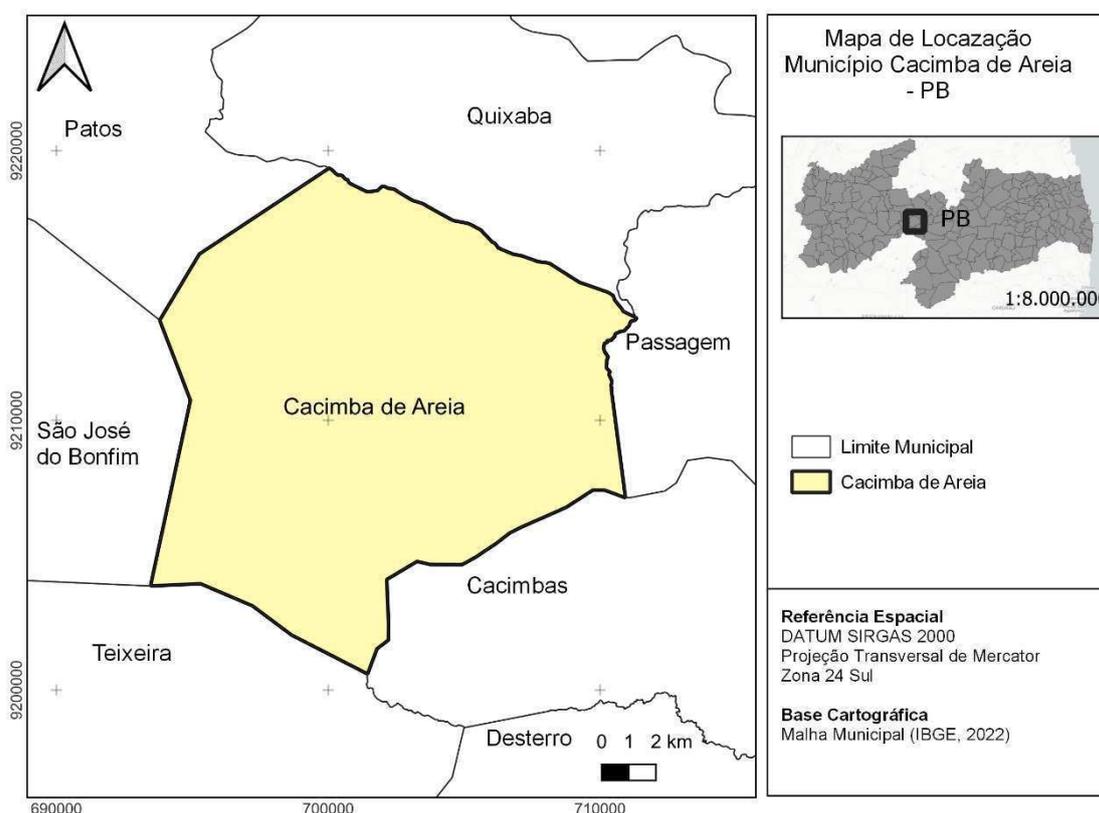
Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.3 Cacimba de Areia – PB

O município de Cacimba de Areia (Figura 4), teve origem com um povoado que se denominava Malhada de Areia, no local se situava uma grande cacimba, que abastecia a localidade, posteriormente, dando o nome da cidade (Prefeitura de Cacimba de Areia, 2023).

O município era distrito de Patos, se emancipando em 26 de dezembro de 1961, possui uma área de aproximadamente 213,018 Km<sup>2</sup>, faz divisão com os municípios de Quixaba, Patos, São José do Bonfim, Passagem, Cacimbas e Teixeira.

**Figura 4.** Localização do município de Cacimba de Areia – PB.



Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com o IBGE (2023), o município tem a maior parte da população morando na zona rural (Quadro 3), com IDHM considerado baixo (PNUD, 2013). A área da urbana é de aproximadamente 1,64 km<sup>2</sup>, o qual possui esgotamento sanitário em 41,7 % do total município.

**Quadro 3.** Dados socioeconômicos do município de Cacimba de Areia – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	631	2210	2841	13,33	...
1991	905	2001	2906	13,64	0,276
2000	1289	2288	3577	16,79	0,413
2010	1674	1883	3557	16,69	0,596
2022	...	...	3291	15,45	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			213,018		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			1,64		
PIB per capita [2020] R\$			9.895,07		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			41,7		

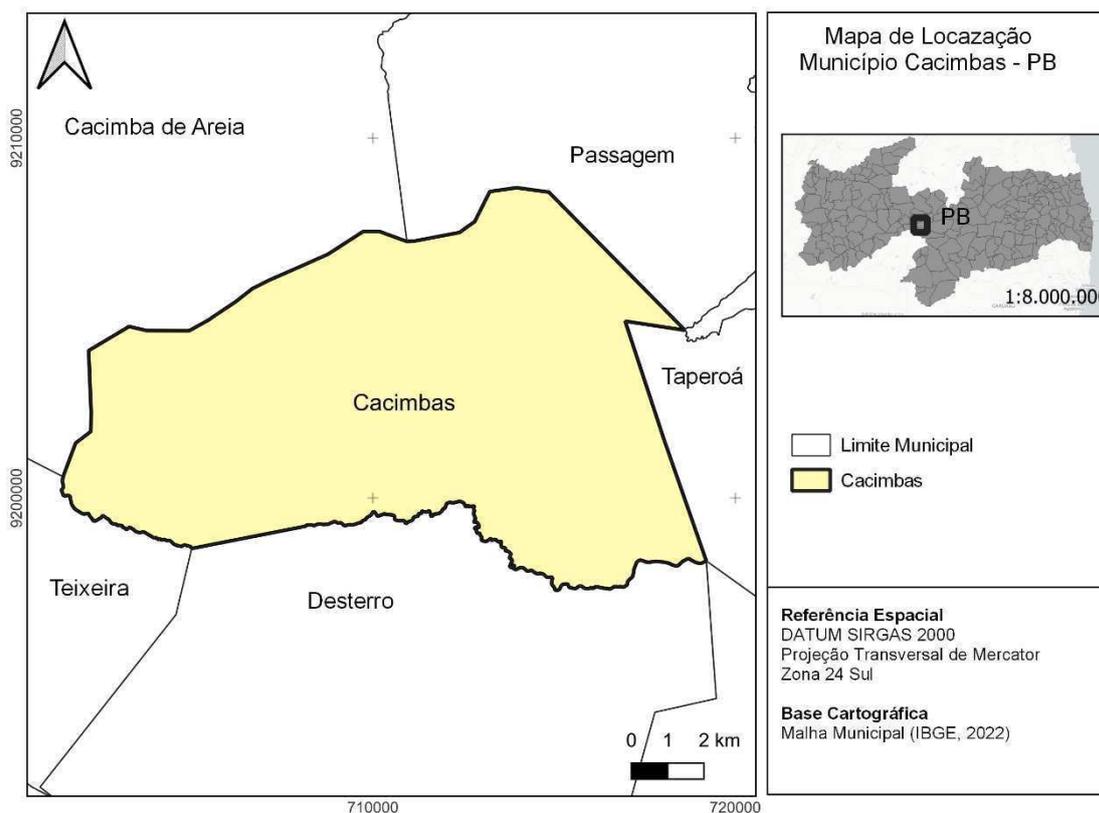
... Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.4 Cacimbas – PB

Cacimbas (Figura 5) é um município integrante da região metropolitana de Patos. Localiza-se a uma latitude de 07°12'40" Sul e longitude 37°03'27" Oeste, estando a uma altitude de 645 metros.

Conforme o histórico dos moradores mais antigos da cidade, o nome do município, foi atribuído aos caçadores, pois onde se localiza a cidade, possuía muitos riachos e no período de seca, cavavam muitas cacimbas. Elevado à categoria de município com a denominação de Cacimbas, pela Lei Estadual Nº 5905, de 29-04-1994, desmembrado do município de Desterro, instalado em 01-01-1997 (Prefeitura de Cacimbas, 2023).

**Figura 5.** Localização do município de Cacimbas – PB.

**Fonte:** Autoria própria (2023)

No quadro 4 estão dispostos os dados estatísticos do município de Cacimbas, de acordo com IBGE, possui 7225 habitantes, com a maioria da população morando na zona rural, com um IDHM baixo (PNUD, 2013). Possui 124,068 km<sup>2</sup>, a parte urbana corresponde a 1,64 km<sup>2</sup> e o esgotamento sanitário de 30,5 %.

**Quadro 4.** Dados socioeconômicos do município de Cacimbas – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	...	...	...	...	...
1991	...	...	...	...	0,168
2000	1499	5480	6979	56,25	0,312
2010	1641	5173	6814	54,92	0,523
2022	...	...	7.223	58,22	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			124,068		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			1,64		
PIB per capita [2020] R\$			8.559,68		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			30,5		

... Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.5 Imaculada – PB

Imaculada (Figura 6), originou-se de uma vila, e seu primeiro nome foi Queimada do Silva, devido a um grande incêndio ocorrido no vilarejo em 1875, ela ascendeu a categoria de vila em 1938, e elevada a condição de município em 4 de janeiro de 1965, se emancipando de Teixeira. E é a 3º cidade mais alta da Paraíba com 759 metros de altitude (Prefeitura de Imaculada, 2023).

**Figura 6.** Localização do município de Imaculada – PB.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

De acordo com o IBGE (2023) (Quadro 5), o município possui 317,804 km<sup>2</sup>, possui 11.877 habitantes, com maioria residindo em zona rural, com o IDHM em torno de 0,557, considerado baixo (PNUD, 2013). A zona urbana do município, corresponde a 1,16 km<sup>2</sup> com cerca de 23,2 % com saneamento básico.

**Quadro 5.** Dados socioeconômicos do município de Imaculada – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	1457	8666	10123	31,85	...

1991	1840	8383	10223	32,16	0,246
2000	4190	7387	11577	36,42	0,338
2010	5063	6289	11352	35,72	0,557
2022	...	...	10392	32,70	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			317,804		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			1,16		
PIB per capita [2020] R\$			7.662,51		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			23,2		

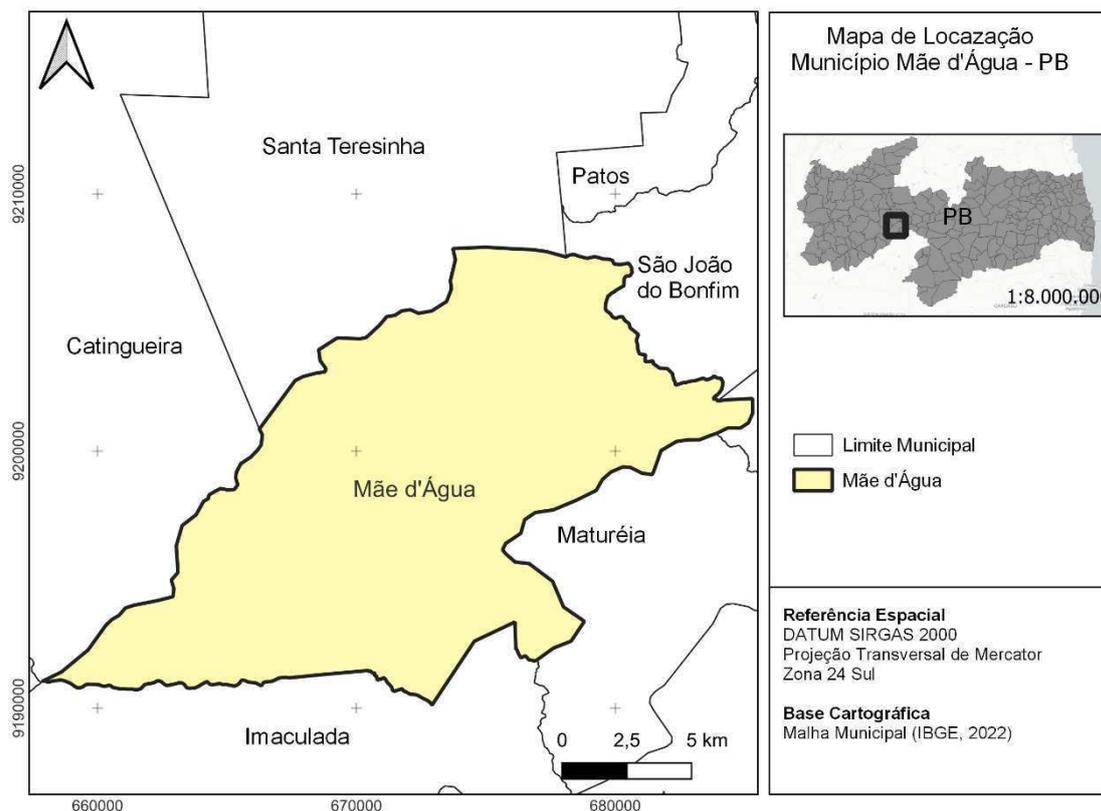
... Não possui dados

Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.6 Mãe d'Água – PB

Onde hoje se encontra o município de Mãe d'Água (Figura 7), eram propriedades fundadas por volta de 1840, a cidade recebeu o nome da fazenda principal, e pertencia e ao território do município de Teixeira, sendo elevado à categoria de Distrito entre 1936 e 1937, assim permanecendo até 1º de julho de 1960; sendo elevado à categoria de município em 26 de dezembro de 1961, desmembrando-se de Teixeira, pela Lei Estadual nº 2686, sendo instalado oficialmente em 20 de fevereiro de 1962 (Prefeitura Mãe d'Água, 2023).

**Figura 7.** Localização do município de Mãe d'Água – PB.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

O município possui uma área de 228,67 km<sup>2</sup>, segundo o IBGE (2022), a população (Quadro 6) reside é de maioria na zona rural, a área da zona urbana é de aproximadamente 0,54 km<sup>2</sup>. Possui um IDHM baixo (PNUD, 2013).

**Quadro 6.** Dados socioeconômicos do município de Mãe d'Água – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	970	4556	5526	24,17	...
1991	1075	3644	4719	20,64	0,235
2000	1302	2157	3459	15,13	0,357
2010	1569	2450	4019	17,58	0,542
2022	...	...	3583	15,67	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			228,67		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,54		
PIB per capita [2020] R\$			9.127,50		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			40,5		

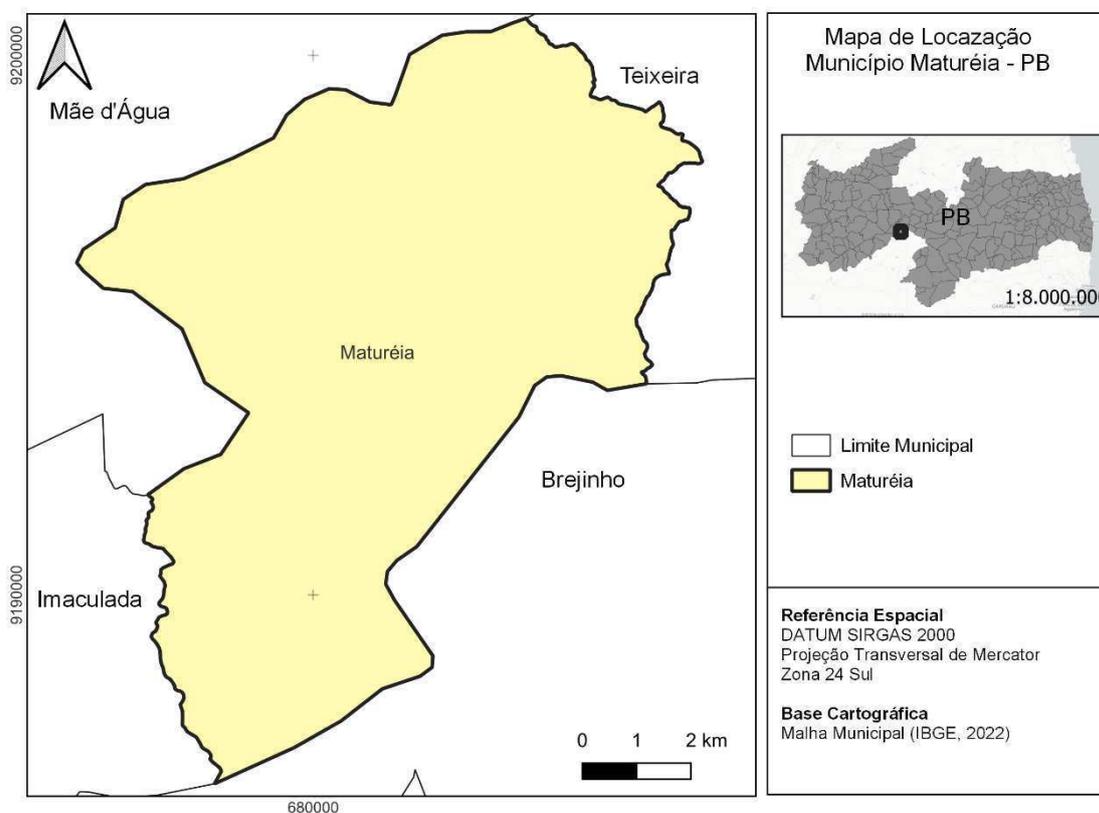
... Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.7 Maturéia – PB

A história de Maturéia (Figura 8), de acordo com Prefeitura de Maturéia (2023), está relacionada com os primórdios do Povoado dos Canudos, do qual se originou o município de Teixeira, era um local de passagem para os mercadores e criadores de gado, e ficou famoso pelo fenômeno vegetal da prolongada maturação dos seus cajueiros, dando origem ao nome da cidade. Desmembrando-se de Teixeira, pela Lei número: 6175 de 13 de dezembro de 1995.

**Figura 8.** Localização do município de Maturéia – PB.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

O município, está inserido na microrregião da Serra do Teixeira, e se encontra a 812 m acima do mar, localiza-se dentro do Parque Estadual do Pico do Jabre, com um dos ecossistemas mais ricos do estado da Paraíba, segundo Lima (2016).

A população de Maturéia (Quadro 7) se concentra na zona urbana, com 1,35 km<sup>2</sup>, e o município conta com 83,053 km<sup>2</sup>. De acordo com o IBGE (2022), o município possui um IDHM baixo (PNUD, 2013), a população passou a ser urbana a partir de 2010, com baixo índice de esgotamento sanitário e PIB.

**Quadro 7.** Dados socioeconômicos do município de Maturéia – PB.

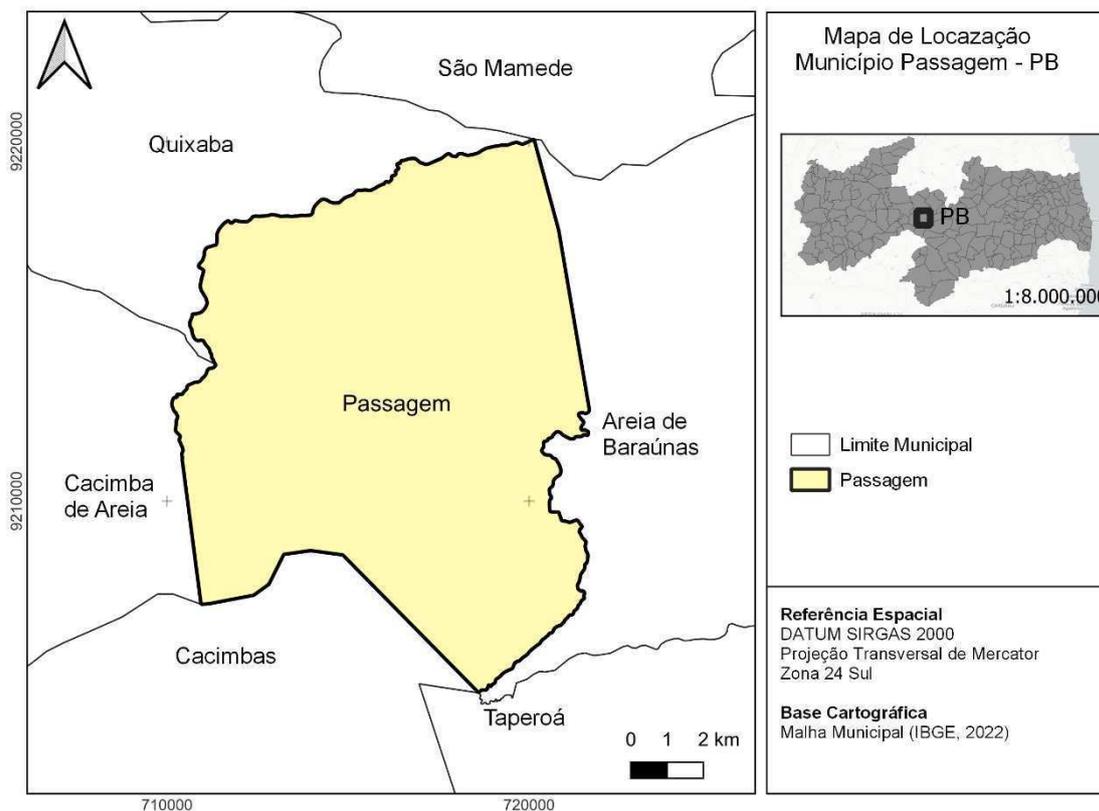
Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	...	...	...	...	...
1991	...	...	...	...	0,199
2000	2460	2572	5032	60,58	0,341
2010	3857	2082	5939	71,51	0,572
2022	...	...	6.433	77,46	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			83,053		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			1,35		
PIB per capita [2020] R\$			8.369,31		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			1,35		

Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.8 Passagem – PB

Passagem (Figura 9) pertenceu ao município de Patos até 1960, de acordo com a história do município, os principais habitantes da região onde se encontra o município de Passagem, foram os índios “Pegas e Panatis”. A origem do nome “Passagem”, deveu-se ao rio da Farinha, que cruzar a estrada por onde os tropeiros com destino aos municípios de Taperoá. O distrito, pertenceu ao município de Patos, com o topônimo de “Passagem”, desmembrados de Patos em 21-01-1962 (Prefeitura de Passagem, 2023).

**Figura 9.** Localização do município de Passagem – PB.

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com o IBGE, o município de Passagem (Quadro 8) possui 123,422 km<sup>2</sup>, com a maioria das pessoas morando na zona rural, e área urbana de 0,57 km<sup>2</sup>. Possui um IDHM médio, maior que as outras cidades, e um esgotamento sanitário de 56 %.

**Quadro 8.** Dados socioeconômicos do município de Passagem – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	846	3388	4234	34,31	...
1991	1038	2406	3444	27,90	0,287
2000	829	1150	1979	16,03	0,446
2010	1109	1124	2233	18,09	0,62
2022	...	...	2463	19,96	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			123,422		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,57		
PIB per capita [2020] R\$			10.940,92		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			56		

... Não possui dados

Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

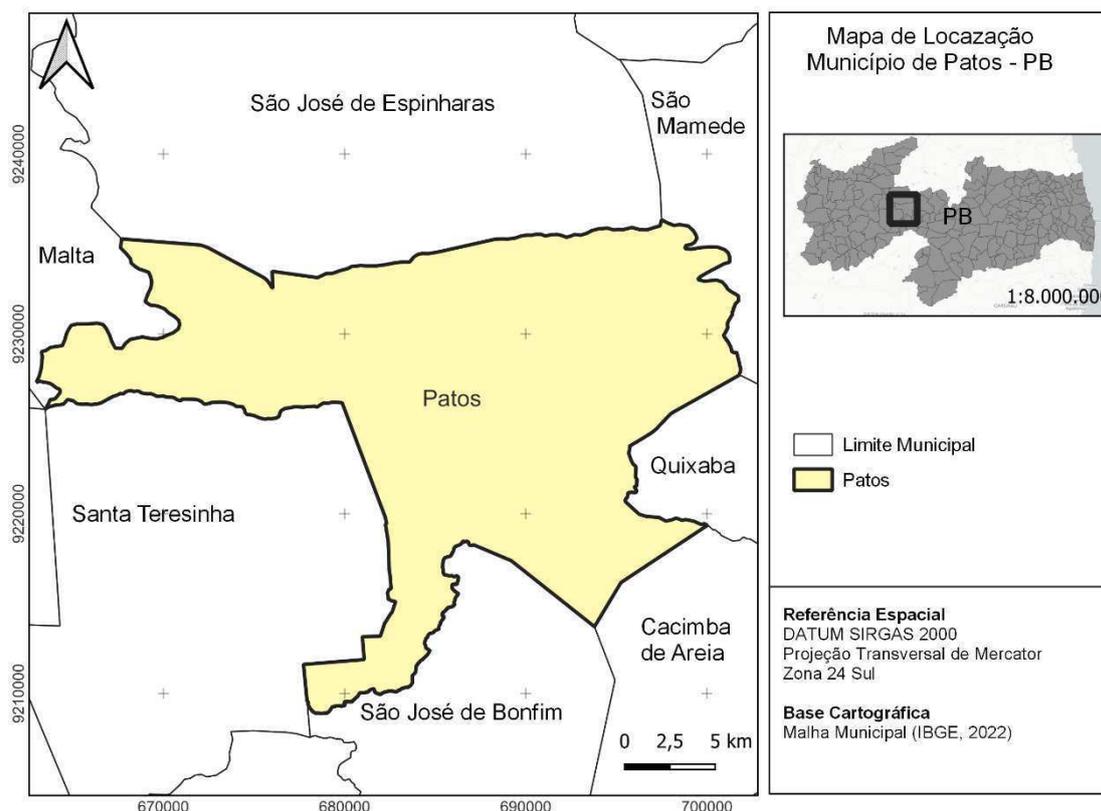
### 3.1.9 Patos – PB

O município de Patos, localiza-se na região Centro-Oeste do Estado da Paraíba, Mesorregião Sertão Paraibano e Microrregião Patos. O município é uma das quinze regiões imediatas do estado brasileiro da Paraíba, composta por 26 municípios (Lima, 2023), dentre eles, os municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com exceção de Serra Negra do Norte.

Os primeiros habitantes que se tem registro, são os índios Cariris. A posição geográfica privilegiada, situada bem no centro do nosso Estado, com o encontro do Rio da Cruz, e Farinha, fez com que local se tornasse parada para os tropeiros, e em consequência, a povoação dos Patos (como era mais conhecida), sempre fosse alcançada por quantos cruzassem o território paraibano de norte a sul, de leste a oeste, o que acabou gerando um progresso rápido, admitido pelos viajantes da época, chegando a despertar nas autoridades a necessidade de criação de um novo município, tendo por sede a alvissareira localidade (Prefeitura de Patos, 2023).

Na sessão de 05 de março de 1830, o Conselho do Governo da Província da Paraíba decidiu pelo encaminhamento ao Ministro e Secretário de Estado dos Negócios do Império, o Marquês de Caravelas, do pedido de criação de três novas Vilas e Câmaras: Bananeiras, Amélia do Piancó e Imperial dos Patos, a primeira desmembrada de Areia. O município passou a existir, assinalando a emancipação política, com sua Câmara de Vereadores, consoante determinava a Lei de primeiro de outubro de 1828, cabendo a ela a administração econômica e municipal (Prefeitura de Patos, 2023; IBGE, 2023).

O município de Patos (Figura 10), tem uma grande importância econômica no interior do estado da Paraíba, pela sua estrutura e extensão, disposição de trabalho da iniciativa privada, com indústrias e comércio. Também é conhecida popularmente como “Capital do Sertão da Paraíba”, e pelo seu clima, a chamam de “Morada do Sol” (Prefeitura, 2023).

**Figura 10.** Localização do município de Patos – PB.

Fonte: Autoria própria (2023)

A população de Patos (Quadro 9) se concentra na zona urbana, sendo umas das cidades mais importantes do estado da Paraíba. Possui 472,892 km<sup>2</sup>, 100.674 habitantes, com um IDHM alto, em torno de 0,701 (PNUD, 2013). A área urbana corresponde a 18,93 km<sup>2</sup> com 97.278 habitantes e esgotamento sanitário em torno de 85,5 % das residências.

**Quadro 9.** Dados socioeconômicos do município de Patos – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	58992	6170	65162	137,79	...
1991	76708	4590	81298	171,92	0,436
2000	87949	3812	91761	194,04	0,557
2010	97278	3396	100674	212,89	0,701
2022	...	...	103,165	218,16	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			472,892		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			18,93		
PIB per capita [2020] R\$			17.737,68		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			85,5		

... Não possui dados

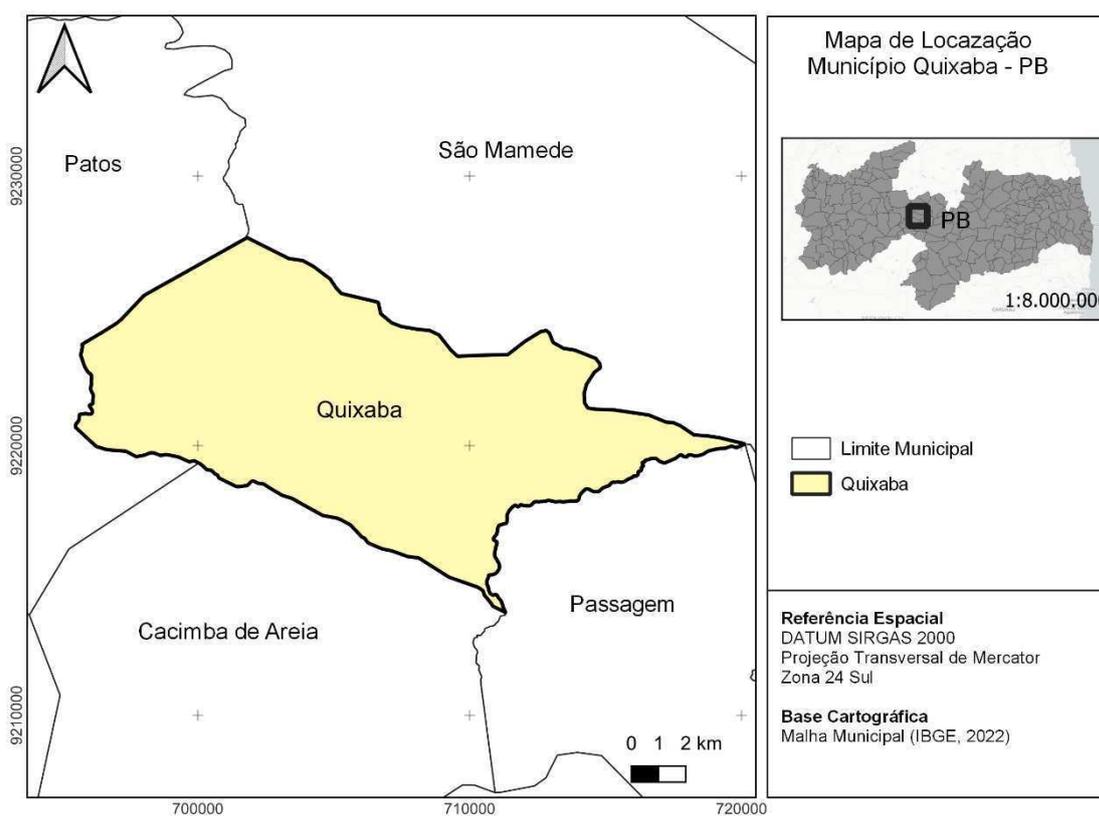
Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.10 Quixaba – PB

Quixaba (Figura 11), localizada às margens do Riacho Canabrava, surgiu em meados da década de 1920. Há pelo menos duas explicações sobre a origem do nome Quixaba. Uma diz que no local onde surgiu a Vila existiam muitas quixabeiras e essas plantas teriam dado nome à comunidade. A outra versão diz que o nome da cidade veio do vocábulo tupy “quessaba” que significa “lugar de dormir, rede, pouso” (Prefeitura de Quixaba).

Após seu desenvolvimento, enquanto era distrito de Cacimba de Areia, em 26 de dezembro de 1961, Quixaba conseguiu sua Emancipação Política e foi denominada cidade.

**Figura 11.** Localização do município de Quixaba – PB.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

O município possui 147,158 km<sup>2</sup>, de acordo com o IBGE (2023), a população (Quadro 10), em sua maioria, mora na zona rural, área da zona urbana é em torno de 0,29 km<sup>2</sup>, com esgotamento sanitário de 34,5 % dos domicílios, com IDHM médio em torno de 0,622 (PNUD, 2013).

**Quadro 10.** Dados socioeconômicos do município de Quixaba, estado da Paraíba – PB.

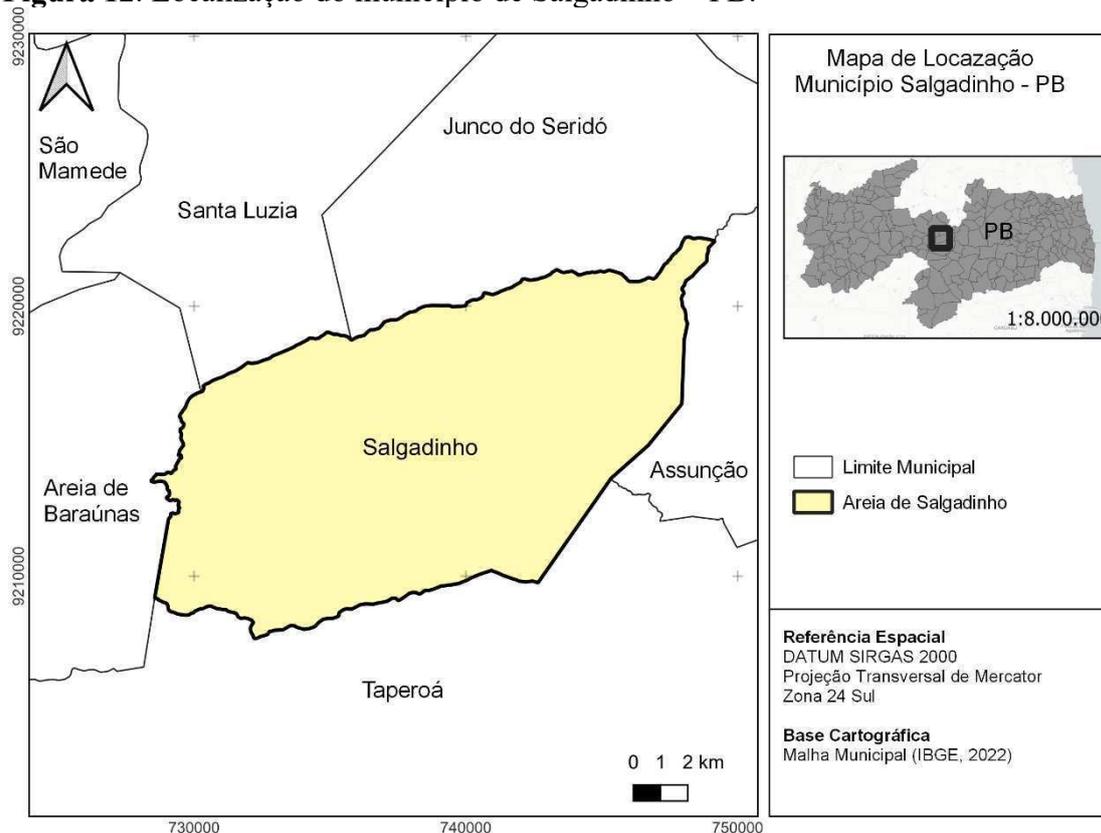
Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	197	1699	1896	12,88	...
1991	463	1194	1657	11,26	0,255
2000	505	803	1308	8,88	0,416
2010	633	1066	1699	11,54	0,622
2022	...	...	1743	11,84	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			147,158		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,29		
PIB per capita [2020] R\$			11.839,89		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			34,5		

... Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.11 Salgadinho – PB

No século passado os primeiros movimentos que deram origem ao atual município de Salgadinho, eram produtores e comerciantes procedentes do Vale do Piancó e do Alto Sertão, em demanda a João Pessoa e Campina Grande, viajando montados em animais e transportando algodão, acampavam ao pé da Serra da Viração para sua pousada. O mesmo fazia de regresso trazendo cereais. Cavavam poços à procura de água, que se apresentavam com acentuado gosto salino. Daí a origem do topônimo Salgadinho (Figura 12).

**Figura 12.** Localização do município de Salgadinho – PB.

Fonte: Autoria própria (2023)

Elevado à categoria de município com a mesma denominação pela lei estadual nº 2.676 de 22 de dezembro de 1961. O município de Salgadinho (Quadro 11), com 179,005 km<sup>2</sup> possui a maior parte da população morando na zona rural, e 0,47 de zona urbana, com esgotamento sanitário de 0,47 %, e um IDHM baixo, de 0,563 (IBGE, 2023; PNUD, 2013).

**Quadro 11.** Dados socioeconômicos do município de Salgadinho – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	304	2589	2893	16,16	...
1991	373	2337	2710	15,14	0,245
2000	505	2318	2823	15,77	0,395
2010	1203	2305	3508	19,59	0,563
2022	...	...	3355	18,74	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			179,005		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,47		
PIB per capita [2020] R\$			7.842,46		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			15,9		

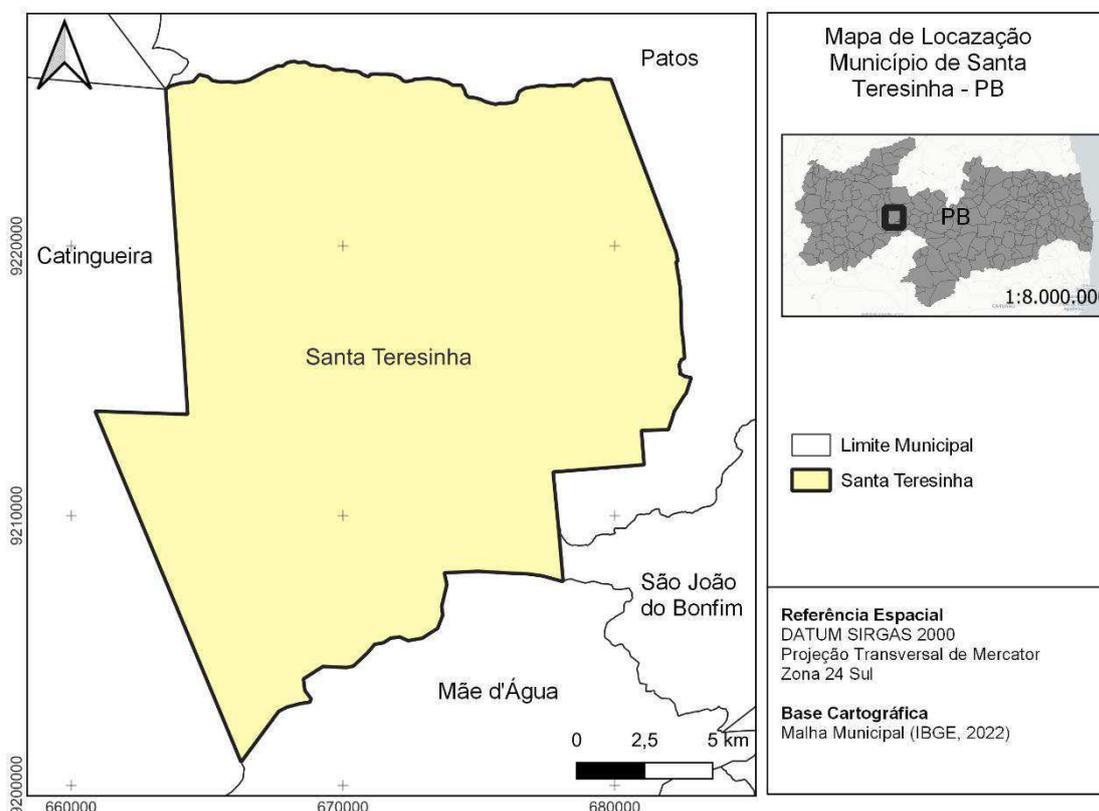
... Não possui dados

Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.12 Santa Teresinha – PB

O município Santa Teresinha (Figura 13), antiga Cabaças. Foi fundada em 1928, seus primeiros habitantes, tinham o intuito de desenvolver a agricultura no local, e o nome Santa Teresinha surgiu a partir de um ato religioso, e que desde 1933, adotou o nome de Santa Teresinha. Era subordinado ao município de Patos, e tornando-se município oficialmente pela Lei 2.677, de 22 de dezembro de 1961 (Prefeitura de Santa Teresinha).

**Figura 13.** Localização do município de Santa Teresinha – PB.



Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com o IBGE, o município possui 359,442 km<sup>2</sup> (Quadro 12), maioria da população morando na zona rural, mas com pouca diferença entre a quantidade de habitantes que residem na zona urbana, possui um esgotamento sanitário de 91%. O IDHM médio, entre 0,627, e 0,627 (PNUD, 2013).

**Quadro 12.** Dados socioeconômicos do município de Santa Teresinha – PB.

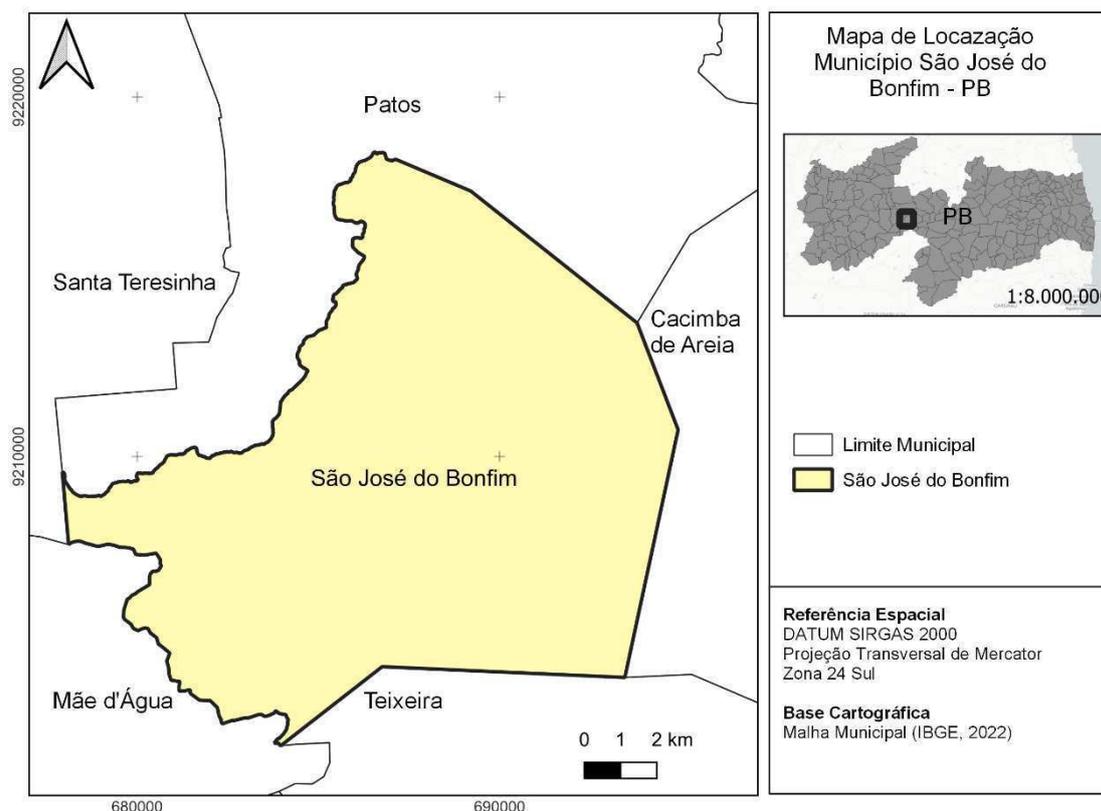
Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	595	4803	5398	15,01	...
1991	1099	3821	4920	13,69	0,251
2000	1607	3121	4728	13,15	0,42
2010	2208	2373	4581	12,74	0,627
2022	...	...	4402	12,25	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			359,442		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,62		
PIB per capita [2020] R\$			10.522,78		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			91		

... Não possui dados

Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.13 São José do Bonfim – PB

O município de São José do Bonfim (Figura 14) teve sua origem na Fazenda do Senhor José Ferreira de Azevedo, onde, próximo a uma lagoa, nasceu um pé de jerimum que se espalhou por grande faixa de terra. Os vaqueiros que se encontravam campeando gado, quando faziam seus tratos, geralmente marcavam a "Lagoa do Jerimum", como o ponto de encontro. O local também servia de descanso para os tropeiros que transportavam mercadorias, no sentido Sertão-Brejo e vice-versa. Daí o primitivo nome do povoado que ali se formou mais tarde com a denominação de "Jerimum" (Prefeitura São José do Bonfim).

**Figura 14.** Localização do município de São José do Bonfim – PB.

**Fonte:** Autoria própria (2023)

De acordo com o IBGE (2023), o município (Quadro 13) possui 153,629 km<sup>2</sup>, sendo 0,51 km<sup>2</sup> de área urbana, com população predominante na zona rural. Com o IDHM baixo 0,578 (PNUD).

**Quadro 13.** Dados socioeconômicos do município de São José do Bonfim – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	452	2504	2956	19,24	...
1991	762	2046	2808	18,27	0,262
2000	965	1873	2838	18,47	0,401
2010	1361	1872	3233	21,04	0,578
2022	...	...	3242	21,10	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			153,629		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,51		
PIB per capita [2020] R\$			8.354,16		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			73		

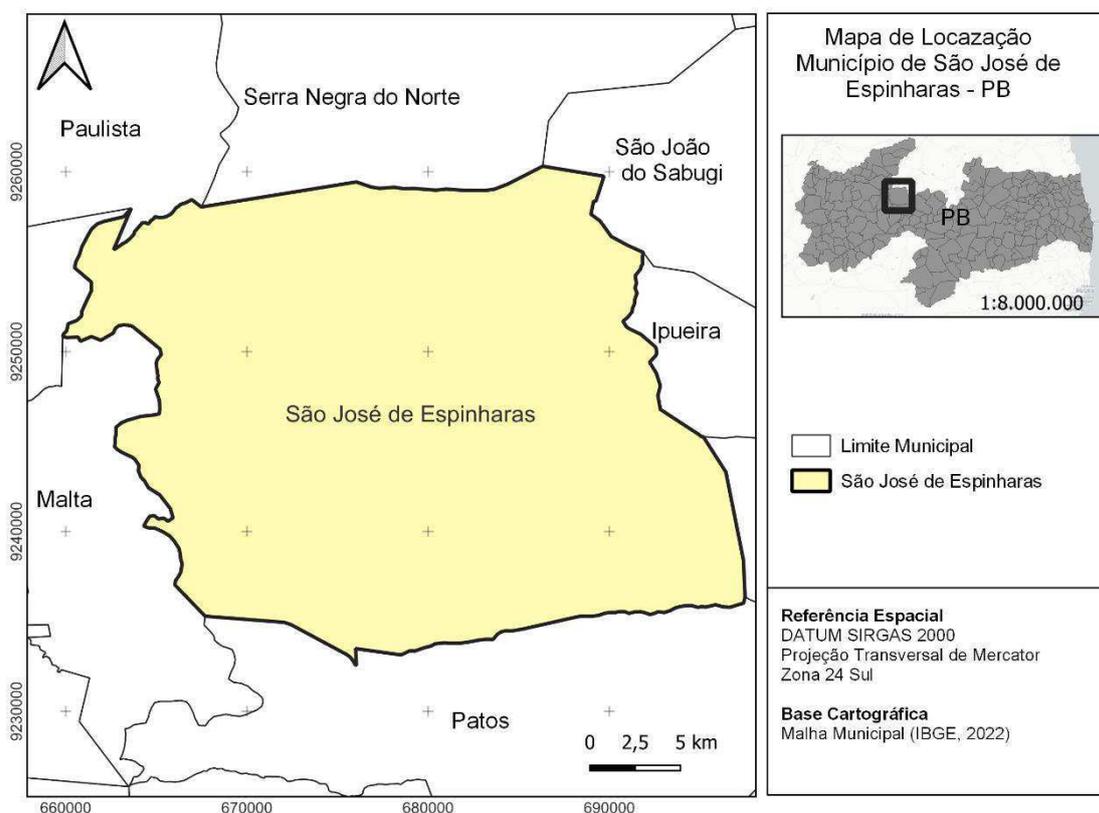
... Não possui dados

**Fonte:** Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.14 São José de Espinharas – PB

A primeira casa construída por volta de 1826, Fazenda São José, construída próximo ao Rio Espinharas. Ficou pertencendo a Patos até 1960, elevado à categoria de município com a denominação de São José de Espinharas, pela lei estadual 2687, de 26 de dezembro de 1961, desmembrado de Patos. Sede no antigo distrito de São José de Espinharas (Figura 15)

**Figura 15.** Localização do município de São José de Espinharas – PB.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

Possui maior parte da população vivendo em zona rural, o município (Quadro 14) é o décimo maior do estado da Paraíba, possui 726,757 km<sup>2</sup>, a zona urbana corresponde a 0,5 km<sup>2</sup>, possui 30,2 % das casas com esgotamento sanitário. O IDHM baixo, em torno de 0,577 (PNUD, 2023).

**Quadro 14.** Dados socioeconômicos do município de São José de Espinharas – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	529	7911	8440	11,61	...
1991	1110	4888	5998	8,25	0,241

2000	1475	3634	5109	7,03	0,406
2010	1617	3143	4760	6,55	0,577
2022	...	...	4083	5,62	...
Dados Gerais					
Descrição			Valor		
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>			726,757		
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>			0,5		
PIB per capita [2020] R\$			11.059,92		
Esgotamento sanitário adequado [2010] %			30,2		

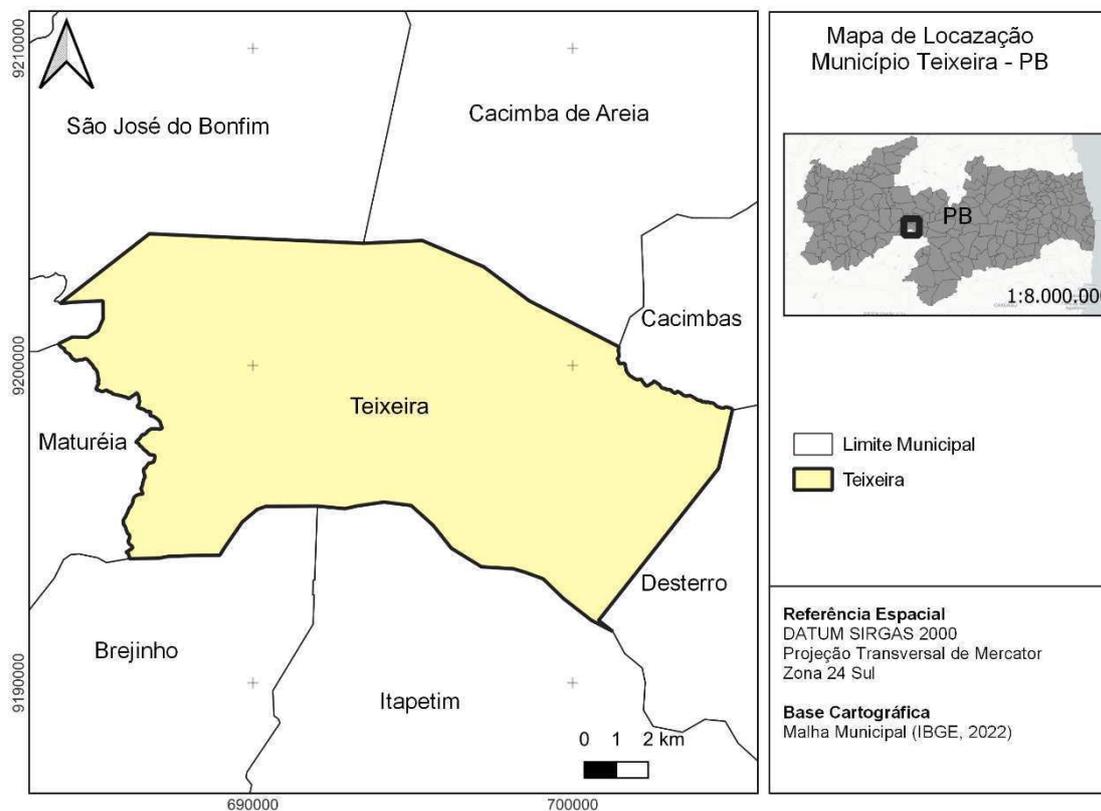
... Não possui dados

Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.1.15 Teixeira – PB

Teixeira (Figura 16) possui mais de uma versão de sua fundação, que remonta ao século XVIII, seu primeiro nome foi Olho d'Água de Canudos, pois seu fundador vinha de Canudos (Prefeitura de Teixeira). Também há a versão que seu fundador veio de Mamanguape, se estabelecendo no território e iniciando as primeiras povoações. O município se tornou independente de Patos em 1911 (IBGE, 2023).

**Figura 16.** Localização do município de Teixeira – PB.



Fonte: Autoria própria (2023)

No quadro 15, encontra-se alguns dados estatístico do município de Texeira, o território possui 155,452 km<sup>2</sup>, a população é de maioria urbana, a cidade tem 3,21 km<sup>2</sup>, o IDHM médio é de 0,605 (PNUD, 2023).

**Quadro 15.** Dados socioeconômicos do município de Teixeira, estado da Paraíba – PB.

Ano	Urbana	Rural	Total	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	IDHM
1980	5082	11051	16133	103,78	...
1991	5082	11051	16133	103,78	0,305
2000	7948	4005	11953	76,89	0,427
2010	9631	4522	14153	91,04	0,605
2022	...	...	14631	94,12	...
Dados Gerais					
Descrição				Valor	
Área da unidade territorial [2021] Km <sup>2</sup>				155,452	
Área urbanizada [2019] km <sup>2</sup>				3,21	
PIB per capita [2020] R\$				10.044,86	
Esgotamento sanitário adequado [2010] %				32	

... Não possui dados

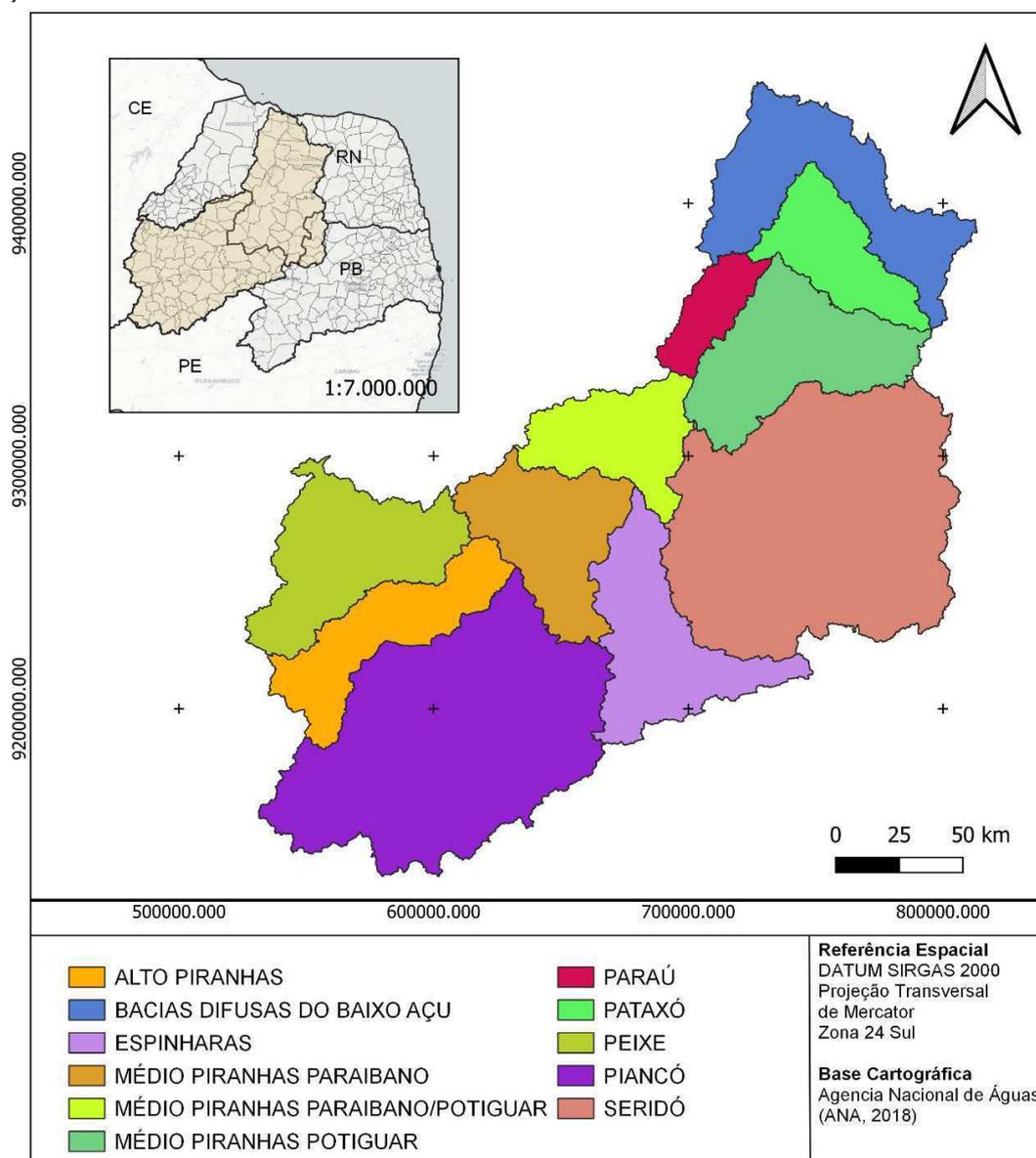
Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

### 3.2 Sub- Bacia Hidrográfica Rio Espinharas

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, integra a Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, é a maior da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com área total de 43.683 km<sup>2</sup>.

Seu território divide-se entre os Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%). De cordo a ANA (2018), no Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Figura 17), a Bacia foi subdividida em 11 Unidades de Planejamento Hidrológico – UPHs.

**Figura 17.** Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

O Rio Espinharas é formado pelos rios da Cruz e da Farinha, com nascentes em Imaculada e Salgadinho, respectivamente, se encontram próximo a Patos e formam o Rio Espinharas, estende-se por cerca de 45 km em solo paraibano, cortando os municípios de Patos - PB, São José de Espinharas - PB e Serra Negra do Norte – RN, deságua no rio Piranhas entre os municípios de São Bento – PB, Serra Negra – RN e Jardim de Piranhas – RN (NÓBREGA, 2020).

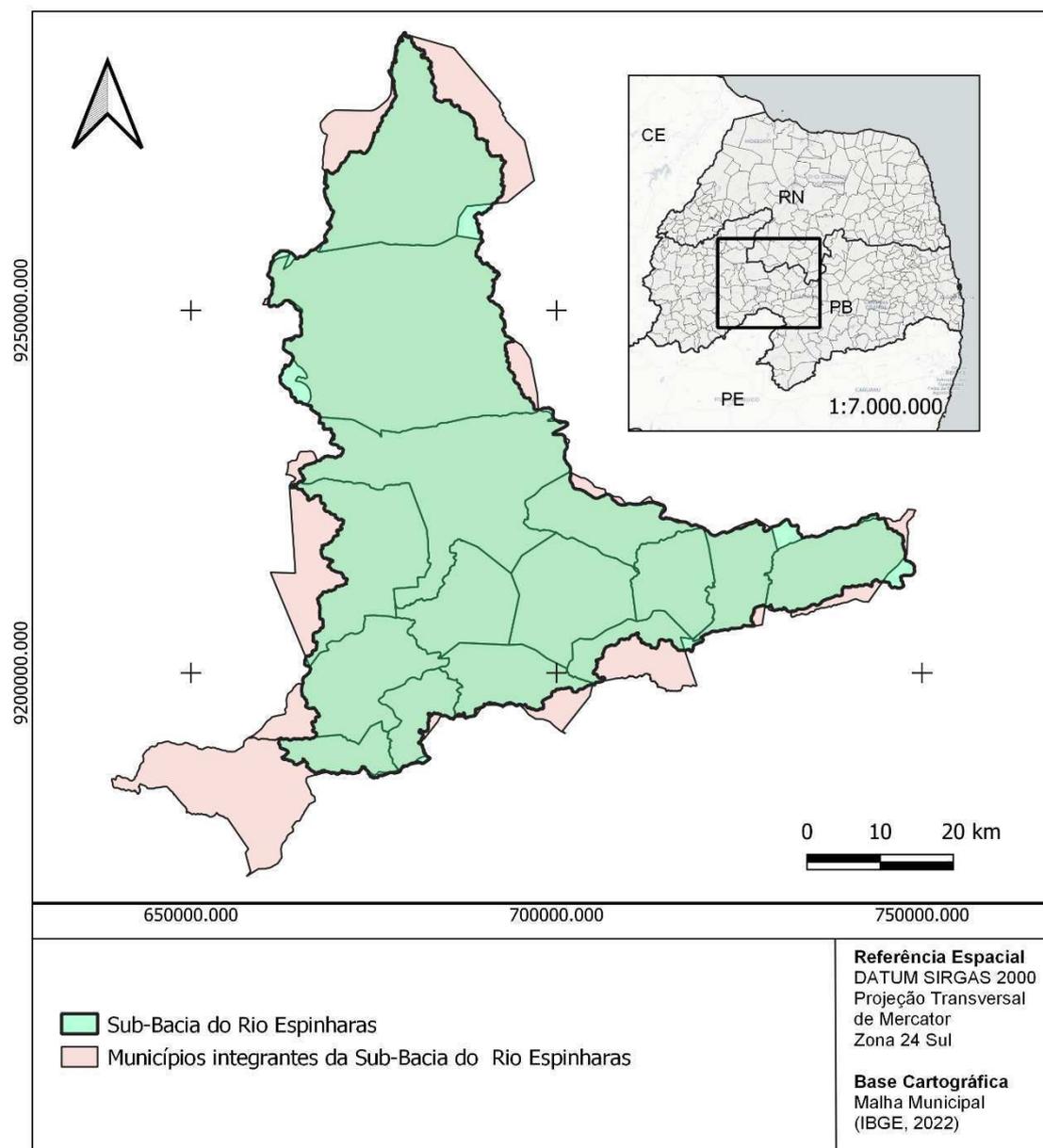
A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, situa-se na região do semiárido paraibano, com bioma nativo a Caatinga, de acordo com Nóbrega (2020) a região possui solos rasos, pedregosos, cristalinos e susceptíveis à erosão. Simões (2017) cita em seu trabalho que a classificação de Köppen, o clima da porção sudeste da sub-bacia é

classificado como Bsh – quente e seco, e na porção centro-ocidental é quente e semiúmido, precipitação possui alta variabilidade, com longos períodos de estiagem, médias pluviométricas em torno de 700 mm anuais, evapotranspiração entre 2000 e 2500 mm anuais, umidade relativa do ar variando de 55 a 75% (SILVA; LIMA; DE MENDONCA, 2014).

Na figura 18, observa-se a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas (em verde), sobre o mapa dos municípios que a integram. Foram considerados 15 municípios, Serra Negra do Norte, pertence ao estado do Rio Grande do Norte, e os municípios de Areia de Baraúnas, Cacimba de Areia, Cacimbas, Imaculada, Mãe d'Água, Maturéia, Passagem, Patos, Quixaba, Salgadinho, Santa Teresinha, São José do Bonfim, São José de Espinharas e Teixeira, que pertencem ao estado da Paraíba.

Há estudos que consideram outros municípios, por apresentar pequenas parcelas da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas como: Taperoá – PB, Vista Serrana – PB, Santa Luzia - PB, Paulista - PB, Malta - PB, Assunção - PB, Junco do Seridó - PB, São Bento - PB, Jardim de Piranhas - RN, Ipueira - RN e São João do Sabugi - RN.

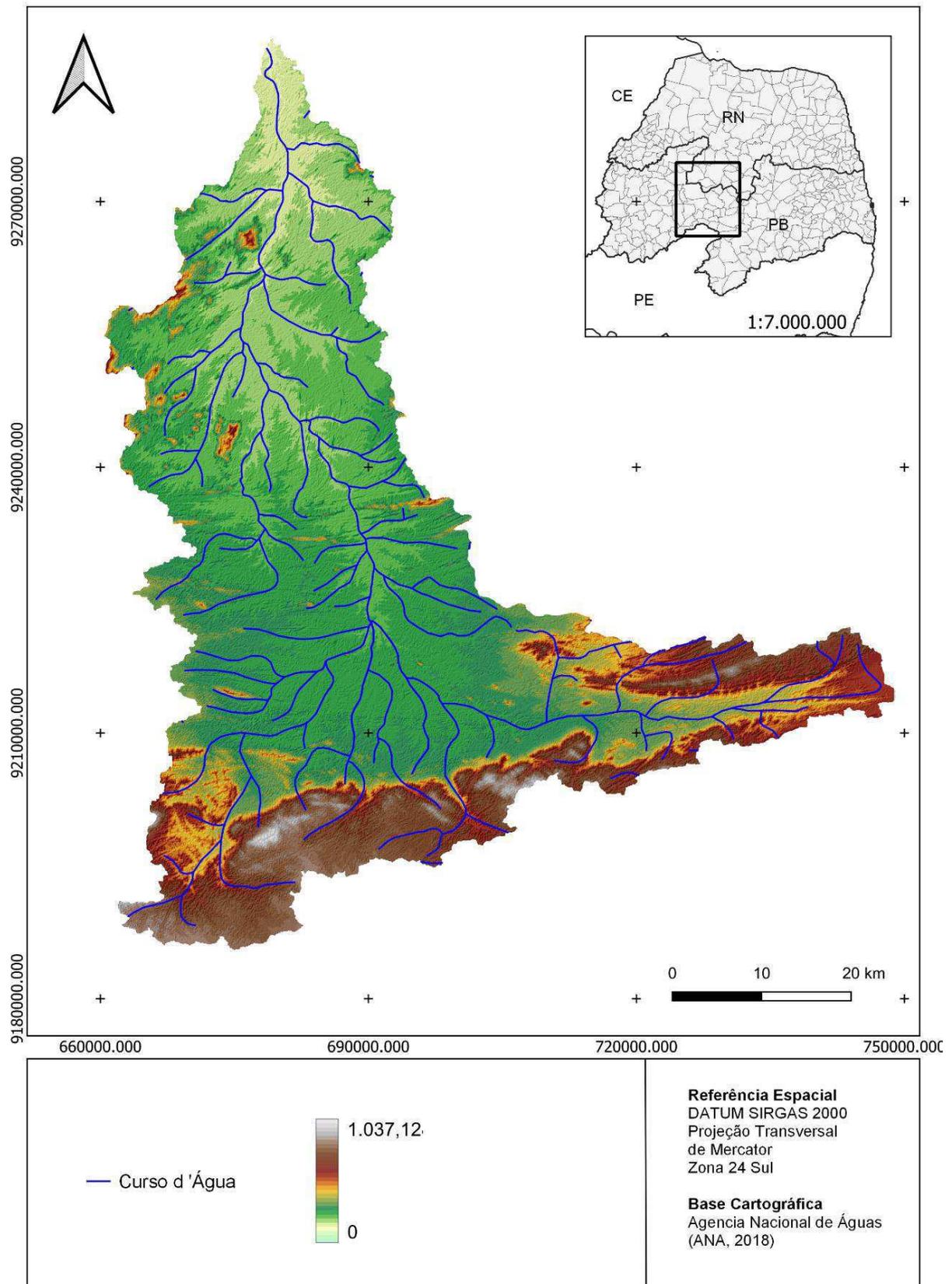
**Figura 18.** Representação gráfica da relação entre os principais municípios integrantes da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas e a área da Sub-Bacia.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

De acordo com Simões (2017), o relevo Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas (Figura 19), classificada como plano 574,09 km<sup>2</sup> (16,77%), suave ondulada 1575,49 km<sup>2</sup> (46,02%), ondulada 701,21 km<sup>2</sup> (20,48%), forte ondulada 463,7254 km<sup>2</sup> (13,54%) e, de forma isolada, planícies Montanhosas 101,1276 km<sup>2</sup> (2,95%) e Forte montanhosas 7,15 km<sup>2</sup> (0,21%). O ponto mais alto, Pico do Jabre, se localiza em Maturéia, essa porção corresponde a Serra dos Cariris Velhos. E municípios de Salgadinho, Areia de Baraúnas e Passagem, ficam entre as Serras dos Cariris Velhos, ao sul, e Planalto da Borborema ao norte (Anexo 1).

**Figura 19.** Representação gráfica do relevo da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com os principais cursos d'água.



Fonte: Autoria própria (2023)

Segundo a ANA (2018), no Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas possui 342 reservatórios artificiais, e 34 dos reservatórios possuem área superficial maior que 50 ha. A lâmina de escoamento anual é de 72,6 mm e uma vazão natural média anual de 7,6 m/s<sup>2</sup>.

O valor médio de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, é entre 5 e 10 mg/L no rio Espinharas, na divisa entre Paraíba e Rio Grande do Norte, e estimativa de DBO de 2.526 ton.ano<sup>-1</sup>. As estimativas da carga de fósforo remanescente do lançamento de esgotos domésticos são de 46,8 ton.ano<sup>-1</sup> (ANA, 2018).

O clima, relevo e fluxo de água, desempenham papéis importantes na formação dos solos, e por sua vez, os solos são agentes importante para a qualidade ambiental. De acordo com Marques et al. (2014), solos apresentam feições morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas marcantes, o que lhes permitem ser subdivididos em classes relativamente homogêneas, e nos solos da região semiárida, em particular, apresentam solos arenosos e profundos a pouca distância de solos argilosos e rasos.

Os solos são classificados, segundo Lima et al. (2007), isso permite conhecer quais as qualidades e limitações dos solos, possibilita a troca informações técnicas entre as pessoas que usam ou estudam os solos, prevê o comportamento dos solos, permite identificar o uso mais adequado dos solos

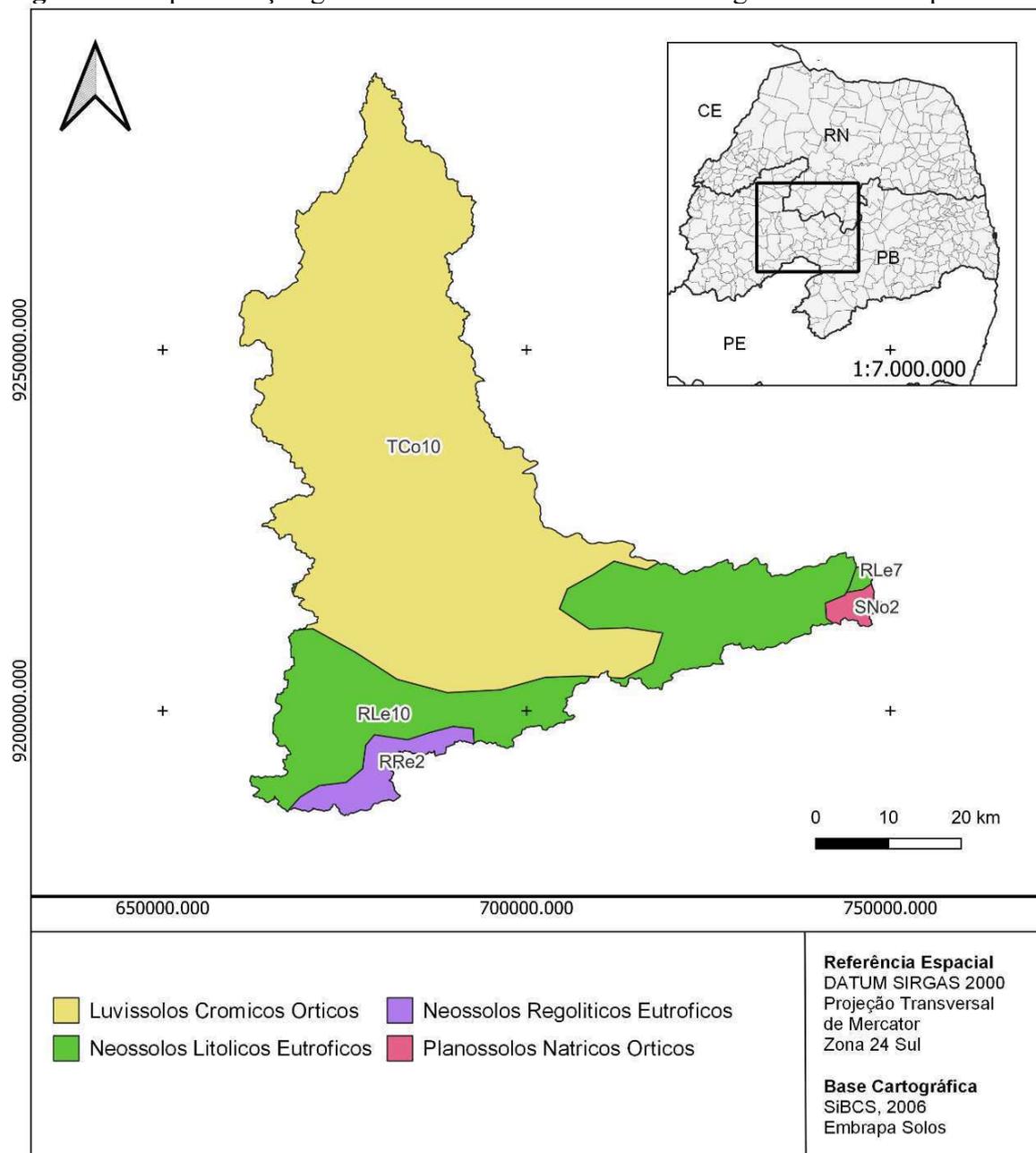
Conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006), os solos que constituem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas (Figura 20), são: Luvisolos Crônicos Órticos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Neossolos Rigolíticos Eutróficos e Planossolos Natricos Órticos.

Os Luvisolos, são Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, exceto A chernozêmico, ou sob horizonte E (EMBRAPA, 2006). Luvisolos Crônicos Órticos, são solos com espessura do solum (A + B, exceto BC)  $\geq$  80 cm e que não se enquadram nas classes anteriores.

É um solo rico em nutrientes (Ca, Mg, K), com reação variando de moderadamente ácida a neutra. Aqueles mais profundos podem ser irrigados com restrições. Apresentam limitações ao uso, alta suscetibilidade à erosão, pedregosidade

superficial comum, pequena profundidade efetiva, consistência muito dura quando seco, e muito pegajosa quando molhada, e risco de salinização e de solonização (EMBRAPA, 2014).

**Figura 20.** Representação gráfica dos solos da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas



**Fonte:** Autoria própria (2023)

Solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

Neossolos Litólicos, são solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões). Neossolos Litólicos Eutróficos, apresentam saturação por bases alta ( $\geq 50\%$ ) (EMBRAPA, 2006).

Fertilidade natural alta quando derivados de rochas básicas e/ou de calcários. Pode ser utilizado como área de empréstimo de material (piçarreira) para construção civil. Apresenta muitas limitações ao uso agrícola e não agrícola, tais como: pequena profundidade efetiva e pequena capacidade de armazenamento de água, pedregosidade e rochosidade generalizada e alta suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2014).

Neossolos Regolíticos, são solos com contato lítico a uma profundidade maior que 50cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi com menos de 10cm de espessura. Neossolos Rigolíticos Eutróficos, são solos com saturação por bases alta ( $\geq 50\%$ ) (EMBRAPA, 2006).

Possui, geralmente, uma boa reserva de nutrientes para os vegetais, apresenta potencial baixo a médio para agricultura irrigada, drenagem boa a moderada e ocorre em relevo pouco movimentado, o que permite a mecanização agrícola. Apresenta baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e, em alguns casos, pequena profundidade efetiva (EMBRAPA, 2014).

Planossolos, são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguidos de horizonte B plânico, não coincidente com horizonte plântico ou glei. Os Planossolos Nátricos, são os solos apresentando horizonte plânico com caráter sódico imediatamente abaixo de um horizonte A ou E. Planossolos Natricos Orticos, são outros solos que não se encaixam na classificação do solos Planossolos Nátricos Carbonáticos ou Sállicos (EMBRAPA, 2006).

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 Degradação Ambiental

A degradação ambiental dá-se devido à ação antropogênica ou natural e ocorre em diversos locais. Conforme Minnemeyer *et al.* (2011), destaca que em todo o mundo, as áreas desmatadas são em torno de 30% e as áreas degradadas são de aproximadamente 20%, além de ameaçar presença de espécies e ecossistemas, apresenta-se como impasse à eliminação da pobreza e ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, se faz necessário definir degradação ambiental.

A legislação brasileira, no decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a qual define degradação ambiental como: “os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.”

Neste contexto, Meneguzzo; Chaicouski, (2010); Rubira, (2016) evidenciam em seus trabalhos que a legislação não aponta somente o ser humano como o agente gerador da degradação, enfatiza que esta é um impacto negativo sobre o ambiente, que pode ser de efeito natural ou ação antrópica.

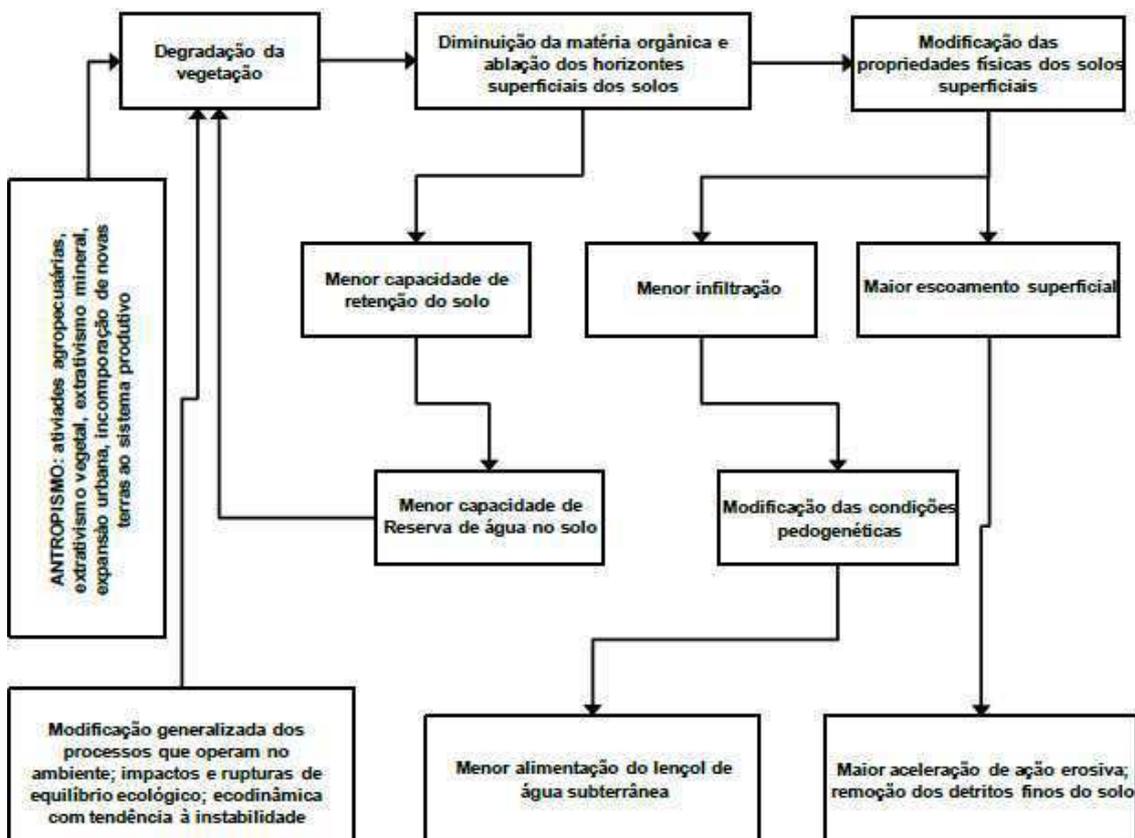
Enquanto que a degradação devido a ações antrópicas, pode ser proveniente das mais diversas atividades, pode ocorrer tanto na zona rural quanto na urbana, e ela exprime uma ação negativa provocada pelo homem (PEREIRA JÚNIOR; PEREIRA, 2017).

Enquanto que a degradação devido a ações antrópicas, de acordo com a revisão interativa feita por Pereira Júnior; Pereira (2017), a degradação devido a ações antrópicas, cita que diversos autores relataram que a degradação pode ser proveniente das mais diversas atividades, pode ocorrer tanto na zona rural quanto na urbana, e ela exprime uma ação negativa provocada pelo homem.

Para Araujo; Almeida; Guerra (2005), a degradação pode estar associada às práticas que levam a poluição da atmosfera, com a emissão de gases tóxicos na atmosfera, dos recursos hídricos, com lançamento de efluentes nos canais fluviais, e do solo (degradação física, química e biológica), como atividades agrícolas, agropecuária, desmatamento e perda da cobertura orgânica.

Na figura 21, apresenta-se um esquema do processo de degradação devido às atividades antrópicas que modificam/interferem no ambiente e ecossistema, pode-se observar, que estão diretamente ligados a supressão da vegetação, levando a modificações no solo e suas propriedades e no escoamento da água.

**Figura 21.** Exemplificação da degradação da vegetação e as alterações no solo e escoamento da água



Fonte: Almeida (2013) *apud* Souza (2000).

Neste contexto, a cobertura vegetal é um dos principais parâmetros para mensurar o nível de degradação de uma região como apontado por Silva *et al*, (2003) que consideram que uma das principais causas da degradação ambiental é a má gestão das terras desmatadas. Na região semiárida do Nordeste do Brasil o desmatamento resulta em queda da produção, riscos de desertificação e esgotamento da fauna e da flora.

Uma forma de obter dados precisos sobre a degradação é empregando o sensoriamento remoto como realizado por Nóbrega (2020) em sua pesquisa, que trabalhou a degradação ambiental associado a cobertura vegetal de acordo com o porte, uso do solo, presença de matéria orgânica sob o solo e erosão, a partir de imagens de satélites.

No quadro 16 verifica-se algumas pesquisas referenciadas por Nóbrega (2020) que trabalharam com imagens de satélite para analisar a degradação ambiental. Assim, de forma sistematizada, este quadro apresenta o título da pesquisa, autores, objetivo principal e principais conclusões.

#### Quadro 16. Pesquisas sobre degradação ambiental

<b>Pesquisa:</b> Degradação ambiental no entorno da alça sudoeste do município de Campina Grande-PB	<b>Autor (es):</b> Aragão (2018)
<b>Objetivo (os):</b> Estudar a degradação ambiental ao entorno da alça sudoeste da cidade de Campina Grande/PB, utilizando-se técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento digital de imagens	
<b>Principais Conclusões:</b> A cobertura vegetal teve um declínio bastante acentuado, no que, todas as classes de vegetação tiveram sua área reduzida, apenas a classe Solo exposto aumentou de 57,57 km <sup>2</sup> em 1989 para 77,3 km <sup>2</sup> em 2017, ou seja, 19,73 km <sup>2</sup> representados principalmente pela expansão urbana ao longo da alça sudoeste. Na degradação ambiental o índice mais preocupante é o nível de degradação grave que, passou de 34,72 km <sup>2</sup> para 89,27 km <sup>2</sup> tendo o aumento de 54,55 km <sup>2</sup> no período de 28 anos	
<b>Pesquisa:</b> Avaliação da degradação ambiental na região do Araripe pernambucano utilizando técnicas de sensoriamento remoto	<b>Autor(es):</b> Sá <i>et al</i> (2011)
<b>Objetivo (os):</b> Avaliar o estágio atual da cobertura vegetal e as mudanças ocorridas entre os anos de 1998 e 2008 na região do Araripe Pernambucano com o intuito de provar a hipótese de que o desmatamento desta região pode estar causando processos de desertificação.	
<b>Principais Conclusões:</b> O desmatamento na região do Araripe é da ordem de 1.143,74 km <sup>2</sup> , entre os anos de 1998 e 2008. A classe de degradação “muito severa” ocorreu para 9,9 km <sup>2</sup> na região do Araripe.	
<b>Pesquisa:</b> Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de Caatinga através de índices de vegetação	<b>Autor(es):</b> Francisco <i>et al.</i> (2013)
<b>Objetivo (os):</b> Estimar e avaliar a degradação da biomassa da vegetação da Caatinga na Bacia Hidrográfica do Taperoá, utilizando índices de vegetação e imagens de satélite.	
<b>Principais Conclusões:</b> A bacia hidrográfica do rio Taperoá, a qual, está degradada, apresenta 38,02% de sua área, o que representa 24.925.080 m <sup>3</sup> de biomassa. Constatou-se que 61,98% da área, estão em processo de perda de biomassa e degradação	
<b>Pesquisa:</b> Análise da degradação ambiental do município de Soledade utilizando índice de vegetação	<b>Autor(es):</b> Gonçalves; Francisco; Neto, (2015)
<b>Objetivo (os):</b> Por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, na avaliação do mapeamento da cobertura e o uso da terra do município de Soledade.	
<b>Principais Conclusões:</b> Na avaliação da degradação pode-se constatar que houve uma recuperação da vegetação em 76,06% de área (426,58 km <sup>2</sup> ).	
<b>Pesquisa:</b> Modelagem e mapeamento da degradação da Caatinga	<b>Autor(es):</b> Chaves <i>et al.</i> (2015)
<b>Objetivo (os):</b> Apresentar um modelo paramétrico simplificado com o qual se fez um prognóstico da degradação das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá, no Estado da Paraíba.	
<b>Principais Conclusões:</b> A erodibilidade, por ser um fator de determinação mais complexa, apresentou resultado impreciso para áreas de ocorrência do Neossolos Regolíticos, superestimando o prognóstico da degradação da terra. A degradação alta e muito alta que ocorrem em 26,9% da área da bacia concentrou-se no seu terço inferior e médio, ao longo do rio Taperoá	
<b>Pesquisa:</b> Estudo da degradação das terras - município de Picos – PI	<b>Autor(es):</b> Barbosa <i>et al.</i> (2007)
<b>Objetivo (os):</b> Análise temporal do processo de degradação da terra em Picos para o período 1987/2003, com base em dados digitais de processamento e de campo de imagem Landsat-5	
<b>Principais Conclusões:</b> Os resultados mostraram que a área possui níveis de degradação de muito baixo ao muito grave, o que evidencia a necessidade de ampliar as discussões sobre uma política pública nacional, com a participação de todos os segmentos da sociedade, para o desenvolvimento sustentável do Nordeste.	
<b>Pesquisa:</b> Geoprocessamento algébrico utilizado na caracterização da fragilidade ambiental do município de Santiago-RS	<b>Autor(es):</b> Terra <i>et al.</i> (2016)
<b>Objetivo (os):</b> Caracterizou a fragilidade ambiental do município de Santiago-RS, utilizando técnicas de geoprocessamento.	

<b>Principais Conclusões:</b> O estudo apontou que 29,3% da área mapeada é classificada com fragilidade muito alta. Com 33,8% da área, a fragilidade classificada como média, sendo que as fragilidades muito altas e média apresentaram as maiores áreas no município.	
<b>Pesquisa:</b> Uma abordagem geoespacial e espectro-temporal da degradação ambiental no bioma Caatinga na região de Xingó, Brasil	<b>Autor(es):</b> Freire; Pacheco (2017)
<b>Objetivo (os):</b> Estabeleceu uma metodologia geoespacial e espectro-temporal para analisar e mapear a degradação ambiental do bioma Caatinga na região semiárida de Xingó/Alagoas/Brasil. Através do cruzamento de séries temporais de imagens de satélite (1989 – 1995 – 2003) e dados demográficos	
<b>Principais Conclusões:</b> Seis municípios mais próximos à UHE Xingó apresentaram problemas muito graves com relação à desertificação em janeiro de 2003. Evidenciou-se que 22,37% da área de estudo, estão relacionados a algum processo de desertificação	

**Fonte:** Adaptado de Nóbrega (2020)

Os estudos voltados para a degradação da Caatinga envolvem tanto uma revisão da literatura, a exemplo do artigo de Bustamante *et al.* (2019), como pesquisas com imagens de satélites voltada para os mais variados objetos de pesquisas, como as de Figueiredo *et al.*, (2017); Schulz *et al.*, (2018) que trabalham com questões de sobrepastoreio e forrageiras, assim como, os trabalhos voltados para degradação associados a questões sociais, tais como o de Spechta *et al.*, (2019). Outros autores trabalharam a cobertura vegetal associados as análises de águas superficiais e carbono na superfície do solo. Assim, no quadro 17 se encontram uma síntese de alguns dos artigos com o escopo anteriormente exposto, publicados nos últimos 5 anos, abordando a degradação da Caatinga.

#### **Quadro 17.** Pesquisas sobre degradação ambiental na Caatinga

<b>Pesquisa:</b> Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil.	<b>Autor (es):</b> Bustamante <i>et al.</i> (2019)
<b>Objetivo (os):</b> Realizar uma revisão da literatura para avaliar as políticas e projetos de restauração e para identificar as principais lacunas de conhecimento.	
<b>Principais Conclusões:</b> O caso do Brasil mostra que desacelerar o desmatamento é possível; no entanto, esta análise destaca a necessidade do compromisso nacional e internacional apoio a ações que requeiram transformações em larga escala do setor florestal no que diz respeito aos esforços de restauração do ecossistema. Dessa forma amplia-se as ambições e ações do Acordo de Paris, o qual, implica a necessidade de uma estrutura global que reconheça a restauração da paisagem como custo-benefício, que requer uma solução baseada na natureza e que apoia os países na abordagem de suas necessidades remanescentes, desafios e barreiras.	
<b>Pesquisa:</b> Herb recovery in degraded Caatinga sites enriched with native trees.	<b>Autor(es):</b> Figueiredo <i>et al.</i> (2017)
<b>Objetivo (os):</b> Este estudo avaliou a recuperação da cobertura vegetal do solo e a produção de forragem sob a copa de plantas plantadas.	
<b>Principais Conclusões:</b> A produção de biomassa de ervas não foi afetada pelas árvores na primeira estação de crescimento após o plantio de <i>Poincianella pyramid alis</i> , <i>Mimosa tenuiflora</i> e <i>Cnidocolus quercifolius</i> . A qualidade e a quantidade da forragem herbácea sugerem que é possível reincorporar sítios degradados da Caatinga ao sistema de produção, embora a coleta de dados deva continuar a determinar a recuperação da erva em anos de menos chuva e sob níveis mais elevados de cobertura do solo pela copa das árvores.	
<b>Pesquisa:</b> Caracterização espaço-temporal das tipologias vegetais em ambiente de Caatinga degradada: quantificação por meio de variáveis.	<b>Autor(es):</b> Silva; Macêdo; Silva (2019)

<b>Objetivo (os):</b> Analisar a distribuição espaço-temporal e a quantificação do albedo da superfície e do índice de vegetação SAVI, em diferentes tipologias vegetais de Caatinga na Bacia Experimental de São João do Cariri-PB.	
<b>Principais Conclusões:</b> Estimativa do albedo foi influenciada pela distribuição espacial das tipologias vegetais, o que evidenciou o nível de degradação das terras, enquanto os valores obtidos com a estimativa do SAVI não apresentaram o padrão geralmente definido para a reflectância da vegetação nos períodos chuvosos ou secos na área de estudo.	
<b>Pesquisa:</b> Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps.	<b>Autor(es):</b> Guerra <i>et al.</i> (2020)
<b>Objetivo (os):</b> Identificar avanços e lacunas no conhecimento atual da restauração, a fim de orientar o futuro esforços no Brasil.	
<b>Principais Conclusões:</b> A Mata Atlântica foi o bioma com maior número de estudos, pois é uma das regiões de floresta tropical mais ameaçadas do mundo e mantém o maior número de pesquisas instituições, a qual recebe o mais alto nível de apoio financeiro do país. A degradação pré-restauração diferiu entre os biomas, com desmatamento para exploração madeireira mais citado na Amazônia, agricultura e pecuária na Mata Atlântica e Cerrado, exploração madeireira e pecuária na Caatinga, e pecuária no Pampa e Pantanal.	
<b>Pesquisa:</b> Grazing reduces plant species diversity of Caatinga dry forests in north-eastern Brazil	<b>Autor(es):</b> Schulz <i>et al.</i> (2019)
<b>Objetivo (os):</b> Avaliar o efeito de diferentes intensidades de pastejo na diversidade alfa (dentro das parcelas) e beta (nas parcelas) de espécies de plantas lenhosas e herbáceas na vegetação da floresta seca da Caatinga.	
<b>Principais Conclusões:</b> Foram registrados 140 táxons de plantas, incluindo morfoespécies. O pastoreio em altas intensidades reduziu significativamente quase todas as medidas de diversidade alfa (camada de árvore e arbusto) em comparação com áreas sem ou com pouco pastoreio. De maneira geral, os resultados do estudo mostraram que o atual manejo da pecuária tem efeitos negativos sobre a diversidade vegetal nos ecossistemas da Caatinga.	
<b>Pesquisa:</b> Biomass and vegetation index by remote sensing in different Caatinga forest areas.	<b>Autor(es):</b> Luz <i>et al.</i> , (2021)
<b>Objetivo (os):</b> Analisar a relação entre o índice de vegetação e a biomassa estimada por meio de equações alométricas em diferentes áreas da Caatinga brasileira a partir de imagens de satélite.	
<b>Principais Conclusões:</b> As variáveis espectrais foram obtidas a partir das imagens ortorretificadas do satélite RapidEye. A biomassa acima do solo variou de 6,88 a 123,82 Mg. ha <sup>-1</sup> . Os valores de SAVI para os coeficientes L = 1 e L = 0,5, NDVI e EVI variaram de 0,1835 a 0,4294, 0,2197 a 0,5019, 0,3622 a 0,7584 e 0,0987 a 0,3169, respectivamente. As relações entre a biomassa estimada e os índices de vegetação foram moderadas, com coeficiente de correlação (rs) variando entre 0,64 e 0,58. A equação mais bem ajustada foi a Equação do SAVI, com coeficiente de determinação foi R <sup>2</sup> = 0,50, R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> = 0,49, RMSE = 17.18 Mg.ha <sup>-1</sup> e erro médio absoluto de predição (MAE) = 14.07 Mg.ha <sup>-1</sup> , confirmando a importância do índice SAVI na estimativa da biomassa aérea da Caatinga.	
<b>Pesquisa:</b> A multi-method approach to explore environmental governance: a case study of a large, densely populated dry forest region of the neotropics.	<b>Autor(es):</b> Siegmund-Schultze, (2021)
<b>Objetivo (os):</b> Compreender o estado atual da governança na região e identificar pistas para uma gestão mais sustentável da terra.	
<b>Principais Conclusões:</b> Atitudes obstrutivas, como pensar em dicotomias e abordagens paternalistas e oportunistas, estão sendo abordadas por algumas novas coalizões que adotam ações alternativas. É improvável que essas iniciativas isoladas convergirão por si mesmas para uma transformação maior em direção ao uso sustentável de recursos. É necessário trazer as ações dispersas para uma abordagem mais focada e coordenada, a qual permitirá integrar as preocupações, valores e parcerias socioeconômicas e ecológicas.	
<b>Pesquisa:</b> Effects of human-induced land degradation on water and carbon fluxes in two different Brazilian dryland soil covers.	<b>Autor(es):</b> Oliveira <i>et al.</i> (2021)
<b>Objetivo (os):</b> Investigar a dinâmica dos fluxos de água e carbono durante quatro anos (2013–2016) usando medidas de covariância turbulenta (CE) em duas áreas da Caatinga (Caatinga densa (DC) e a esparsa Caatinga (SC)) que sofreu pressões antrópicas.	
<b>Principais Conclusões:</b> A área SC apresentou temperatura superficial 3 °C superior à DC, devido às diferenças de cobertura vegetal. A área de SC apresentou maior evapotranspiração anual, representando 74 % da precipitação para a área de DC e 90 % para a área de SC.	
<b>Pesquisa:</b> Grazing, forest density, and carbon storage: towards a more sustainable land use in Caatinga dry forests of Brazil.	<b>Autor(es):</b> Schulz <i>et al.</i> (2018)

<b>Objetivo (os):</b> Avaliar os estoques de carbono acima do solo e as densidades das plantas ao longo de um gradiente de pastagem na floresta tropical semi-árida sazonalmente seca do nordeste do Brasil (Caatinga).	
<b>Principais Conclusões:</b> O estoque médio de carbono acima do solo foi de $15,74 \pm 1,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ com árvores e arbustos representaram 89 % do valor total. O pastejo em altas intensidades reduziu significativamente os estoques de carbono acima do solo de ervas, mas não de outros tipos funcionais de plantas.	
<b>Pesquisa:</b> Geospatial assessment of eco-environmental changes in desertification area of the Brazilian semi-arid region.	<b>Autor(es):</b> Silva <i>et al.</i> (2018)
<b>Objetivo (os):</b> Analisar as mudanças eco ambientais no município de Monteiro, uma zona semiárida do Nordeste do Brasil entre 1987 e 2010, por meio de imagens de satélite, técnicas de sistema de informação geográfica e sistema de posicionamento global, mapa topográfico, dados climáticos e de solo.	
<b>Principais Conclusões:</b> A perda média de solo diminuiu de $9,67 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 1987 para $2,67 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 2010, como um efeito do ganho de vegetação e, particularmente, a conversão de milhares de quilômetros quadrados de Caatinga tropófila encosta média e estéril pousar na planície de Caatinga tropófila e na vertente alta da Caatinga tropófila.	
<b>Pesquisa:</b> Socioeconomic differences among resident, users and neighbour populations of a protected area in the Brazilian dry forest.	<b>Autor(es):</b> Spechta <i>et al.</i> (2019)
<b>Objetivo (os):</b> Avaliar a relação entre pobreza e metas de conservação em florestas secas dentro de um Parque Nacional Brasileiro de 62.000 ha (Bioma Caatinga).	
<b>Principais Conclusões:</b> Em seus resultados, sugerem que o futuro das florestas secas, caracterizadas mundialmente pela presença de populações de baixa renda, dependerá em grande parte de estratégias de conservação que abordem o alívio da pobreza e o bem-estar humano.	

**Fonte:** Compilado do autor (2021)

Neste contexto, os dados que se referiram a muitos ecossistemas que foram notadas em estado de degradação, sendo assim, garantir a prestação de serviços ecossistêmicos essenciais requer não apenas a proteção da vegetação nativa, mas também sua restauração sempre que necessário (BUSTAMANTE *et al.*, 2019)

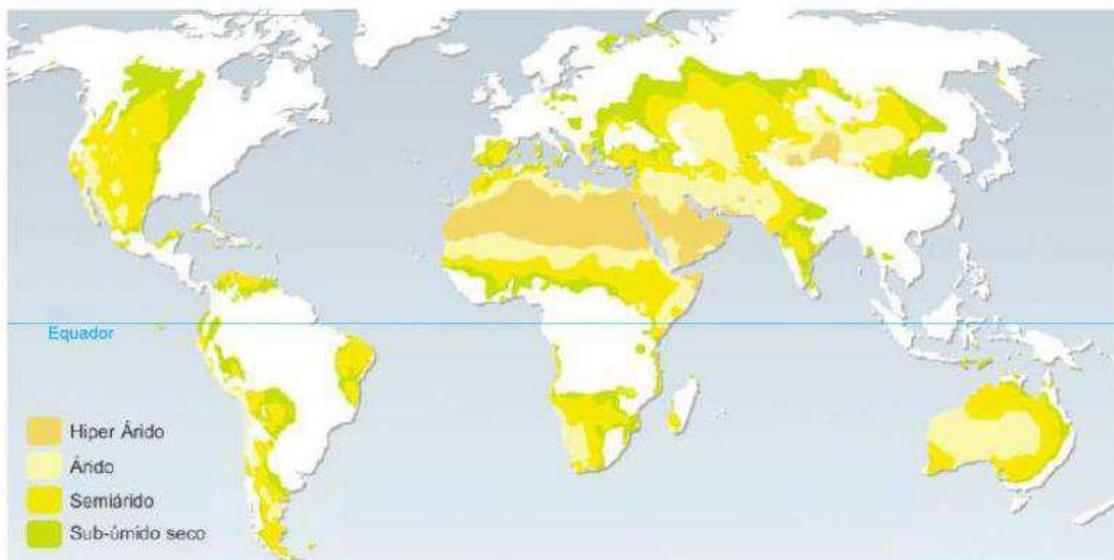
Spechta *et al.* (2019), ao trabalharem com as diferenças socioeconômicas entre populações residentes, usuárias e vizinhas de uma área protegida na floresta seca brasileira, enfatizaram em seus resultados que a conservação de áreas degradadas da Caatinga, assim como em outras regiões semiáridas, depende de estratégias de conservação com ações governamentais que reduza a pobreza das populações de baixa renda, para que assim, reduza supressão da vegetação nativa pelo homem.

## 4.2 Bioma Caatinga

A Caatinga é a vegetação nativa que compõem as paisagens do semiárido brasileiro, este bioma também é conhecido como floresta tropical sazonalmente seca (*Seasonally Dry Tropical Forest - SDTF*), é um ecossistema que está inserido totalmente no Brasil, ou seja, 100% brasileiro. A palavra Caatinga tem origem tupi (*caa*: mata e

*tinga*: branca), a qual existe em outras regiões semiáridas em torno do mundo (Figura 22), como no Chile, Ásia e na África, porém o semiárido brasileiro é o que apresenta maior diversidade de fauna e flora (SENA, 2011).

**Figura 22.** Contraste entre as zonas áridas do mundo e no Brasil.

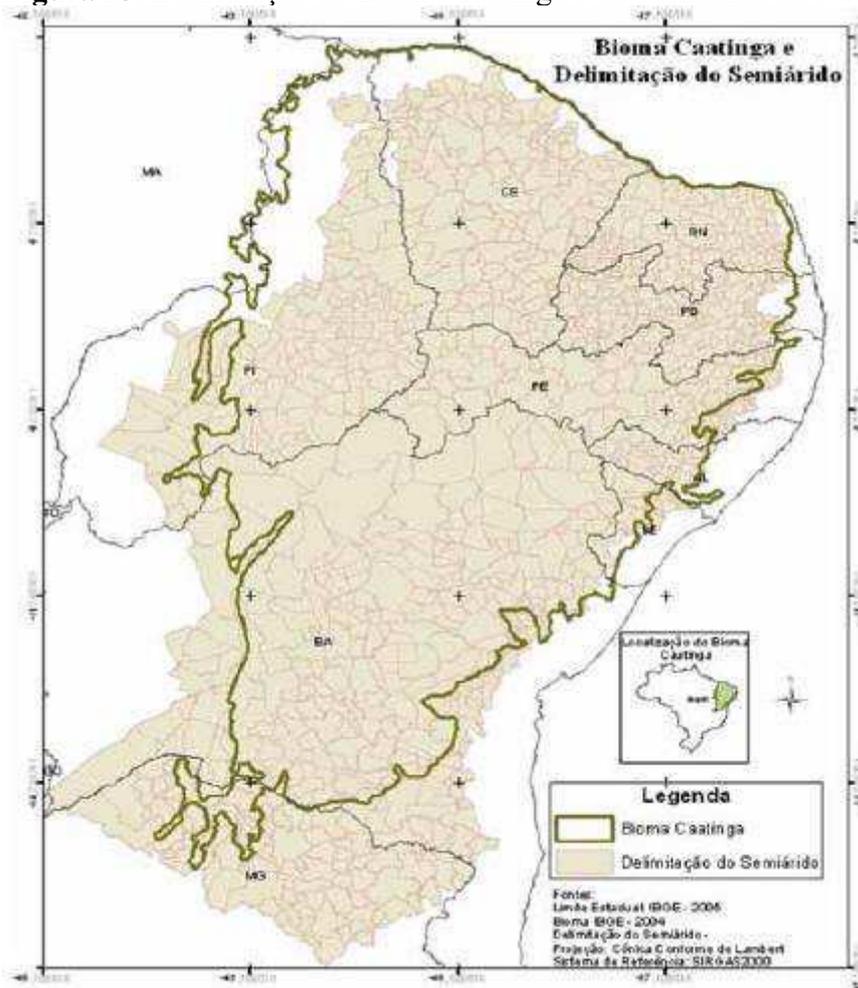


Fonte: SENA (2011)

De acordo com o IBAMA (2011), o Bioma Caatinga possui uma extensão de 826.411 km<sup>2</sup>, com cerca de 27 milhões de pessoas, o que é considerado a região semiárida mais povoada do mundo, isto é, a Caatinga é limitada ao leste e ao oeste pelas florestas Atlântica e Amazônica, respectivamente, e ao sul pelo Cerrado. E se estende pela totalidade do estado do Ceará (100%) e mais de metade da Bahia (54%), da Paraíba (92%), de Pernambuco (83%), do Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%), quase metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%) (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Desse modo, a área do Semiárido brasileiro totaliza 969.589 km<sup>2</sup> e 1.133 municípios que são foco prioritário de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE e de iniciativas no âmbito do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE. Na figura 23, em destaque a distribuição da vegetação da Caatinga no Nordeste Brasileiro em contraste com a região semiárida (MMA, 2011).

**Figura 23.** Delimitação do Bioma Caatinga e do Semiárido do Nordeste Brasileiro



Fonte: MMA (2011)

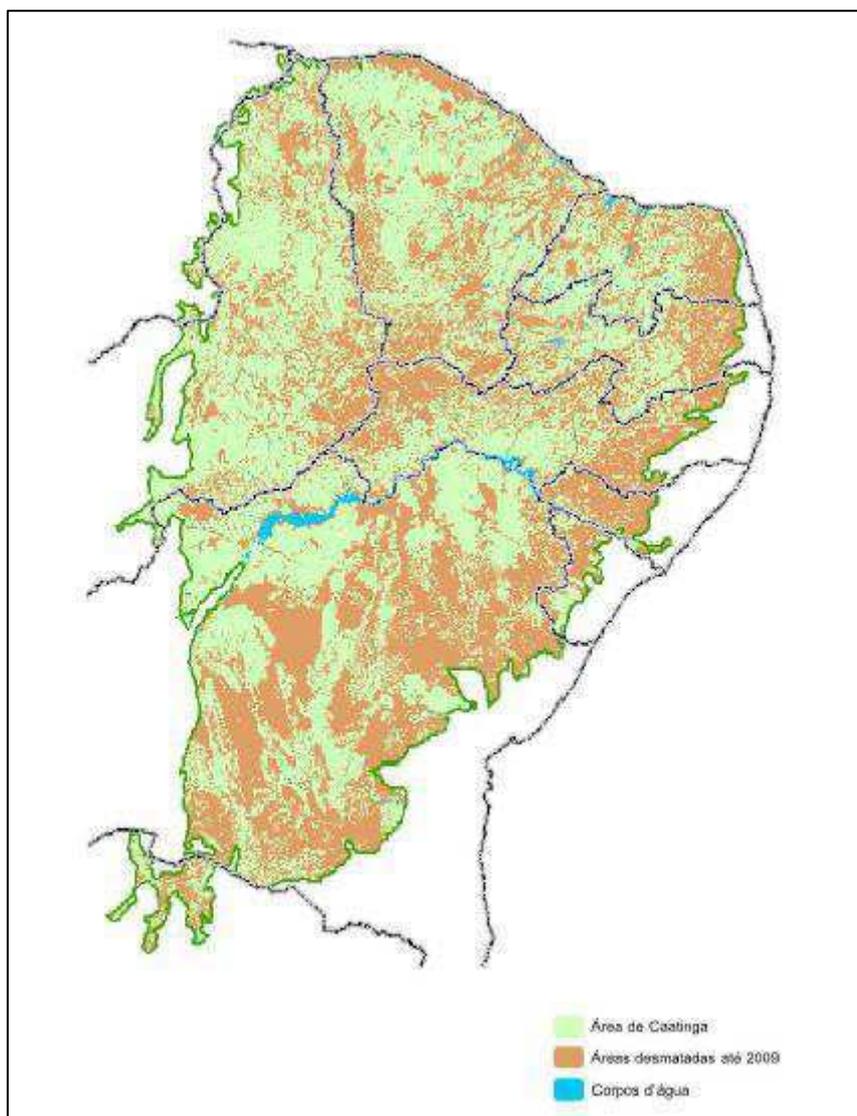
As plantas nativas da região semiárida, conforme Campanhola (2004), possuem adaptações que permitem a sobrevivência por longos períodos de secas, as que mais se destacam são as bromélias, cactos e leguminosas.

Alves; Araújo; Nascimento (2009), cita em seu trabalho, que a cobertura vegetal, em sua maioria, é representada por xerófilas, possui grande diversidade por razões climáticas, edáficas, topográficas e antrópicas, devido a essas questões, junto com a vegetação dominante, igualmente ocorrem as florestas dos relevos (florestas perenifólias e subperenifólias dos brejos de altitude e encostas expostas aos fluxos úmidos de ar e de florestas semi-decíduas), as florestas ripárias e os cerrados.

Conforme Fernandes; Cardoso; Queiroz (2019), a Caatinga abriga pelo menos 3.347 espécies, 962 gêneros e 153 famílias de plantas com flores, sendo os componentes não lenhosos (ervas, subarbustos e trepadeiras herbáceas) representam 56,3 % da diversidade de espécies, enquanto os componentes lenhosos (árvores, arbustos e trepadeiras lenhosas) representam 43,7 %.

Atualmente, grande parte desse bioma apresenta-se desprotegido, visto que, cerca de 1 % de área protegida por unidades de conservação de proteção integral e 6,4 % de área protegida por unidades de conservação de uso sustentável, em 2009 a área cobertura vegetal 53,38 % e a vegetação suprimida 45,62 % (Figura 24) (IBAMA, 2011).

**Figura 24.** Em destaque as áreas de vegetação e desmatadas até 2009



Fonte: IBAMA 2009

A Caatinga, tem se destacado por conter uma grande diversidade de espécies vegetais, muitas das quais endêmicas ao bioma, e outras que podem exemplificar relações biogeográficas que ajudam a esclarecer a dinâmica histórica vegetacional da própria Caatinga conforme Giulietti *et al.* (2004)

No quadro 18 se encontra o detalhamento de alguns estudos realizados sobre o Bioma Caatinga nos últimos 5 anos que merecem ser destacados nessa pesquisa e estão apresentados com a mesma sistemática utilizada nos quadros 1 e 2.

#### Quadro 18. Pesquisas realizadas nos últimos 5 anos sobre o Bioma Caatinga

<b>Pesquisa:</b> Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation.	<b>Autor (es):</b> Rito <i>et al.</i> (2017)
<b>Objetivo (os):</b> Este estudo contribui para melhorar nossa compreensão dos efeitos dos distúrbios humanos e precipitação na estrutura e diversidade da vegetação em SDTFs, permitindo assim prever (e possivelmente mitigar) mudanças futuras na vegetação dentro deste bioma em extinção.	
<b>Principais Conclusões:</b> Foram registrados 5541 caules pertencentes a 129 espécies ( $25,1 \pm 8,9$ espécies por parcela; média $\pm$ DP) e 31 famílias. A família mais especiosa foi Fabaceae (28% das espécies), seguida por Euphorbiaceae (14%) e Myrtaceae (8%). A densidade de fuste por parcela variou de 139 a 440 hastes / 1000 m <sup>2</sup> ( $292 \pm 87$ hastes / 1000 m <sup>2</sup> ), e a biomassa aérea total por parcela variou de 4.962,7 a 43.588,2 kg ( $14.690,8 \pm 9.676,2$ kg). Considerando a porcentagem média de desvio explicado pelos modelos mais plausíveis, todas as medidas de diversidade (OD = 50,8%, 1D = 46,9%, 2D = 41,1%) foram fortemente relacionadas à precipitação e perturbação humana .	
<b>Pesquisa:</b> Chronic human disturbance affects plant trait distribution in a seasonally dry tropical forest.	<b>Autor(es):</b> Sfair <i>et al.</i> (2018)
<b>Objetivo (os):</b> estudar uma área da Caatinga exposta a diferentes níveis de extração de madeira, pressão do gado, precipitação e fertilidade do solo. Nesse cenário, questionou:-se como os distúrbios antrópicos crônicos, as chuvas e a fertilidade do solo influenciaram a composição funcional de árvores e arbustos em uma área de Caatinga? Para responder a essa pergunta, avaliou-se o turnover das espécies e a variabilidade intraespecífica ao longo desses gradientes, em que foi considerado características as relacionadas à estratégia de uso da água, competição, colonização e defesa de grandes herbívoros.	
<b>Principais Conclusões:</b> Em síntese, as mudanças no CAD, precipitação e fertilidade do solo podem afetar a distribuição de características ao filtrar seletivamente os valores das características em níveis de comunidade e espécies em SDTF, onde mudanças potenciais na intensidade de luz, disponibilidade de água, herbivoria por mamíferos, nutrientes e exploração direta de espécies são capazes de alterar a distribuição espacial de características particulares e aumento do turnover das espécies e da variabilidade intraespecífica. Assim, as respostas às características podem operar como forças determinísticas de montagem ao longo de todo o gradiente por meio de uma combinação de variação intraespecífica e interespecífica. No entanto, a sensibilidade às características pode ser específica da espécie, adicionando complexidade à reorganização da comunidade em resposta a distúrbios humanos locais e mudanças climáticas.	
<b>Pesquisa:</b> Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation.	<b>Autor(es):</b> Althoff <i>et al.</i> (2018)
<b>Objetivo (os):</b> Calibrar e validar o modelo Century para simular a dinâmica dos estoques e fluxos de C e N no sistema solo-planta em áreas de vegetação nativa da Caatinga submetidas a diferentes práticas de corte com e sem queima no semiárida do Nordeste do Brasil.	
<b>Principais Conclusões:</b> Os resultados observados durante a adaptação do Century demonstraram que o modelo foi capaz de simular a dinâmica dos estoques de C na biomassa aérea e da matéria orgânica do solo (MOS) em áreas de Caatinga em regeneração após corte, com e sem ocorrência de fogo. No entanto, a adaptação do Century para representar esses sistemas, principalmente na simulação de desmatamento e regeneração florestal, requer atenção detalhada a alguns aspectos. Em primeiro lugar, o modelo é muito sensível ao tipo de desmatamento, principalmente, se houver retirada de tocos e fogo. Portanto, essas práticas de gerenciamento devem ser bem detalhadas no histórico do site durante as execuções do modelo. Também observou-se a necessidade de criar dois arquivos de cultura diferentes para a vegetação herbácea dentro da floresta preservada e nas áreas desmatadas abertas, caso contrário, a	

<p>simulação não representará adequadamente a dinâmica de crescimento da erva. Outro aspecto importante é a alta sensibilidade do modelo à variável KLAI, que controla o acúmulo de folhas durante a fase jovem das árvores. Portanto, após as adaptações necessárias, o modelo Century simulou adequadamente a ciclagem de C e N em áreas de vegetação de Caatinga no semiárido brasileiro.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI Normalized Difference Vegetation Index (2008–2016).</p>	<p><b>Autor(es):</b> Barbosa <i>et al</i> (2019)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Quantificar a variabilidade espaço-temporal da precipitação e comparando-a com os valores de NDVI para avaliar o impacto da seca na vegetação. Os dados SEVIRI NDVI foram analisados usando três abordagens: (i) em comparação com a série temporal do pluviômetro; (ii) em comparação com um NDVI de resolução diferente do satélite SPOT-Vegetação; (iii) em comparação com as tendências de curto prazo de séries temporais de chuva usando o Índice de Precipitação Padronizado (SPI-1 mês); (iv) seguindo as análises de tendência, uma árvore de decisão (Mahesh e Mather 2003) é usada para estimar o acoplamento entre a vegetação (SDVI) e a precipitação (SPI). Além disso, os índices SPI, SPEI e Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO) são empregados para identificar secas anteriores, ajudando a contextualizar a recente seca.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Os resultados fornecem a compreensão nos padrões espaço-temporais do impacto da seca na vegetação da Caatinga para o período de 2008-2016, a partir do qual três conclusões principais podem ser resumidas neste estudo: (1) Apesar de suas características tipicamente xerofíticas, as plantas da Caatinga respondem mais fortemente à precipitação, que é indicada por correlações positivas significativas com melhores defasagens entre 1 e 3 meses que combinavam o SEVIRI NDVI diário e dados de estações meteorológicas locais. Isso é consistente com o efeito mais lento e gradual da seca nas plantas da Caatinga em comparação com as plantas e árvores irrigadas. Enquanto as plantas da Caatinga são as primeiras a serem afetadas pela seca, as plantas com raízes profundas e as plantas irrigadas são mais resistentes e permanecem verdes durante períodos consideráveis de seca.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain e Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products (2001 a 2012).</p>	<p><b>Autor(es):</b> Schulz <i>et al.</i> (2017)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Preencher a lacuna de conhecimento sobre as modificações fundiárias ocorridas nos últimos anos no domínio fitogeográfico da Caatinga (DPC). Em particular, o estudo teve como objetivo responder às seguintes questões: Como foi distribuída a mudança de terras no CPD durante a última década? Como a diversidade e fragmentação da paisagem mudaram? Quais regiões do CPD estão ameaçadas pela degradação do solo?</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Três relações principais caracterizaram as mudanças no uso e cobertura da terra na área de pesquisa: (a) Foi localizado um (re-) ganho líquido considerável de vegetação lenhosa que foi interpretado como uma consequência de mudanças socioeconômicas e mudanças locais de precipitação; (b) as infra-estruturas hídricas serviram de base para as intensas e descentralizadas produções agrícolas em grande escala nas regiões do interior; (c) e a distribuição urbana está intimamente relacionada com as costas e regiões montanhosas com vantagens climáticas. Os indicadores de diversidade e fragmentação da paisagem mostram decréscimos gerais, relacionados ao ganho da classe de savana amplamente distribuída e à perda de outras classes de vegetação. Os aumentos locais resultaram de plantações e atividades de infraestrutura hídrica. Um grande corredor de risco regional de degradação da terra e desertificação foi detectado no vale central do rio São Francisco, onde os arbustos e as pastagens foram amplamente distribuídos. No entanto, nesta região também evidenciou-se aumentos focais de vegetação lenhosa. No geral, o padrão de mudanças de terras permanece complexo e depende da conversão em pequena e grande escala da vegetação natural.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism</p>	<p><b>Autor(es):</b> Fernandes; Cardoso; Queiroz, (2019)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Apresentar aqui uma lista de verificação abrangente das plantas com flores altamente ameaçadas na Caatinga, florestas e bosques sazonalmente secos, para fornecer a base para um planejamento de conservação eficaz de sua flora extraordinária e facilitar estudos futuros visando a melhor compreensão de sua ecologia e diversificação evolutiva.</p>	

<p><b>Principais Conclusões:</b> A nova lista de verificação montada aqui revelou que as florestas e bosques sazonais da Caatinga abrigam pelo menos 3.347 espécies, 962 gêneros e 153 famílias de plantas com flores. Os componentes não lenhosos (ervas, subarbustos e trepadeiras herbáceas) representam 56,3% da diversidade de espécies, enquanto os componentes lenhosos (árvores, arbustos e trepadeiras lenhosas) representam 43,7 %. Os escaladores não lenhosos (333) são quase duas vezes mais frequentes que os escaladores lenhosos (182). As espécies epifíticas e parasitárias representam 2,7 % e 1,5 % da diversidade total, respectivamente. Fabaceae (490 espécies / 112 gêneros) é a família mais rica em espécies, seguida por Euphorbiaceae (199/27), Poaceae (142/56), Asteraceae (141/78), Malvaceae (140/30), Rubiaceae (113 / 48), Convolvulaceae (111/13), Bignoniaceae (104/22), Malpighiaceae (92/25) e Apocynaceae (90/23). Com exceção de Poaceae e das também ricas espécies Cyperaceae, Orchidaceae e Bromeliaceae, que são compostas exclusivamente por ervas, as mais diversas famílias de plantas com flores da Caatinga contribuem amplamente para a diversidade de espécies lenhosas e não lenhosas. Myrtaceae (11ª na flora geral) assume grande importância quando se considera apenas seu componente lenhoso (4ª família lenhosa). Os principais gêneros dentro da Caatinga são Croton (72 espécies), Mimosa (44), Chamaecrista (41), Ipomoea (37), Senna (36), Eugenia (34), Jacquemontia (30), Turnera (30) e Evolvulus (26) A maior parte das espécies de plantas com flores na Caatinga podem ser consideradas não especializadas, por ocorrerem também em floresta tropical e / ou savana (Apêndice 3). Um total de 1.319 espécies (39,4 %) ocorrem nos três principais biomas tropicais, enquanto 757 (22,6 %) e 521 (15,5 %) espécies são compartilhadas entre Caatinga e savana e Caatinga e biomas de floresta, respectivamente. Os especialistas do SDTFW correspondem a 22,3 % (747 espécies) de todas as espécies da Caatinga. A maioria dos especialistas em SDTFW (526 espécies, aproximadamente 15,7 % da diversidade total e 70,5 % dos especialistas em SDTFW) são endêmicas da Caatinga, incluindo 29 gêneros endêmicos. As famílias da Caatinga mais ricas em termos de endemias são Fabaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Bromeliaceae, Malvaceae e Apocynaceae</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Mariano <i>et al.</i> (2018)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Desenvolver uma base sólida para a compreensão das tendências de LD na região NEB para o período que vai de 2002 a 2016. Os objetivos específicos são: (1) analisar a variação da precipitação durante o período de estudo e destacar as ocorrências de seca, (2) para detectar os hotspots de áreas propensas a LD, (3) para detectar áreas de degradação induzida pelo homem e (4) analisar como o LD afeta a ET. Este estudo nos permite não apenas localizar pontos críticos de áreas propensas a LD, mas também determinar se as atividades humanas estão catalisando essas tendências e como a degradação pode contribuir potencialmente para o feedback da seca.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> O estudo indicou uma tendência geral negativa na biomassa devido principalmente a uma longa seca no NEB, já que o último terço do período de 15 anos foi notavelmente seco. Em algumas regiões, uma tendência negativa foi detectada mesmo em um período normal de precipitação, indicando LD induzida pelo homem, possivelmente como resultado do aumento do rebanho, levando ao sobrepastoreio. Em relação ao albedo, o LAI mostrou-se um melhor indicador para avaliação do LD devido a uma maior amplitude de variação, apresentando também maior correlação com o TE. Quando se trata de causa ET, o albedo teve um impulso ligeiramente mais fraco do que o LAI no ET, enquanto a precipitação desempenhou um papel importante. Nas áreas onde o LD foi mais intenso, a ligação entre LAI/albedo e ET foi mais forte.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016</p>	<p><b>Autor(es):</b> Parente; Ferreira, (2018)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Uso dados MODIS e uma nova abordagem para produzir mapas anuais de áreas de pastagem para todo o Brasil. Além disso, e com base em nossos resultados obtidos de classificação, dados censitários e estatísticas socioeconômicas, foi realizada uma análise da dinâmica territorial das áreas de pastagem nos últimos 17 anos, levando em consideração diferentes aspectos e características da pecuária brasileira.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Com uma precisão geral de 80% e tendências espaço-temporais consistentes, a área mapeada variou de 152 milhões de hectares em 2000 a 178 milhões de hectares em 2016, um padrão que é consistente com o aumento do rebanho bovino e prevalência de crescimento da produção através</p>	

<p>da conversão de novas áreas. Especificamente, a análise desses mapas revelou que houve uma forte expansão das áreas de pastagem nos primeiros cinco anos da série, principalmente no Cerrado e na Amazônia. A partir de 2005, o balanço de área se estabilizou e a atividade pecuária apresentou um leve processo de intensificação, aumentando sua taxa de lotação em 0,1 UA / hec em todo o período de análise. A alta correlação do rebanho bovino com as áreas de pastagem, no âmbito municipal, revelou uma tendência de migração da atividade pecuária do centro-sul para o norte do país, provavelmente, ocasionada pelas necessidades de produção de outras <i>commodities</i> brasileiras, cuja demanda é maior em termos de infraestrutura e são economicamente mais atraentes.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Fragmentation patterns of the Caatinga drylands</p>	<p><b>Autor(es):</b> Antongiovanni; Venticinque; Fonseca (2018)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Realizar a primeira análise quantitativa da estrutura espacial do sequeiro da Caatinga. Estimar a quantidade de <i>habitat</i> e o padrão de fragmentação desta região usando uma perspectiva multi-escala.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Esta primeira análise em larga escala da fragmentação da Caatinga forneceu informações importantes sobre o arranjo espacial e a configuração estrutural de seus remanescentes, bem como suas interações. A boa notícia é que a Caatinga ainda possui grandes fragmentos com potencial para abrigar populações viáveis de espécies mais sensíveis e com capacidade reduzida de movimentação na matriz. Esses fragmentos menos perturbados cobrem grande extensão dos remanescentes da Caatinga e representam excelentes oportunidades para estratégias proativas, como a criação de novas unidades de conservação. Além disso, o arranjo espacial dos remanescentes ainda confere uma alta conectividade funcional dentro da região, favorecendo o fluxo biológico de espécies com capacidade de movimentação intermediária a alta. Uma possibilidade é a criação de uma grande rede de pequenas florestas estaduais de uso sustentável, capazes de fornecer lenha e carvão vegetal para a demanda local (indústria e comércio), solução adotada há algum tempo na Austrália. Dessa forma, pode-se medir e gerenciar a exploração madeireira de forma mais eficiente do que a forma difusa que ocorre na paisagem da Caatinga atualmente. É necessário considerar a paisagem como uma unidade de manejo, visto que a Caatinga é uma região altamente povoada, com uso pesado e escassos recursos financeiros para promover a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em longo prazo.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Koch; Almeida-Cortez; Kleinschmit (2017)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Revelar áreas de alta importância para a conservação da natureza (AHNCI) na pouco estudada ecorregião da Caatinga (Ulysses Paulino Albuquerque <i>et al.</i>, 2012), a fim de contribuir para a conservação da diversidade vegetal por meio da modelagem da riqueza florística. Além disso, evidenciou-se as espécies ameaçadas em uma abordagem complementar em nível regional.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Concluí-se que: (1) a abordagem S-SDM complementar é econômica e rapidamente aplicável para avaliar os padrões de biodiversidade em SDTFs, embora deva-se estar cientes das limitações (por exemplo, erros taxonômicos, erros de medição em dados espaciais e falta fatores ecológicos). O resultados sugeriram que a abordagem S-SDM pode ser usada para fornecer informações básicas para os tomadores de decisão e que pode ser combinada com estudos locais adicionais para quantificar as pressões e os riscos de ameaça que afetam as espécies de plantas ameaçadas. (2) Apresentou-se um conjunto de dados de alta representatividade de SDMs para toda a Caatinga em alta resolução espacial (30 segundos de arco). A abordagem de modelagem confirmou os resultados de outras regiões semiáridas por Deblauwe <i>et al.</i> (2008) na escala do bioma que a integração do solo, topografia e radiação solar potencializaram a previsão de potenciais padrões de distribuição geográfica.. (3) As previsões forneceram uma base para o planejamento de conservação florística na Caatinga, e destaca-se os principais pontos críticos de riqueza, com padrões de ameaça a espécies de plantas, o que permite a identificação de áreas candidatas em potencial para ações de conservação. Uma proporção substancial das áreas estudadas CIU previstas não está sendo considerada na rede de proteção atual no momento. No entanto, nesse estudo não tem como objetivo fornecer uma solução final para o planejamento da conservação.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America</p>	<p><b>Autor(es):</b> Silva; Souza, (2018)</p>

<p><b>Objetivo (os):</b> Nossos objetivos foram quantificar e mapear as sub-regiões vegetais da Caatinga, que cobre 844.453 km<sup>2</sup> e é o maior bloco de floresta sazonalmente seca da América do Sul. Realizamos análises espaciais do maior conjunto de dados de distribuições de plantas lenhosas nesta região reunido até o momento (de 2.666 espécies arbustivas e arbóreas; 260 localidades), comparamos essas distribuições com as regionalizações fitogeográficas atuais e investigamos os fatores ambientais potenciais dos padrões florísticos em essas sub-regiões.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Encontrou-se um total de 2.666 espécies arbustivas e arbóreas pertencentes a 778 gêneros e 143 famílias botânicas nas 260 localidades. As espécies restritas a uma única localidade totalizaram 1.411 (52,9 % do total). O número médio de espécies por localidade foi de 47,0 (DP = 40,9, mediana = 33; variação: 5±216). O NMDS tridimensional produziu alta congruência entre as distâncias observadas e ordenadas (ajuste não métrico R<sup>2</sup> = 0,97, ajuste linear R<sup>2</sup> = 0,83) e um valor de tensão de 17,3. A variação florística capturada pelos eixos NMDS foi representada em um mapa de diversidade beta. O método L de regressão por partes K-means identificou nove grupos florísticos como a melhor solução para nosso conjunto de dados. O agrupamento K-means subsequente do NMDS interpolado identificou as seguintes regiões biogeográficas florísticas: (1) Núcleo Chapada Diamantina, (2) Periferia da Chapada Diamantina, (3) Caatinga Sul, (4) Caatinga Oriental, (5) Recôncavo, (6) Depressões do São Francisco e Sertaneja, (7) Planalto Sertanejo, (8) Depressões do Médio São Francisco e Cearense e (9) Ibiapaba.</p>	

**Fonte:** Compilação do Autor (2023)

Em síntese, Fernandes; Cardoso; Queiroz, (2019) realizam um levantamento de uma lista atualizada de plantas das florestas e matas secas sazonais da Caatinga brasileira em que revelaram alta riqueza de espécies e endemismo. Já Althoff *et al.* (2018), descreveram em seu artigo o modelo Century para simular a dinâmica dos estoques e fluxos de C e N no sistema solo-planta em áreas de vegetação nativa da Caatinga submetidas a diferentes práticas de corte com e sem queima no semiárido. Os autores como Mariano *et al.* (2018); Rito *et al.* (2017); Sfair *et al.* (2018), trabalharam questões dos mais variados tipos de distúrbios antrópicos sobre a vegetação do semiárido.

Neste contexto, autores como Antongiovanni; Venticinque; Fonseca (2018); Barbosa *et al.* (2018); Parente; Ferreira (2018); Schulz *et al.* (2017) realizaram pesquisas utilizando imagens de satélites para mapear a Caatinga, isto é, usaram estudos espaço temporal, estimativa da vegetação e a verificação das modificações ocorridas nos últimos anos, além do domínio fitogeográfico.

Nóbrega (2020) utilizou em sua dissertação artigos que trabalhavam especificamente com a cobertura vegetal por meio de imagens de satélites, ou seja, pesquisas que analisavam a vegetação por meio do NDVI. No quadro 19, se encontram os artigos utilizados em sua revisão da literatura sobre o tema em questão, com detalhamento das pesquisas.

**Quadro 19.** Resumos das pesquisas utilizadas por Nobrega (2020), com o objetivo e suas principais conclusões.

<b>Pesquisa:</b> Análise espaço-90-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil	<b>Autor (es):</b> Ballén; Souza; Lima (2016)
<b>Objetivo (os):</b> Realizar uma análise espaço-temporal das mudanças da cobertura vegetal na área, subsidiada pela geração dos índices de vegetação NDVI e SAVI, comumente usados para analisar padrões biofísicos da vegetação da Caatinga.	
<b>Principais Conclusões:</b> A falta de planejamento no momento de criação de uma área protegida repercute diretamente nos objetivos de conservação, já que o sucesso desta está em incorporar alvos de sustentabilidade de recursos naturais no processo histórico econômico que caracteriza a área. As formas de exploração atualmente praticadas na área de estudo não atendem as exigências legais, particularmente numa área com características de proteção como a APA do Cariri. O uso de índices de vegetação nas análises da evolução espaço-temporal das coberturas vegetais de uma área determinada oferece um importante indicador de qualidade ambiental para obter, de forma relativamente rápida, informações relevantes para determinar processos de sucessão, tipos de ocupação do solo e a degradação.	
<b>Pesquisa:</b> Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao estudo de degradação ambiental da Serra da Meruoca.	<b>Autor(es):</b> Lima (2014)
<b>Objetivo (os):</b> Analisar os níveis de degradação da Serra da Meruoca - Ceará a partir de um estudo temporal da Cobertura e Uso da Terra.	
<b>Principais Conclusões:</b> A análise temporal da cobertura e uso da terra serviu de forma bastante satisfatória na presente pesquisa. Verificou-se a evolução da atividade agropecuária, bem como a redução da mata úmida primitiva, a qual se encontra praticamente degradada, com grande presença de babaçu. A análise da vegetação serve como base para um posterior estudo do estado de evolução da degradação ambiental da Serra da Meruoca-CE. A geração do índice de vegetação dos anos de 1993 e 2013, com o intuito de complementar a análise feita da cobertura e uso da terra, foi de extrema relevância, uma vez que se pode verificar a regressão da cobertura vegetal da Serra da Meruoca. Juntamente com a análise dos gráficos pluviométricos e do balanço hídrico, concluiu-se que, mesmo com o total pluviométrico mais elevado e o balanço hídrico mais positivo no ano de 2013, a resposta da vegetação foi inferior à resposta obtida no ano de 1993.	
<b>Pesquisa:</b> Geoprocessamento na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Seridó.	<b>Autor(es):</b> Lima <i>et al.</i> (2018)
<b>Objetivo (os):</b> Mapear a alteração nas classes de cobertura vegetal, solo e água no município de Seridó-PB, no período 1990 e 2013 desenvolveu-se esta pesquisa, utilizando-se dos índices de vegetação por diferença normalizada – NDVI e das composições multiespectrais ajustadas – CMA como parâmetros.	
<b>Principais Conclusões:</b> A escala temporal de análise (1990 e 2013) permitiu verificar ao longo do período de 23 anos a variação da cobertura vegetal da região, caracterizada pelo aumento das áreas degradadas devido a atividades antrópicas. É necessário chamar a atenção para o impacto ambiental causado pela descaracterização da cobertura vegetal natural, que foi apresentado na região de estudo, caracterizando indícios da desertificação. O monitoramento da variação espaço-temporal da vegetação natural de uma região utilizando imagens de satélite podem ser executados com eficácia pelo <i>software</i> SPRING, através das imagens IVDN e Composições Multiespectrais Ajustadas – CMA.	
<b>Pesquisa:</b> Análise das classes de cobertura vegetal no município de Taperoá – Paraíba.	<b>Autor(es):</b> Moraes Neto <i>et al.</i> (2018)
<b>Objetivo (os):</b> Identificar e analisar as diferentes classes de cobertura vegetal no município de Taperoá - Paraíba para os anos de 1990 e 2015	
<b>Principais Conclusões:</b> Em toda a área estudada e pelos relatos da população em mais de 10 anos sem produtividade, muitas áreas foram abandonadas, dando prioridade a agricultura de subsistência, o que mostra o aumento da vegetação semidensa. Já a redução da vegetação que apresenta densidade e o solo mais exposto foram características da exploração da pecuária extensiva, desmatamento, implantação de loteamentos da construção civil e o aumento da densidade demográfica. Com essas atividades têm provocado perdas de biodiversidade, desencadeado processos erosivos e provocado um assoreamento dos açudes.	

Fonte: Adaptado de Nobrega (2020)

Consoante com Campanhola (2004), a cobertura vegetal serve como proteção do solo, visto que sem a vegetação, pode correr erosão hídrica e eólica, arrastando os sedimentos (terra, detritos vegetais), tornando-o menos fértil e, com menor capacidade de armazenamento de água, levando a modificação no clima da região, tornando cada vez mais seco ao longo dos anos. Por isso, é fundamental, deter conhecimento sobre o bioma, evitando a degradação e usufruindo de forma sustentável os recursos que a mata nativa oferece a população da região.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO *et al.*, 2007)

### **4.3 Sensoriamento Remoto - RS**

Com o avanço tecnológico e a corrida espacial no século XX, em pouco tempo, foi possível obter meios de observar a Terra, com cada vez mais precisão, obtendo dados dos recursos naturais e cidades, e suas alterações no decorrer do tempo.

Segundo Meneses *et al.* (2012), o Sensoriamento Remoto - SR tem origem nos anos 60, surgindo com o desenvolvimento espacial, nesse período teve o desenvolvimento dos foguetes lançadores de satélites, o que possibilitou colocar no espaço satélites artificiais para várias finalidades, sendo os satélites meteorológicos os pioneiros. Ainda, conforme Meneses *et al.* (2012) na metade da década de 60, equipamentos foram anexados em aeronaves como programas de simulação, para serem posteriormente instalados a bordo de satélites e, conseqüentemente, em satélites, conhecidos por sensores imageadores, em razão do processo de cobertura do terreno ser feito na forma de varredura linear do terreno e não por um mecanismo de tomada instantânea de área, em quadro, como é feito com câmeras fotográficas.

No trabalho intitulado “Evolução da observação da Terra por Sensoriamento Remoto - SR”, realizado por Melo *et al.* (2021), ressaltara que os avanços tecnológicos e baixos custos, levou a disseminação das imagens adquiridas por aeronaves e satélites, recorrentes na Fotogrametria e no Sensoriamento Remoto – SR, também cita que para *American Society of Photogrammetry* – ASP define Fotogrametria “como ciência e a arte de obter informações métricas confiáveis por meio de fotografias”.

Um das definições mais aceitas de SR foi descrita por Lillesand; Kiefer; Chipman (2015), onde descreve o SR como a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno por meio da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. Melo *et al.* (2021) citaram a definição de SR dos autores Garcia (1982), Sabins (1996) e a Organização das Nações Unidas (ONU, 1986), como a aquisição da informação proveniente de sensores que detectam a radiação eletromagnética.

Desta forma, Meneses *et al.* (2012), usando como base a definição de SR numa formulação científica, que é regida segundo os seguintes preceitos:

- i) exigência: ausência de matéria no espaço entre o objeto e o sensor;
- ii) consequência: a informação do objeto é possível de ser transportada pelo espaço vazio;
- iii) processo: o elo de comunicação entre o objeto e o sensor é a radiação eletromagnética, a única forma de energia capaz de se transportar pelo espaço.

As imagens obtidas pelos sensores são aplicadas em muitas áreas, de acordo com Liu (2006) o SR pode ser empregado para observar o uso do solo e evolução de biodiversidade, na geologia, pedologia, urbanismo, recursos naturais, vegetação, agricultura, limnologia, geomorfologia, oceanografia, recursos hídricos superficiais e do subsolo, fenômenos atmosféricos, etc. Conforme Soares Filho (2000) a relevância do SR para o Geoprocessamento, que está no fato, que este é a maior fonte de dados para os Sistemas de Informação Geográficas – SIGs e como vantagem, a obtenção de dados e informação de regiões remotas, de difícil acesso, detecção de objetos e fenômenos não perceptíveis pela visão humana.

Sob a visão de Meneses *et al.* (2012), há três características que tomam o SR como umas das melhores inovações para a tomada de dados da superfície terrestre, o motivo pelo qual os sensores imaginadores multiespectrais são eficiente, se dá pelo fato:

- (i) os dados são em formato digital;
- (ii) podem ser operados de plataformas espaciais por meio de satélites, permitindo a tomada de imagens de forma repetitiva ao longo de vários anos; e
- (iii) as imagens podem ser obtidas num amplo intervalo de comprimento de onda, com dezenas a centenas de bandas espectrais.

Para Lillesand; Kiefer; Chipman (2015) os processos e elementos generalizados envolvidos no SR eletromagnético dos recursos terrestres, são envolvidos dois processos básicos a aquisição de dados e a análise de dados, descritos a seguir:

“Os elementos do processo de aquisição de dados são fontes de energia (a), propagação de energia através da atmosfera (b), interações de energia com características da superfície terrestre (c), retransmissão de energia através da atmosfera (d), sensores aéreos e/ou espaciais (e), resultando na geração de dados do sensor em formato pictórico e/ou digital (f). Em suma, usamos sensores para registrar variações na maneira como as características da superfície da Terra refletem e emitem energia eletromagnética. O processo de análise de dados (g) envolve examinar os dados usando vários dispositivos de visualização e interpretação para analisar dados pictóricos e/ou um computador para analisar dados de sensores digitais. Dados de referência sobre os recursos que estão sendo estudados (como mapas de solo, estatísticas de cultivo ou dados de verificação de campo) são usados quando e onde disponíveis para auxiliar na análise de dados. Com o auxílio dos dados de referência, o analista extrai informações sobre o tipo, extensão, localização e condição dos diversos recursos sobre os quais os dados do sensor foram coletados. Essas informações são então compiladas (h), geralmente na forma de mapas, tabelas ou dados espaciais digitais que podem ser mesclados com outras “camadas” de informações em um sistema de informações geográficas (GIS). Por fim, a informação é apresentada aos usuários (i), que a aplicam em seu processo de tomada de decisão”.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, é o órgão responsável pela consolidação do SR como uma tecnologia de uso em escala nacional, projetando o Brasil como a nação pioneira no hemisfério sul a dominar essa tecnologia (MENESES *et al.*, 2012)

#### **4.4 Processamento Digital de Imagens**

Para o processamento digital das imagens, estudo e criação de mapas temáticos, são utilizados *software* QGis, dentre outros, que são sistema de informação geográfica – SIG.

O processamento digital das imagens dos dados do SR, buscam identificar as feições registradas nas imagens, para Soares Filho (2000), a interpretação de imagens consiste em um processo de obtenção de mapas temáticos por meio da extração dos dados

adquiridos pelos sensores, no qual, a interpretação das imagens tem que ser vista não como um processo completo em si mesmo, mas apenas como passo para a construção de um mapa de uma dada região, visto que, se faz necessário verificação de campo.

Na proporção do estudo que se deseja realizar, são utilizados banda espectrais específicas, de acordo com o tipo de sensor que esteja trabalhando, para obtenção dos mapas, no quadro 20, pode-se observar as bandas espectrais do sensor *Thematic Mapper* -TM/ Landsat – 5 a 7 e do sensor *Operational Land Imager* - OLI /Landsat 8.

**Quadro 20.** Bandas espectrais do sensor TM/ Landsat – 5 a 7 e do sensor OLI /Landsat

Sensor	Bandas	Faixa Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução	Aplicações
Thematic Mapper -TM/ Landsat – 5 a 7	1	0,45 - 0,52 (azul ou <i>Blue</i> - B)	30 m	Mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, e entre vegetação conífera e decídua.
	2	0,52 - 0,60 (verde ou <i>Green</i> - G)		Mapeamento de vegetação e qualidade d'água.
	3	0,63 - 0,90 (vermelho ou <i>Red</i> - R)		Absorção da clorofila, diferenciação de espécies vegetais, área urbana, uso do solo agricultura, qualidade d'água.
	4	0,76 - 0,90 (infravermelho próximo ou <i>near infrared</i> - NIR)		Delineamento de corpos d'água, mapeamento geomorfológico, geológico, áreas de queimadas, áreas úmidas, agricultura e vegetação.
	5	1,55 - 1,75 (infravermelho médio)		Uso do solo, medidas de umidade de vegetação, diferenciação entre nuvem e neve, agricultura e vegetação.
	6	10,40 -12,50 (infravermelho termal)	120 m	Mapeamento de estresse térmico em plantas, correntes marinhas, propriedades termais do solo e outros mapeamentos térmicos.
	7	2,08 - 2,35 (infravermelho médio)	30 m	Identificação de minerais mapeamento hidrotermal
sensor Operational Land Imager - OLI /Landsat 8	1	0,43 - 0,45 (azul costeiro)	30 m	
	2	0,45 - 0,51 (azul)		Mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, e entre vegetação conífera e decídua.
	3	0,53 - 0,59 (verde)		Mapeamento de vegetação e qualidade d'água.
	4	0,64 - 0,67 (vermelho)		Absorção da clorofila, diferenciação de espécies vegetais, área urbana, uso

			do solo agricultura, qualidade d'água.
5	0,85 - 0,88 (infravermelho próximo)		Delineamento de corpos d'água, mapeamento geomorfológico, geológico, áreas de queimadas, áreas úmidas, agricultura e vegetação.
6	1,57 - 1,65 (infravermelho médio)		Uso do solo, medidas de umidade de vegetação, diferenciação entre nuvem e neve, agricultura e vegetação.
7	2,11 - 2,29 (infravermelho termal)		Mapeamento de estresse térmico em plantas, correntes marinhas, propriedades termais do solo e outros mapeamentos térmicos.
8	0,50 - 1,68 (pancromática)	15 m	-
9	1,36 - 1,38 (Cirrus)	30 m	-

Fonte: Soares Filho (2000) e <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>

As observações realizadas para analisar a vegetação, calcula os Índice de Vegetação – IV, para a construção dos mapas temáticos. Para Liu (2006), os índices de vegetação condensam as informações espectrais e discrimina o que é vegetação e não vegetação, podendo obter muitas informações fenológicas da vegetação. Nos estudo realizado por Shiratsuchi *et al.* (2014) existem muitos IV (Quadro 21), para diferentes finalidades.

**Quadro 21.** Alguns Índices de Vegetação (IV) comumente utilizados. Onde RNIR é a banda do infravermelho próximo, RR a banda do vermelho, RG a bando do verde, RB a banda do azul

Descrição	Índice	Referência
<b>Características Estruturais</b>		
SR ( <i>Simple Ratio</i> )	$SR = R_{NIR}/R_R$	Birth e McVey (1968)
NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> )	$NDVI = \frac{(R_{NIR} - R_R)}{(R_{NIR} + R_R)}$	Rouse <i>et al.</i> (1974)
GRVI ( <i>Green-Red Vegetation Index</i> )	$GRVI = \frac{(R_G - R_R)}{(R_G + R_R)}$	Tucker (1979)
SAVI ( <i>Soil Adjusted Difference Vegetation Index</i> )	$SAVI = \frac{(R_{NIR} - R_R)}{(R_{NIR} + R_R + L)} \times (1 + L)$	Huete (1988)
SARVI ( <i>Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index</i> )	$SAVI = \frac{(1 + L) \left[ \left( R_{NIR} (R_R - \gamma (R_{NIR} - R_R)) \right) \right]}{\left[ \left( L + R_{NIR} + (R_R - \gamma (R_{NIR} - R_R)) \right) \right]}$	Kaufman e Tanre (1992)
MSAVI ( <i>Modified SAVI</i> )	$MSAVI = \frac{1}{2} \left[ 2R_{NIR} + 1 - \sqrt{(2R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_R)} \right]$	Qi <i>et al.</i> , 1994

RDVI (Renormalized Difference Vegetation Index)	$RDVI = \sqrt{\frac{(R_{NIR} - R_R)}{(R_{NIR} + R_R)}}$	Roujean e Breon (1995)
EVI (Enhanced Vegetation Index)	$EVI = \frac{2,5(R_{NIR} - R_R)}{(1 + R_{NIR} + 6R_R - 7,5R_B)}$	Roujean e Breon (1995)
OSAVI (Optimized SAVI)	$OSAVI = \frac{(1 + 0,16)(R_{NIR} - R_R)}{(R_{NIR} + R_R + 0,16)}$	Huete <i>et al.</i> (1997)
MSR (Modified SR)	$MSR = \frac{(R_{NIR} - R_R) - 1}{\sqrt{1 + (R_{NIR} + R_R)}}$	Rondeaux <i>et al.</i> , 1996
<b>Propriedades Bioquímicas</b>		
SIPI (Structural Insensitive Pigment Index)	$SIPI = \frac{(R_{NIR} - R_B)}{(R_{NIR} + R_R)}$	Peñuelas <i>et al.</i> , 1995
GARI (Green Atmospherically Resistant Vegetation Index)	$GARI = \frac{(R_{NIR} - [R_G - \gamma(R_B + R_R)])}{[R_{NIR} + (R_R - \gamma(R_B - R_R))]}$	Gitelson <i>et al.</i> , 1996
TVI (Triangular Vegetation Index)	$TVI = \frac{1}{2} [120(R_{NIR} - R_G) - 200(R_R - R_G)]$	Broge e Leblanc (2001)
GCI (Green Chlorophyll Index)	$GVI = \left[ \frac{R_{NIR}}{R_G} \right] - 1$	Gitelson <i>et al.</i> , 2003
MCARI1 (First Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$MCARI1 = 1,2[2,5(R_{NIR} - R_G) - 1,3(R_{NIR} - R_G)]$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)
MCARI2 (Second Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$MCAR12 = \frac{1,2[2,5(R_{NIR} - R_R) - 1,3(R_{NIR} - R_G)]}{\sqrt{(2R_{NIR} + 1)^2 - 0,5 - 6(R_{NIR} - 5\sqrt{R_R})}}$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)
<b>Índices baseados nas Bandas do Visível (R, B, G)</b>		
ExG (Excess Green)	$ExG = 2 \times G - R - B$	Wöbbecke <i>et al.</i> (1995)
NGRDI (Normalized Green Red Difference Index)	$NGRDI = \frac{(G - R)}{(G + R)}$	Tucker (1979)
VARI (Visible Atmospherically Resistant Index)	$VARI = \frac{(G - R)}{(G + R - B)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2002)
CIVE (Color Index of Vegetation)	$CIVE = 0.441R - 0.881G + 0.385B + 18.78745$	Kataoka <i>et al.</i> (2003)

Fonte: Shiratsuchi *et al.* (2014); Silva (2020)

Dentre as pesquisas que estão sendo realizadas nos últimos 5 anos com IV, se destacam as descritas no quadro 22, elas tratam principalmente do uso do IVDN e SAVI, para analisar a vegetação, focos de calor e incêndios, análise de umidade, dentre outros.

**Quadro 22.** Pesquisas realizadas com IV, dos últimos 5 anos, descrito o tipo de pesquisa, autor (es), objetivo e principais conclusões.

<b>Pesquisa:</b> Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI - Satélite Landsat-8 e MSI - Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida.	<b>Autor (es):</b> Bezerra <i>et al.</i> (2018)
---	---

<p><b>Objetivo (os):</b> Analisar as respostas espectrais entre os sensores OLI e MSI, nas bandas do visível e infravermelho e nos resultados do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), na região semiárida que compreende parte do território da bacia hidrográfica do rio Moxotó, entre os municípios de Custódia, Sertânia e Ibimirim no estado de Pernambuco.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Este estudo mostrou a análise entre as respostas espectrais entre os sensores OLI e MSI, nas bandas do visível e infravermelho próximo, e nos resultados do NDVI, em região semiárida. A análise dos dados revelou que, apesar das diferenças espectrais e espaciais dos produtos gerados entre os sensores ópticos Landsat-8/OLI e Sentinel-2/MSI, os mesmos apresentaram momentos estatísticos próximos entre as bandas comparadas. O NDVI no período estudado apresentou valores médios para o Landsat-8 e Sentinel-2 iguais a 0,383 e 0,387, respectivamente, e correlação de 0,871 entre os sensores. Constatou-se que os produtos gerados pelos sensores têm forte correlação e que o satélite Sentinel-2 permitiu, o maior delineamento dos alvos. O Sentinel-2 tem grande potencial de uso e estudos com esse sensor vão contribuir substancialmente para o monitoramento e gestão das componentes do meio ambiente, com maior fidedignidade e precisão dos alvos. Estudos com multisensores destacam características individuais de cada sensor, e vem a colaborar no desenvolvimento do Sensoriamento Remoto.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Análise de Acurácia para o Mapeamento de Incêndios Florestais em Terras Indígenas Brasileiras Utilizando Classificação por Árvore de Decisão Baseado em Imagens OLI 0,85 - 11,0<math>\mu</math>m.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Silva Júnior; Moraes (2021)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Este artigo mostra a aplicação da técnica de classificação de imagens utilizando a Temperatura da Superfície (TS) e o índice NBR (Taxa de Queima Normalizada), com a finalidade de avaliar a qualidade do mapeamento implementado por meio da comparação com o perímetro de referência espacial fornecido pelo Banco de Dados de Queimadas do INPE (Instituto Nacional Pesquisas Espaciais – BD Queimadas).</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Os resultados encontrados através das estimativas de NBR e TS através da separabilidade JM, permitiu treina-lo como o limiar adaptativo para identificação de áreas queimadas. Dessa forma, esta estatística pode ser usada para estabelecer qual o índice espectral, bem como, o seu valor limite deve ser o mais apropriado abrindo caminho para um novo paradigma de desenvolvimento operacional de algoritmos não supervisionados para o mapeamento de áreas queimadas. Aqui, a metodologia adotada foi baseada em limiarizações automáticas desenvolvida através da distribuição espacial do índice NBR e TS, e seus limites de separação de áreas queimadas e não queimadas, independente das condições do local.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Descritores dinâmicos espectrais e Classificação por abordagem híbrida para estudos de Detecção de Mudanças.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Amaral; Cruz; Cardoso (2021)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Analisar o comportamento de algoritmos de detecção de mudanças em uma classificação híbrida integrada. Essa classificação será testada usando imagens de mesoresolução como as dos satélites LANDSAT num contexto temporal de 35 anos em 8 datas com abrangência total do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para isso, o trabalho está construído com o intuito de resolver problemas metodológicos da construção desses algoritmos, na classificação das mudanças e na exploração desses algoritmos para entender suas vantagens e limitações</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> análise transversal deste trabalho pode ser considerada significativa por considerar um conjunto amplo de 6 descritores de fácil elaboração, com 6 intervalos de limiares cada, aplicados a uma área abrangente como o estado do Rio de Janeiro, que apresenta ainda a complexidade de uma paisagem diversa e fragmentada. Conclui-se, dentre tantos modelos avaliados, que o método de classificação por abordagem híbrida gera resultados bem satisfatórios e de processamento simples. Além disso, o uso de descritores dinâmicos para simplificar e diminuir o volume de dados foi de grande utilidade, dando origem a modelos de identificação de mudanças de diversos tipos advindos de diferentes bases, como as próprias bandas espectrais, como foi o caso do RED, NIR, SWIR 1 e SWIR 2, e de índices radiométricos, como foi o caso do NDBI e NDVI.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Focos de calor no Cerrado e na Caatinga de Minas Gerais identificados por sensor orbital.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Chaves <i>et al.</i> (2021)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> este estudo avaliou a distribuição espacial e temporal dos focos de calor detectados por produtos de anomalias termais/fogo do sensor MODIS nas áreas de Cerrado e da Caatinga do Estado de Minas Gerais, entre os anos de 2005 e 2015, período em que secas e extensas queimadas provocaram alterações na paisagem estadual, inclusive, em UC. O objetivo foi apresentar um diagnóstico do problema, com foco na sazonalidade temporal e nas condições climáticas, bem como oferecer uma prova de conceito de umametodologia rápida, eficaz e pouco onerosa para subsidiar estratégias de gestão</p>	

territorial relacionadas à coibição do alastre de focos de calor e seu avanço para o interior de áreas naturais protegidas.	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Os produtos derivados do sensor MODIS foram úteis para identificar e quantificar os focos de calor, tornando possível avaliar a distribuição espaço-temporal do fenômeno entre 2005 e 2015. Os focos de calor se concentraram na estação seca (maio até setembro), e, perigosamente, na faixa de transição entre os biomas e em UC. A quantidade de focos de calor em UC (8,63 %) indica que é preciso melhorar o controle de queimadas, especialmente, na zona de transição entre os biomas avaliados. Como a tomada de decisões envolvendo eventos relacionados a fenômenos climáticos passa pelo monitoramento, o ferramental utilizado mostrou-se útil e com potencial para subsidiar o planejamento de ações de prevenção de incêndios florestais nas UC e demais áreas protegidas. As análises feitas podem ser combinadas com mapas de uso do solo, hidrologia e infraestrutura, por exemplo, aumentando o leque de possibilidades para o uso do SIG na gestão e no planejamento. Esta operacionalização pode contribuir para a redução de gastos com a recuperação pós-eventos degradantes.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Técnica GEOBIA e as mudanças na paisagem de áreas naturais protegidas: estudo de caso no Parque Nacional da Serra da Canastra.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Conceição <i>et al.</i> (2021)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Testar a aplicabilidade da abordagem GEOBIA para a classificação de uso e cobertura da terra no PNSC, visando avaliar a dinâmica espacial e temporal das mudanças transcorridas no período entre 2005 e 2015.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> O nível de exatidão obtido indica a robustez e a confiabilidade da abordagem GEOBIA para a análise temporal das alterações no uso e cobertura da terra no PNSC utilizando imagens de média resolução espacial. Isto torna o método proposto aplicável a outras áreas compostas por paisagens heterogêneas que se encontram sob crescente pressão antrópica. Os resultados corroboram com a atual preocupação sobre a preservação do Cerrado, visto que este bioma apresenta potencialidade para pastagens, cultura de grãos, construção de grandes barragens e estradas, mineração, entre outros, e é considerado umas das atuais fronteiras de expansão agrícola no país. A área antropizada aumentou em 2.606,82 ha (1,32 %) entre os anos de 2005 e 2015, tendo a proporção mais acentuada na área abrangida pelo município de Vargem Bonita.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Classificação e análise de imagens multiespectrais do triênio 2018-2020 do bioma Pantanal: caso do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Boaventura; Pereira (2021)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Determinar quantitativos da composição da paisagem do Parque em diferentes épocas, para assim determinar e propor parâmetros condizentes com o Parque em situação de normalidade. Refletindo assim parâmetros esperados para considerar o Parque saudável.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Os resultados demonstraram ciclos hidrológicos bem definidos nos anos de 2018 e 2019, apesar de chuvas abaixo da média histórica, os ciclos completaram-se permitindo ao Parque Nacional do Pantanal Matogrossense renovar sua fauna e flora, mantendo a saúde do bioma. Já no ano de 2020 o parque passou por um período de estiagem e incêndios florestais que consumiram todo o parque, o desastre ambiental quebra o ciclo, fato extremamente preocupante já que o Bioma Pantanal depende do constante movimento das águas que sobem em novembro e baixam em maio para manter seu equilíbrio ecológico. Este desequilíbrio foi potencializado pelo fogo que consumiu o parque. Ainda assim este frágil ecossistema nos mostra resiliência, já que, a Classificação de Cobertura do Solo, ao leste do Parque consumido por incêndios no início do desastre demonstrou recuperação de sua flora ao final de novembro o que traz esperanças de que o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense possa se regenerar e se reestabelecer como um bioma saudável.</p>	
<p><b>Pesquisa:</b> Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI E NDWI na área de proteção ambiental das Onças, Paraíba, Brasil.</p>	<p><b>Autor(es):</b> Pereira <i>et al.</i> (2020)</p>
<p><b>Objetivo (os):</b> Analisar o uso e a cobertura do solo e entender a influência do relevo nas respostas dos índices de vegetação NDWI e o SAVI na Área de Proteção Ambiental das Onças/PB.</p>	
<p><b>Principais Conclusões:</b> Diante dos resultados encontrados, pôde-se observar que os fatores topográficos relacionados aos climáticos influenciam diretamente na distribuição e na densidade da cobertura vegetal da APA. Nesse sentido, foi possível constatar respostas aproximadas entre os índices SAVI e NDWI que indicaram uma concentração de áreas degradadas com baixo teor de umidade nas porções mais planas do relevo. Por outro lado, os maiores valores, encontrados nas terras mais elevadas, sinalizaram a ocorrência de coberturas vegetais mais densas. Portanto, baseado nessas considerações, é importante salientar a necessidade de implementação de um manejo mais efetivo ou a troca da categoria de unidade de conservação do tipo uso sustentável para outra que garanta a conservação mais eficiente desse</p>	

ambiente, particularmente pela variedade de paisagens encontradas nessa UC, o que lhe confere um patrimônio ambiental de grande riqueza, particularmente o fato de ser uma das poucas áreas do Cariri paraibano onde temos a presença de Brejos de Altitude, zonas fundamentais para a dinâmica hídrica do semiárido brasileiro.	
<b>Pesquisa:</b> Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto.	<b>Autor(es):</b> Lins <i>et al.</i> (2017)
<b>Objetivo (os):</b> Estimar e avaliar, por meio do algoritmo SEBAL, a distribuição espaço-temporal de parâmetros biofísicos e a evapotranspiração real diária para o município de Arcoverde, Pernambuco, durante estação seca e chuvosa.	
<b>Principais Conclusões:</b> As técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram o monitoramento do município de Arcoverde – PE, determinando os parâmetros biofísicos nos diferentes usos e ocupações do solo, predizendo diante das análises os processos futuros de degradação na localidade. O algoritmo SEBAL se mostrou eficaz na estimativa do padrão de distribuição espaço-temporal de todos os parâmetros para a região, com valores consistentes aos presentes na literatura para estudos realizados em regiões próximas e em condições similares.	
<b>Pesquisa:</b> Índice de vegetação por diferença normalizada associado às variáveis pluviométricas para a sub-bacia do Rio Espinharas – PB/RN.	<b>Autor(es):</b> Simões; Lima; Mendonça (2021)
<b>Objetivo (os):</b> Avaliar a correlação existente entre o nível de cobertura vegetal e as variáveis pluviométricas locais, considerando a climatologia de 2005 e 2015, utilizando-se imagens dos sensores TM e OLI dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, respectivamente.	
<b>Principais Conclusões:</b> A variação espaço temporal do NDVI mostrou-se uma ferramenta satisfatória para a identificação das alterações da cobertura vegetal verificada na sub-bacia do Rio Espinharas, entre os anos analisados. Os maiores valores de NDVI foram encontrados nas estações dos municípios de Maturéia, Salgadinho, Areia de Baraúnas e Teixeira, para ambos os anos analisados, demonstrando a influência da altitude e declividade do terreno nos valores desse índice. A elevação dos níveis pluviométricos na região não implicou o aumento progressivo nos valores de NDVI, indicando que o aumento da atividade fotossintética se dá até determinado nível de precipitação, no entanto, ao se atingirem níveis elevados de precipitação, ocorre redução do desenvolvimento foliar. Isso explica as baixas correlações apresentadas nos períodos úmidos.	
<b>Pesquisa:</b> Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação da cobertura vegetal do município de regeneração, estado do Piauí, Brasil.	<b>Autor(es):</b> Costa; Ribeiro; Albuquerque (2020)
<b>Objetivo (os):</b> Compreende-se em analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como sua espacialidade, torna-se um importante mecanismo para os estudos voltados à análise da supressão vegetacional (MELO, 2008), ao considerar que as técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto são eficientes na análise dos índices espectrais que são capturados pelos sensores remotos.	
<b>Principais Conclusões:</b> O uso das técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), mostrou-se eficiente na análise da cobertura vegetal, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), no município de Regeneração, Estado do Piauí. A partir da análise temporal (anos de 1986, 1996, 2006 e 2016), foi possível evidenciar mudanças significativas no comportamento da vegetação, sobretudo em associação com os desmatamentos da cobertura vegetal nativa e do uso agropecuário e da expansão das novas fronteiras agrícolas, a exemplo da silvicultura do eucalipto, que deu início a partir dos anos 2000, e do cultivo da soja a partir de 2007. Diante dos objetivos traçados no estudo, pode-se afirmar que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) possui uma aplicabilidade fundamental no monitoramento ambiental, por sua utilidade técnica na produção de resultados profícuos no tempo e no espaço. Atrelado ao exposto, menciona-se que a utilização de imagens orbitais em ambiente de geoprocessamento aparece com grande potencial na gestão territorial/ambiental, tendo em vista a geração de dados confiáveis, e que são produzidos sem nenhum custo financeiro adicional.	
<b>Pesquisa:</b> Estudo da Relação entre a Variabilidade dos Índices de Vegetação e Temperatura da Região Nordeste do Brasil.	<b>Autor(es):</b> Gomes <i>et al.</i> (2019)
<b>Objetivo (os):</b> Analisar a variabilidade de índices de vegetação e temperatura no NEB, avaliar as relações dos índices de vegetação e variações de temperatura e de estresse de umidade em áreas específicas no NEB; Analisar as características das variações dos índices de vegetação e variações de	

temperatura e estresse de umidade em áreas específicas no NEB e foram feitas também em anos de contrastes climáticos para os períodos de El Niño, La Niña e anos Normais.

**Principais Conclusões:** No período de 1982 a 2011 foi analisada a média espacial da diferença do NDVI sazonal (verão, outono, inverno e primavera) sobre o NEB para anos de contrastes climáticos de EL NIÑO, LA NIÑA e NORMAIS, os resultados mostraram que nessa região predominam características de uma vegetação estressada, devido à irregularidade da precipitação na região. Essa característica (condição de vegetação com maior estresse por condição hídrica e altas temperaturas) também foi confirmada através da média espacial da diferença do VCI-TCI sobre o do NEB para as estações de verão, outono, inverno e primavera na série histórica. As tendências crescentes e positivas de NDVI encontradas podem ser causadas devido ao aumento correspondente desde a ocorrência de chuva (quadra chuvosa) e aumento de umidade no solo, que se mantem nas estações e pós-estações chuvosa de crescimento da vegetação como resposta a precipitação. Quando analisada a relação linear entre NDVI e VCI, TCI nas sub-regiões semiáridas do NEB, leste do NEB e sul do NEB conforme Fig. 9, fica evidente que a variância linear, do índice TCI e VCI relacionado à variabilidade do NDVI nessas áreas foi maior para o semiárido do NEB (0,56% para o TCI e 0,61% para VCI) o leste do NEB ficou em 0,52% para TCI e 0,50% para o VCI e o sul do NEB o resultado foi de 0,41% TCI e 0,33% VCI indicando a menor explicação de todas as regiões. O NDVI é controlado pela umidade, além de outros fatores que podem causar alterações aparentes na leitura da vegetação, podendo haver ruídos que possam inferir em incertezas associada aos registros NDVI e sua suscetibilidade e sensibilidade aos efeitos atmosféricos.

**Fonte:** Compilação do autor (2023)

Soares Filho (2000), ressaltou que para uma boa interpretação, se faz necessário conhecimento da tecnologia a ser utilizada no Sensoriamento Remoto - SR, assim como entender como as imagens são obtidas e as faixas espectrais, principalmente saber em qual área está se aplicando, para evitar erros de interpretação ao fazer mapas temáticos.

## **5. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada nesta pesquisa se baseou no uso de ferramentas do geoprocessamento para o monitoramento ambiental, e tem como objetivos aplicar o NDVI para realizar um estudo espaço temporal, classificar a degradação ambiental e a cobertura vegetal da Sub-Bacia do Rio Espinharas no sertão paraibano em um período de 30 anos.

Seguindo as etapas: (1) avaliação da área de Estudo, a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas; (2) Aquisição das Imagens, por meio do site USGS; (3) Análise e observações de Campo; (4) Processamento das Imagens e aplicação dos Índices de Vegetação; (5) Análise da Degradação Ambiental; (6) Aquisição de dados de Precipitação; (7) Análises dos dados da plataforma SIDRA; (8) Análises dos dados da AESA; e (9) Quantificação da Erosão.

### **5.1 Aquisição das Imagens**

Para a escolha das imagens foi levado em consideração o período de 10 anos, entre as imagens, também a melhor resolução, ou seja, com o mínimo de presença de nuvens sobre a área delimitada. Para o estudo espaço-temporal do Índice de Vegetação degradação do município, utilizou o software QGIS, que é um sistema de informação geográfica (SIG) de código aberto licenciado pela Licença Pública Geral – GNU.

As imagens, adquiridas no site da U.S. Geological Survey - USGS (2022). As imagens orbitais foram: 29/08/1993 e 12/10/2003 do satélite TM/LANDSAT-5, 04/08/2013 do satélite OLI/LANDSAT-8 e 08/10/2022 do OLI/LANDSAT-9. A elaboração dos mapas foram realizadas no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Para obter uma maior acurácia das imagens, foi utilizada imagens da banda do visível (R, B, G) (Anexo 2), e registros fotográficos através de um dispositivo móvel (celular), dos locais onde foram realizadas as observações de campo. Com o uso do OBIA, plugin do QGIS, foi realizada a correção atmosféricas e o intervalo de pixels de -1 a 1.

### **5.2 Análise e Observações de Campo**

O reconhecimento de campo (Anexo 3), foi realizado no período de estiagem, de julho a novembro de 2022, no qual, permitiu a identificação das atribuições ambientais (solo, vegetação, recursos hídricos, relevo, degradação e uso das terras), para subsidiar a fotointerpretação e o processamento digital das imagens, com descrição da paisagem, registros fotográficos e mapa georreferenciado

### 5.3 Índice de Vegetação

Os Índices de Vegetação – IV, segundo Rêgo *et al.* (2012); Silva e Silva (2021) foram baseados em modelos resultante de combinações dos níveis de refletância de imagens, nas bandas do vermelho e infravermelho próximo.

O índice usado, bem como a sua equação está descrita no quadro 23. As bandas espectrais empregadas conforme a equação de cada índice.

**Quadro 23.** Índices de Vegetação baseados em imagens. Onde: A = banda infravermelho próximo, B = banda vermelho, sendo representado pelas bandas 4 e 3, no satélite Landsat 4-5 Sensor TM e pelas bandas 5 e 4, no Landsat 8 Sensor OLI/TIRS, respectivamente.

Índice de Vegetação	Sigla	Equação	Autor
<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	NDVI	$C = \left( \frac{A - B}{A + B} \right)$	VENEZIANI; ANJOS (1982)

A cobertura vegetal foi classificada (Tabela 1) em Vegetação Muito Densa, Vegetação Densa, Vegetação Semidensa, Vegetação Rala e Solo Exposto, de acordo com análises dos pixels das imagens.

**Tabela 1.** Classificação da Vegetação em: Muito Densa, Densa, Semidensa, Semidensa Rala, Rala e Solo Exposto, com as suas respectivas características.

Classe de Vegetação	Características
Vegetação Muito Densa	Densidade alta a muito alta, porte predominantemente arbóreo e arbustivo.
Vegetação Densa	Densidade alta, porte arbóreo e arbustivo
Vegetação Semidensa	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.
Vegetação Semidensa Rala	Densidade média, porte predominante arbustivo com pouco exemplares arbóreos espaçados.
Vegetação Rala	Rala, porte predominante arbustivo, espaçados
Solo Exposto	Solos exposto

Fonte: Adaptado de Moraes Neto (2009)

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, é um índice de vegetação mais utilizado para processamento digital de imagens; é um indicador utilizado para quantificar e verificar as condições da vegetação consoante com Gameiro *et al.* (2016), cujos valores variam no intervalo de -1 a 1, e menor que 0 para as superfícies que possui água ou nuvens.

#### 5.4 Análise da Degradação Ambiental

A análise da degradação ambiental, tomou por base o modelo proposto por Moraes Neto (2003), construída a partir dos resultados encontrados nos mapas de classes de cobertura vegetal e observações de campo (Tabela 2), discriminado por: moderada muito baixa, moderada baixa, moderada, moderada grave, grave e muito grave.

**Tabela 2.** Indicadores para análise dos níveis de degradação ambiental.

Indicadores	Características	Níveis de Degradação
Vegetação	Rala, porte predominante arbustivo com poucos exemplares arbóreos.	Muito Grave/Grave
Uso da Terra	Áreas de vegetação nativa intercaladas com áreas de cultura e pastagem/área urbana. Pecuária extensiva e semiextensiva.	
Erosão	Acentuada. Em áreas de relevo plano a suave ondulado predomina a erosão laminar. Em relevo mais declivoso podem aparecer sulcos em alguns pontos ravinas e voçorocas.	
Detritos orgânicos na superfície	Poucos, nas áreas de vegetação nativa.	
Densidade populacional	Média a média alta.	Moderado Grave
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	
Erosão	Moderado, laminar.	
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	Moderado
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	
Erosão	Moderada, laminar, com ou sem a presença de sulcos.	Moderado Baixo
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade alta, porte arbóreo e arbustivo	
Uso da Terra	Vegetação nativa, culturas agrícolas, pastos, pecuária extensiva.	
Erosão	Baixa. Laminar. Ausência de sulcos.	
Detritos orgânicos na superfície	Quantidade de média a alta.	

Densidade populacional	Baixa à média.	
Vegetação	Densidade alta a muito alta, porte predominantemente arbóreo e arbustivo.	
Uso da Terra	Vegetação nativa.	
Erosão	Ausente.	Moderado Muito Baixo
Detritos orgânicos na superfície	Quantidades expressivas, presença de gramíneas e herbáceas.	
Densidade populacional	Muito baixa ou nula.	

Fonte: Adaptado Moraes Neto (2003)

## 5.5 Análise da Precipitação

Para a análise estatística da pluviometria dos municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, utilizou-se a precipitação mensal e anual de cada município, fornecida via e-mail, por funcionários da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. Esses dados foram submetidos a estatística clássica, utilizando Excel.

Com a finalidade de analisar a variação mensal da pluviometria e identificar diferenças em relação à climatologia, inicialmente, com os valores mensais pluviométricos ( $x_i$ ) anual, e assim, calcular a média mensal climatológica ( $\mu_i$ ), por meio da fórmula:

$$\mu_i = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n} \quad (1)$$

na qual  $i=1, 2, 3, \dots, 12$  identifica o mês e  $j=1,2,3, \dots, n$  identifica o ano.

Para o Desvio Padrão Mensal ( $\sigma_i$ ), admite-se analisar a variabilidade média dos valores da precipitação mensal, considerando um grau de liberdade ( $n - 1$ ), por meio formula:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(x_{ij} - \mu_i)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

O Coeficiente de Variação – CV, relação entre desvio padrão e a média pluviométrica, por meio da seguinte formula:

$$CV = \frac{\sigma_i}{\mu_i} \times 100 \quad (3)$$

Conforme os valores de variação do coeficiente de variação, de acordo com Warrick e Nielsen (1980), podemos classificar o CV como baixa (CV 12%), intermediária ( $12\% < CV < 60\%$ ) e alta variabilidade ( $CV > 60\%$ ).

Foram calculadas a mediana (probabilidade de 50 %), probabilidade de 75 % de ocorrência das chuvas, máximo, mínimo, bem como foram interpretados dados sobre os valores abaixo de 10 mm, valores acima de 100 mm, valores acima de 50 mm, valores iguais a zero mensal dos meses analisados.

## **5.6 Indicativos do Censo Agropecuário**

Os indicativos utilizados do Censo Agropecuário de 1995, 2006 e 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, foram coletados da plataforma Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA que disponibiliza dados armazenados do IBGE.

Os dados adquiridos do SIDRA foram, a quantidade de área cultivada e colhida das lavouras temporárias e permanentes, dos anos referentes ao censo agropecuário, os quais permitiram a coleta dos dados anuais das lavouras, de 1974 a 2021, posteriormente, eles foram somados.

Utilizou-se, os dados da quantidade de bovinos, ovinos e caprinos criados na pecuária. Para a carga animal, fez-se o número de cabeças do rebanho, ou seja, Unidade Animal – UA, dividido pela área (UA/área) de cada município correspondente. De acordo com Lima (2017), Como calcular: relação entre a quantidade de Unidades Animal e a área de pasto plantado e nativo, uma Unidade Animal (UA = 450 kg de peso vivo) corresponde a: bovinos (0,7 UA/cabeça), ovinos e caprinos (0,15 UA/ cabeça).

## **5.7 Quantificação de Erosão**

Para analisar a perda de solo da Sub-Bacia hidrográfica do Rio Espinharas, foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solos – EUPS, de acordo com Lanza (2011), a qual foi criada pelo *Agricultural Research Service* em cooperação com a Universidade de Purdue. Está, Equação foi desenvolvida por Wishmeier e Smith em 1965 e 1978, a partir das equações de perda de solo já existentes, e da reunião e interpretação analítica e estatística de dados de perdas de solo e de água. Por meio da seguinte fórmula:

$$A = R \times K \times LS \times CP \quad (4)$$

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área, em (Mg ha<sup>-1</sup>);

R = fator de erosividade da chuva (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)

K = fator de erodibilidade do solo (Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>)

LS = fator topográfico (adimensional);

CP = fator uso e manejo e fator prática conservacionista (adimensional)

Barbosa (2021); Galdino e Weill (2010), descrevem que os fatores como L e S, são aplicados em conjunto, como o fator LS, essa relação é a perda de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação à perda de solo correspondente de uma parcela unitária de 25 m de comprimento e 9% de declive, expressa pela Equação 5, Wischmeier e Smith em (1965 e 1978):

$$LS = \left( \frac{\lambda}{22,13} \right)^m \times [65,41(\text{sen}\theta)^2 + 4,56 \text{sen}\theta + 0,065] \quad (5)$$

Onde:

$\lambda$  = comprimento da encosta, em metros;

$\theta$  = declividade da encosta, em graus;

m = constante dependente da declividade da encosta.

Quanto aos fatores C e P, de acordo com Barbosa (2021), Guimarães et al. (2011), Lanza (2011), são fatores de uso e manejo do solo, os quais representam a relação da perda de solo em terreno cultivado em determinado tipo de manejo, e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado.

Conforme Amaral (2016), os valores de CP utilizados foram: (a) Água: 0; (b) Vegetação Arbórea: 0,004; (c) Vegetação Arbórea-arbustiva: 0,0027; (d) Vegetação Arbustiva: 0,0015; (e) Caatinga: 0,013; (f) Cerrado: 0,042; (g) Cultura: 0,1415; (h) Área

Urbana: 0,001; (i) Cana-de-açúcar: 0,001; (j) Solo Exposto: 1; (k) Vegetação Herbácea e Gramíneas: 0,01.

O fator R, segundo Lanza (2011) e Barbosa (2021), é um índice numérico usado para expressar a capacidade erosiva das chuvas em uma área desprotegida, em que é expresso por EI. O fator R é uma medida da probabilidade de as chuvas causarem erosão em uma determinada área, expressa pela Equação 6, de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI = 67,355 \cdot \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,85} \quad (6)$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosividade (MJ mm / ha h)

p = média do total mensal de precipitação (mm)

P = média do total anual de precipitação (mm)

Para a obtenção do fator de erodibilidade, foram utilizados os propostos por Amaral (2016), no qual, considera os tipos de solos e a distribuição espacial do Fator K para cada tipo de solo no Estado da Paraíba (Tabela 3).

**Tabela 3.** Fatores de erodibilidade (Fator K) em relação ao tipo de solo encontrados no Estado da Paraíba

Tipo de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%	Fator K
Afloramento Rochoso	170	0,36	0
Argissolo Vermelho Amarelo	2600	5,49	0,093
Argissolo Vermelho Amarelo	5500	11,61	0,116
Cambissolo	500	1,06	0,121
Espodossolos	320	0,68	0,05
Gleissolos	200	0,42	0,059
Latossolo Vermelho Amarelo	360	0,76	0,078
Luvissolo Crômico	11000	23,22	0,108
Neossolo Litólico	460	0,97	0,113
Neossolo Litólico Eutrófico	19000	40,1	0,127
Neossolo Quartzênico	660	1,39	0,268
Neossolo Rigolítico	2700	5,7	0,091
Neossolo Fluvico	1900	4,01	0,184
Nitossolo	330	0,7	0,123
Planossolos Háplicos Eutrófico	480	1,01	0,075

Planossolos Nátrico	1200	2,53	0,122
Vertissolos	0	0	0,113

---

**Fonte:** Amaral (2016).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

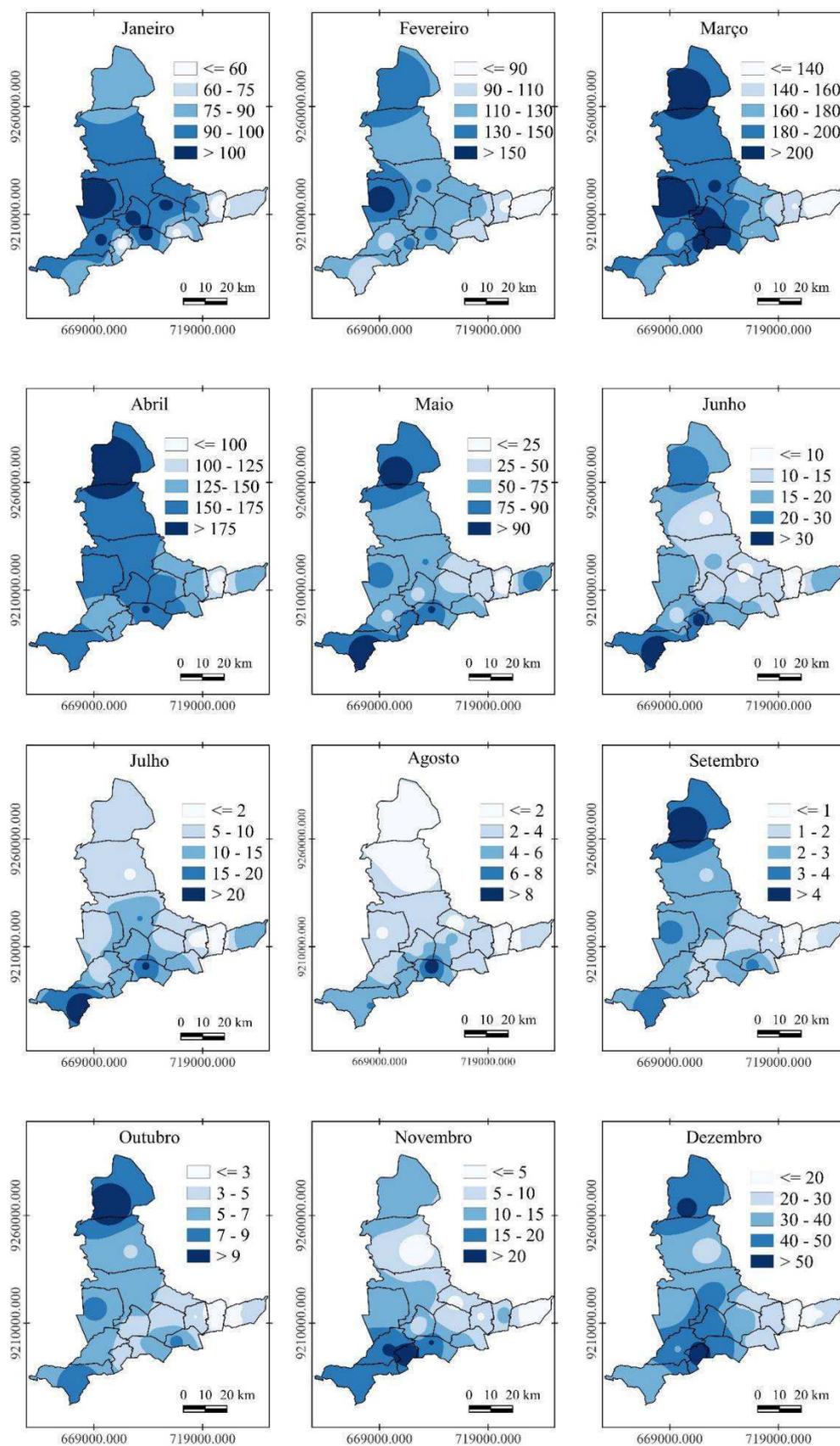
### **6.1 Precipitação**

Os municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, possuem uma distribuição espacial da precipitação variada (Anexo 4), devido ao clima semiárido, essa variação também foi observada por Lima et al. (2021) ao estudar as séries temporais de precipitação na microrregião do alto sertão paraibano. Ressalta-se que alguns municípios não possuem a coleta de dados em um período considerável, suficiente para calcular a média climatológica.

Os municípios paraibanos de Cacimba de Areia, Imaculada, Mãe d' Água, Passagem, Patos, Salgadinho, Santa Teresinha, São José de Espinharas e Teixeira, possuem os dados de precipitação para os 30 anos, de 1994 a 2023. Contudo, os municípios de Quixaba – PB e São José do Bonfim – PB possuem dados de 28 anos; Cacimbas – PB, Serra Negra do Norte – RN, Areia de Baraúna – PB e Maturéia – PB, possuem, 19, 18, 15 e 12 anos, respectivamente.

Na figura 25, observa-se a distribuição da média pluviométrica dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas. Verifica-se que o período chuvoso se concentra nos meses de fevereiro a abril, também, que as precipitações se iniciam nos meses de dezembro para janeiro, há um maior volume de chuvas no mês de março.

**Figura 25.** Média pluviométrica (mm) dos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas – SBRE, no período de 1994 a 2023.



Fonte: Autoria própria (2023)

Distingue-se os municípios de Passagem, Areia de Baraúna e Salgadinho, por apresentam as menores médias pluviométricas, além da variabilidade espacial da precipitação. Nota-se que a localização desses municípios, pois encontra-se entre serra dos Cariris Velhos, ao sul e a Parte do planalto da Borborema, ao norte.

Enquanto as maiores precipitações concentram-se nos municípios mais próximos ao pico do Jabre, como Texeira e Maturéia, também na porção mais plana da bacia em Serra Negra do Norte e São José de Espinharas.

Outro fator observado, foram os valores da normal climatológica (Anexo 4), os quais diferem dos valores das médias da mensais e anual dos municípios que possuem a climatologia. Os resultados corroboram com aqueles, observados por Medeiros *et al.* (2020), quando estudaram as precipitações do município de Patos-PB, e comparou com os fenômenos atmosféricos, constatando a mudança da climatologia do município.

Para melhor compreensão das médias pluviométricas e a distribuição das precipitações da área em estudo, no quadro 24, encontram-se a mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, da precipitação de cada município da Sub-Bacia Bacia Hidrográfica Rio Espinharas, para o período de 15 a 30 anos, dependendo do município, pois há municípios que não possuem os dados para o período de 30 anos.

**Quadro 24.** Mediana (mm), DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação, dos municípios que compõe a Sub-Bacia do Rio Espinharas.

Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ac.
<b>Areia de Baraúnas</b>													
Mediana	13,20	87,70	150,0	94,60	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	476,10
D P	64,13	72,25	91,98	76,49	47,49	12,74	3,54	5,32	0,00	5,67	32,74	17,81	180,44
CV (%)	143,28	77,89	63,21	84,55	161,44	151,57	158,42	346,37	0,00	360,56	204,82	139,27	36,46
<b>Cacimba de Areia</b>													
Mediana	86,05	116,10	171,7	109,45	47,30	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,40	672,10
D P	116,18	80,09	116,4	84,69	91,48	17,55	10,05	9,62	11,42	18,70	26,68	41,13	260,94
CV (%)	105,39	68,39	63,35	68,40	113,78	114,10	140,01	274,43	0,00	401,95	258,08	120,69	37,54
<b>Cacimbas</b>													
Mediana	34,30	88,60	159,7	125,9	51,00	10,20	6,90	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	685,55
D P	53,02	57,21	99,36	92,11	71,92	27,69	18,16	11,66	5,54	20,04	37,87	40,39	248,74
CV (%)	96,11	57,24	61,52	66,40	97,93	118,62	133,27	206,98	403,52	259,11	247,24	144,88	39,39
<b>Imaculada</b>													
Mediana (mm)	46,85	98,20	131,30	101,75	75,95	34,55	19,50	0,00	0,00	0,00	4,10	13,40	722,70

DP	98,92	69,40	106,5 8	83,63	67,58	31,98	22,85	17,62	5,77	21,58	42,75	44,18	262,03
CV (%)	117,0 5	66,79	62,45	66,89	80,27	84,85	81,61	186,56	0,00	255,0 9	192,3 9	119,0 5	36,93
Mãe D'Água													
Mediana anual (mm)	52,80	80,45	151,0 5	122,3 5	47,45	9,15	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	663,70
DP	123,6 8	75,09	110,8 4	75,93	54,01	22,43	13,34	7,37	5,30	22,52	47,36	44,77	258,54
CV (%)	115,8 6	71,87	64,87	61,16	86,62	121,1 8	129,83	198,36	0,00	337,5 0	193,2 4	114,4 5	38,32
Maturéia													
Mediana anual (mm)	23,15	106,3 5	187,7 0	127,9 0	57,95	21,90	14,20	3,35	0,00	0,00	0,00	35,65	632,70
DP	60,26	100,9 3	78,89	42,69	42,75	21,19	22,40	7,06	5,60	7,45	48,47	51,77	222,18
CV (%)	121,5 5	78,63	39,86	32,54	67,90	72,08	86,25	127,98	0,00	210,2 5	168,6 8	89,97	31,30
Passagem													
Mediana anual (mm)	60,25	108,8 5	159,6 5	93,40	30,50	11,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	560,90
DP	118,9 9	80,88	97,61	83,70	71,18	21,53	12,25	8,32	6,46	13,05	22,89	29,06	246,91
CV (%)	131,4 0	72,00	61,83	77,10	113,8 6	123,0 9	144,34	307,02	0,00	385,5 3	243,0 8	107,2 0	40,97
Patos													
Mediana anual (mm)	81,70	114,6 0	158,7 5	112,2 0	48,35	18,20	10,10	0,50	0,00	0,00	1,50	28,50	719,80
DP	87,85	76,84	123,2 5	111,3 4	70,80	24,54	14,52	16,77	3,73	15,32	27,85	47,91	296,99
CV (%)	85,88	60,19	63,15	79,55	93,66	93,62	109,34	264,14	0,00	225,0 7	165,9 4	107,5 0	39,31
Quixaba													
Mediana anual (mm)	47,45	110,3 5	148,8 5	106,6 5	39,10	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	554,20
DP	112,5 3	84,69	118,9 8	80,57	78,63	24,62	8,95	12,94	0,00	13,82	21,54	38,66	295,00
CV (%)	119,3 5	71,67	72,86	64,24	128,7 5	134,1 7	154,54	309,99	0,00	322,8 7	281,4 7	155,2 7	47,14
Salgadinho													
Mediana anual (mm)	32,35	56,70	109,0 5	75,65	37,40	22,30	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	10,60	544,10
DP	90,55	65,11	87,84	61,39	77,65	27,64	20,37	12,30	3,48	7,62	16,55	28,12	213,28
CV (%)	136,7 3	82,33	67,36	70,52	121,0 7	96,30	131,22	207,44	0,00	222,8 8	327,9 7	129,9 9	41,84
Santa Teresinha													
Mediana anual (mm)	94,15	165,2 5	200,2 5	158,5 0	46,85	14,95	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	22,30	884,50
DP	117,8 2	86,50	130,1 0	105,8 1	87,54	26,42	15,69	11,54	4,16	15,63	28,70	40,34	291,18

CV (%)	100,8 2	54,92	62,46	65,05	111,9 2	95,76	108,47	296,74	0,00	199,7 4	163,0 9	109,0 7	34,83
São José de Espinharas													
Mediana anual (mm)	56,80	103,6 0	165,0 0	124,7 0	57,05	12,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,10	588,40
DP	113,6 2	87,29	114,1 2	86,19	77,42	26,32	13,49	13,27	2,23	19,11	14,80	31,12	296,57
CV (%)	119,4 3	76,24	64,13	64,61	99,61	122,5 5	204,30	446,84	0,00	376,2 2	273,6 2	118,1 2	44,73
São José do Bonfim													
Mediana anual (mm)	66,10	115,7 0	203,9 5	135,2 5	47,70	8,05	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,15	733,20
DP	122,8 0	83,24	123,9 0	120,4 4	83,84	24,48	10,43	16,99	9,97	17,77	30,45	51,00	303,79
CV (%)	114,7 2	68,01	62,10	74,91	115,2 3	139,7 2	126,01	305,01	509,9 0	392,3 8	268,3 8	112,9 5	40,36
Teixeira													
Mediana anual (mm)	61,30	105,1 0	192,3 5	138,1 5	66,15	18,35	14,00	2,40	0,00	0,00	6,00	19,40	795,00
DP	118,2 2	93,79	112,9 4	110,1 4	75,57	31,79	14,43	11,58	16,20	16,30	52,39	52,46	286,96
CV (%)	107,7 3	72,81	55,41	70,65	86,16	96,62	85,49	140,75	0,00	305,2 2	215,1 5	112,0 9	34,81
Serra Negra do Norte													
Mediana anual (mm)	53,70	115,4 0	181,3 0	176,5 0	67,90	23,05	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	26,65	754,00
DP	79,92	75,10	111,4 4	108,0 3	99,92	30,31	18,87	7,68	1,36	28,40	30,95	55,31	298,95
CV (%)	102,1 0	54,45	55,10	56,42	100,1 6	86,93	85,54	201,93	0,00	263,8 9	169,4 9	109,7 3	35,47

Fonte: Autoria própria (2023)

O Coeficiente de Variação – CV anual para o período analisado varia entre 34,81 a 47,14 %, sendo classificado com intermediária ( $12 \% < CV \leq 60 \%$ ), similar encontrada por Souza et. al (2023), ao estudar a precipitação da bacia do Rio Brígida, localizada no alta mesorregião do Sertão de Pernambuco.

Contudo, se observar o CV para a precipitação de cada mês, verifica-se valores altos, os quais estão acima de 100 %, e valores baixos ou 0 %, ou seja, alta e baixa variabilidade, independente do município, evidenciando a quadra chuvosa e seca da região. Ocorrendo as maiores precipitações em Santa Teresinha e Teixeira com 834,41 e 824,88 mm.

Para o período da quadra chuvosa, de janeiro a abril, obtidos pela mediana, estão entre os meses de março e abril, os quais apresentam a principal concentração de chuvas;

também são os meses com maior Desvio Padrão – DP e maior Coeficiente de Variação – CV e, portanto, pode-se afirmar que são os meses com variação na precipitação.

Percebe-se que o período responsável pela estiagem, se estende de julho a novembro, podendo permanecer até dezembro e janeiro, em caso de secas prolongadas. Nascimento e Medeiros (2023), ao analisarem os índices de secas no semiárido do estado da Paraíba, destacaram que os períodos chuvosos ocorrem em cinco meses do ano e o período seco nos outros sete meses, sendo setembro o mais seco.

Os valores das Medianas, DP e CV, mantém-se constantes e com porcentagens baixas, o que significa que a precipitação nesse intervalo de tempo é de baixo volume ou nenhuma, as precipitações que ocorrem são de baixa intensidade e em locais isolados.

Para melhor compreensão do regime de chuvas dos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas, foi elaborado a probabilidade de 75 % de ocorrer chuvas nos meses de janeiro a dezembro, disposto na Tabela 4, utilizando as precipitações no período de 15 a 30 anos, dependendo do município.

**Tabela 4.** Probabilidade de 75 % de ocorrer precipitação durante os meses do ano para os municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas.

Cidade	Prob. 75% de ocorrer											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Areia de Baraúnas	0	50,00	117,20	37,30	0	0	0	0	0	0	0	0
Cacimba de Areia	5,50	33,70	83,30	52,40	10,00	0	0	0	0	0	0	0
Cacimbas	12,00	56,80	122,70	77,10	26,80	4,40	0	0	0	0	0	0
Imaculada Mãe	13,00	39,20	75,50	52,90	8,80	9,20	8,10	0	0	0	0	0
D'Água	12,90	31,30	69,60	49,90	13,60	0	0	0	0	0	0	1,50
Maturéia	19,70	77,30	182,80	126,50	46,90	21,4	0	2,5	0	0	0	35,4
Passagem	3,8	23,8	53,2	37,6	2,2	0	14,20	0	0	0	0	0
Patos	20,4	53,6	73	82,1	16,5	4	1,3	0	0	0	0	4,8
Quixaba	10	33,6	69,9	58,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Salgadinho	5,8	38,9	49,4	26,8	7,1	0	0	0	0	0	0	0
Santa Teresinha	22	67,7	79,9	53,2	6,4	2,8	0	0	0	0	0	2,4
São José de Espinharas	0	46	81,6	52,3	5	0	0	0	0	0	0	0
São José do Bonfim	6	41,8	62,4	92,8	8,2	0	0	0	0	0	0	0
Teixeira	15,2	41,2	89	68,1	13	7,9	3	0	0	0	0	0
Serra Negra do Norte	22,2	101	125,2	129,9	19,8	18,4	6,6	0	0	0	0	3

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que na Tabela 4, a estatística do regime de precipitações apresentadas no quadro 24, quanto ao período chuvoso e o período de estiagem, em que verificou-se que cada município, por mais que estejam próximos, apresentam volumes de precipitações muito distintos. Nóbrega (2018), utilizou a probabilidade 75 %, para evidenciar com mais segurança a ocorrência de precipitações no período estudado.

Na Tabela 5, pode-se observar a porcentagem de meses com volumes de precipitações, abaixo de 10 mm, acima de 100 mm, acima de 50 mm e igual a zero, para cada município da Sub-Bacia do Rio Espinharas. Na maioria dos municípios, entre 355 meses analisados, notou -se que as chuvas abaixo de 10 mm são mais recorrentes, principalmente nos municípios de Areia de Baraúna, Quixaba e São Jose de Espinharas.

**Tabela 5.** Porcentagem de meses com volumes de precipitações, abaixo de 10 mm, acima de 100 mm, acima de 50 mm, igual a zero e a média da Sub-Bacia Hidrográficas do Rio Espinharas

Cidade	Precipitação (%)			
	Abaixo de 10 mm	Acima de 100 mm	Acima de 50 mm	Igual a zero mensal
Areia de Baraúnas	58,89	16,67	22,78	52,78
Cacimba de Areia	46,89	24,86	33,33	37,57
Cacimbas	41,45	19,23	32,05	35,47
Imaculada	35,88	23,73	38,42	25,14
Mãe D'Água	41,81	22,03	35,03	30,79
Maturéia	29,63	20,99	32,72	20,37
Passagem	46,61	19,49	31,64	40,11
Patos	39,72	23,38	37,75	21,69
Quixaba	49,85	19,83	30,32	43,73
Salgadinho	46,61	12,99	27,97	36,44
Santa Teresinha	38,87	24,79	38,03	29,58
São José de Espinharas	48,45	21,69	34,93	43,38
São José do Bonfim	45,91	23,10	34,80	34,50
Teixeira	36,62	26,20	40,28	22,25
Serra Negra do Norte	24,23	17,75	26,20	17,18
Média	42,09	21,11	33,08	32,73

**Fonte:** Autoria própria (2023)

Destaque para o município de Areia de Baraúna, o qual apresenta maior porcentagem de meses com nenhuma precipitação, enquanto Serra Negra do Norte possui a menor quantidade de meses com precipitações abaixo de 10 mm ou nenhuma. Reforça-se que, esses municípios possuem dados de 15 e 19 anos, ou seja, 174 e 221 meses, respectivamente.

Os municípios com maior número de precipitações acima de 50 mm e 100 mm, foram Teixeira e Santa Terezinha, os quais foram estudados, 355 meses, e que, possuem

40,28 e 38,03 % das precipitação acima de 50 mm, e 26,20 e 24,79 % precipitação acima de 100 mm, respectivamente.

A quantidade de precipitação, influencia diretamente no volume de água que corre no Rio Espinhas, pois os municípios que ficam a leste, como Salgadinho, Passagem, Area de Baraúna, enquanto os municípios a oeste da bacia, como Imaculada, Teixeira e Maturéia, concentram os maiores volumes de chuva, que por sua vez, estão em altitudes mais altas.

Moraes (2018), ressalta em sua pesquisa que a importâncias de se conhecer o regime pluviométrico e suas características, para os recursos hídricos e desenvolvimento da região, principalmente por parte dos agricultores, para poder implantar técnicas de captação de água e manejo e uso do solo. Com isto, a gestão e o planejamento dos municípios tornariam mais eficientes.

## **6.2 Carga Animal**

Os municípios da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinhas, possuem uma agropecuária diversificada, a produção é dividida em: bovinocultura, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos suínos, coelhos e aves (Anexos).

O número de cabeças de bovinos, asininos, ovinos, aves e coelhos, reduziu de 1995 para 2017, enquanto os equinos, muares, caprinos e suínos aumentaram, mas no total em 1995 a quantidade de cabeças de animais era de 399.775 (trezentos e noventa e nove mil e setecentos e setenta e cinco) e em 2017 era 344.039 (trezentos e quarenta quatro mil e trinta e nove) cabeças, uma diferença de 55.736 (cinquenta e cinco mil e setecentos e trinta e seis ) cabeças.

No ano de 2006, com rebanho era 66.973 (sessenta e seis mil e novecentos e setenta e seis), os valores da carga animal reduziram significativamente, o que pode ser justificado por irregularidade de chuvas no ano de 2005 em alguns municípios. De acordo com Medeiros et al. (2020), a região estava sob influência do *EL Niño* forte entre 1997 e 1998, e moderado no período de 2002 a 2005, fazendo com que haja redução do rebanho, por escassez hídrica, ou seja, faltando água e ração para os animais, o que, por sua vez, inviabiliza a produção de animais e de alimentos.

Os dados fornecidos pela plataforma SIDRA, também, podem sofrer alterações na forma em que foram fornecidos pelo IBGE, já que se observou-se uma leve diferença entre os anos de 1995 e 2017. Destaca-se os municípios de Areia de Baraúnas, Cacimbas

e Maturéia, ainda não haviam se emancipado em 1995, obtendo dados incompletos para tal período.

De acordo com Lima (2017), o excesso de animais degrada a pastagem, compacta o solo e contribui com a degradação das terras, por isso, se faz necessário conhecer os animais criados pelos agricultores que podem causar impactos mais significativo na Sub-Bacia do Rio Espinharas, como ovinos, caprinos e, principalmente, bovino. Para cálculo da unidade de carga animal por hectare de cada município da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, levou em conta a quantidade de animais dividido pela área de cada município (Tabela 6).

**Tabela 6.** Quantidade de cabeças por rebanho de bovinos, caprinos e ovinos conforme o município para os censos agropecuários de 1995, 2006 e 2017.

	Bovinos			Caprino			Ovinos		
	1995	2006	2017	1995	2006	2017	1995	2006	2017
Areia de Baraúnas (PB)		1018	808		3168	2467		559	314
Cacimba de Areia (PB)	3583	785	3002	1163	1043	1642	1098	893	1008
Cacimbas (PB)		400	1337		2159	5200		214	747
Imaculada (PB)	5273	3664	3949	1981	1961	2211	595	830	678
Mãe d'Água (PB)	1649	562	1502	2158	1433	2202	148	118	348
Maturéia (PB)		3756	872		1086	755		61	109
Passagem (PB)	2603	716	822	2878	3186	2508	1964	1060	1299
Patos (PB)	13322	1714	8844	1769	1179	3098	2740	2307	2099
Quixaba (PB)	2534	337	1439	933	1182	1930	610	667	495
Salgadinho (PB)	1779	767	1021	2131	1973	2690	173	450	410
Santa Teresinha (PB)	6936	2537	4253	999	1130	1870	1417	1805	1534
São José de Espinharas (PB)	16971	2232	14299	1176	1236	3128	3062	2801	3678
São José do Bonfim (PB)	3336	1471	1259	1188	2016	1608	1011	923	478
Serra Negra do Norte (RN)	14908	808	10204	1175	1120	2389	6614	2280	4743
Teixeira (PB)	2809	1752	2117	2396	1395	2234	164	197	299
Total	75703	22519	45524	19947	25267	35932	19596	15165	18239

Fonte: Adaptado do IBGE

A bovinocultura é uma das principais atividades do sertanejo, em 1995 o maior rebanho da região se localizava em São José de Espinharas com 16.971 (dezesseis mil e novecentos e setenta e um) cabeças, seguidos de Serra Negra 14.908 (quatorze mil e novecentos e oito) cabeças, Patos 13.938 (treze mil e novecentos e trinta e oito) cabeças.

No ano de 2006, a bovinocultura, reduziu significativamente, para 22.519 (vinte e dois mil e quinhentos e dezenove), com destaque para os municípios de Imaculada e

Cacimba de Area, com 3.949 (três mil e novecentos e quarenta e nove) e 3002 (três mil e dois) cabeças, respectivamente. E no ano de 2017, já mostrava recuperação do rebanho, com 55.728 (cinquenta e cinco mil e setecentas e vinte e oito) cabeças.

Observa-se que a quantidade de caprinos vem aumentando, em 1995 era 19.947 (dezenove mil e novecentos e quarenta e sete), para 35.932 (trinta e cinco mil e novecentos e trinta e dois) em 2017, e esse aumento se deu principalmente nos municípios de Salgadinho, Passagem e Cacimbas. Esses municípios são próximos a Taperoá, um dos municípios paraibanos que se destacam na comercialização de caprinos (Censo Agropecuário 2017).

O município de Passagem era o que mais produzia caprinos em 1995, com 2.878 (dois mil oitocentos e setenta e oito) cabeças, e em 2017, era Cacimbas com 5200 (cinco mil e duzentos) cabeças. Nota-se que crescimento do rebanho de caprino é baixo quando comparado a bovinocultura; tradicionalmente os municípios da Sub-Bacia do Rio Espinharas se desenvolveram com a produção bovina.

O caprino é um animal que se adapta bem ao clima da região semiárida, principalmente, quando comparado ao bovino, entretanto, sua criação pode causar impactos, por isso deve-se realizar a criação com manejo adequado. Segundo Lima (2018), a caprinocultura está associada ao desmatamento e à conversão de áreas em pastagens, o pastoreio de cabras pode resultar em sobrepastoreio, causando perda de diversidade funcional e aumento da convergência funcional entre as espécies vegetais, também as cabras podem ter efeitos diferentes na diversidade funcional das espécies arbóreas e herbáceas.

Os ovinos, são menos expressivos que os caprinos, na questão de produção, os municípios que mais produziam em 1995 era Passagem, com 2.878 (duas mil e oitocentos e setenta e oito) cabeças, e no censo de 2017 estava produzindo 1.299 (mil e duzentos e noventa e nove) cabeças, isto é, uma redução de aproximadamente, 46% de rebanhos. Enquanto Quixaba, produzia 5.995 (cinco mil novecentos e noventa e cinco) cabeças em 2017, sendo o município com maior produção de ovinos na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas.

Porém, como observado na Tabela 7, a Carca Animal de cada municípios, e os que possuem maior Unidade Animal que a capacidade permitida, de acordo com Lima (2017), considera-se a capacidade de suporte média de 0,1UA/ha das áreas de pasto nativo na Caatinga.



**Tabela 7.** Carga animal Bovina, Caprino e Ovino e a soma correspondente para os municípios pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas.

	1995				2006				2017			
	Bovinos	Caprinos	Ovinos	total	Bovinos	Caprinos	Ovinos	total	Bovinos	Caprinos	Ovinos	total
Areia de Baraúnas (PB)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,042	0,007	0,111	0,050	0,032	0,004	0,086
Cacimba de Areia (PB)	0,118	0,008	0,008	0,134	0,026	0,007	0,006	0,039	0,099	0,012	0,007	0,117
Cacimbas (PB)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,026	0,003	0,051	0,075	0,063	0,009	0,147
Imaculada (PB)	0,116	0,009	0,003	0,128	0,081	0,009	0,004	0,094	0,087	0,010	0,003	0,101
Mãe d'Água (PB)	0,050	0,014	0,001	0,066	0,017	0,009	0,001	0,027	0,046	0,014	0,002	0,063
Maturéia (PB)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,317	0,020	0,001	0,337	0,073	0,014	0,002	0,089
Passagem (PB)	0,148	0,035	0,024	0,206	0,041	0,039	0,013	0,092	0,047	0,030	0,016	0,093
Patos (PB)	0,197	0,006	0,009	0,212	0,025	0,004	0,007	0,036	0,131	0,010	0,007	0,147
Quixaba (PB)	0,121	0,010	0,006	0,136	0,016	0,012	0,007	0,035	0,068	0,020	0,005	0,093
Salgadinho (PB)	0,070	0,018	0,001	0,089	0,030	0,017	0,004	0,050	0,040	0,023	0,003	0,066
Santa Teresinha (PB)	0,135	0,004	0,006	0,145	0,049	0,005	0,008	0,062	0,083	0,008	0,006	0,097
São José de Espinharas (PB)	0,163	0,002	0,006	0,172	0,021	0,003	0,006	0,030	0,138	0,006	0,008	0,152
São José do Bonfim (PB)	0,152	0,012	0,010	0,173	0,067	0,020	0,009	0,096	0,057	0,016	0,005	0,078
Serra Negra do Norte (RN)	0,186	0,003	0,018	0,206	0,010	0,003	0,006	0,019	0,127	0,006	0,013	0,146
Teixeira (PB)	0,126	0,023	0,002	0,151	0,079	0,013	0,002	0,094	0,095	0,022	0,003	0,120

**Fonte:** Autoria própria (2023)

Observa-se que a carga animal de 1995, era superior a capacidade de suporte em 10 municípios, Cacimba de Areia -PB, Imaculada- PB, Passagem-PB, Patos-PB, Salgadinho-PB, Santa Teresinha-PB, São José de Espinharas-PB, São José do Bonfim-PB, Serra Negra do Norte-RN e Teixeira-PB. Como principal atividade a bovinocultura, pois para o respectivo ano, a ovinocultura e a caprinocultura, não estavam acima da capacidade de suporte, sendo em média 0,121 UA/ha.

Sendo os municípios de Passagem-PB, Patos-PB, Serra Negra do Norte-RN, os municípios que apresentam os valores mais altos, 0,206, 0,212 e 0,206 UA/ha respectivamente.

Observa-se que em 2006 a redução do rebanho, principalmente a bovinocultura, e a carga animal para ser em média 0,078 UA/ha, porém o município de Maturéia e Areia de Baraúna, são os municípios que possuem a maior carga animal com 0,337 e 0,111 UA/ha.

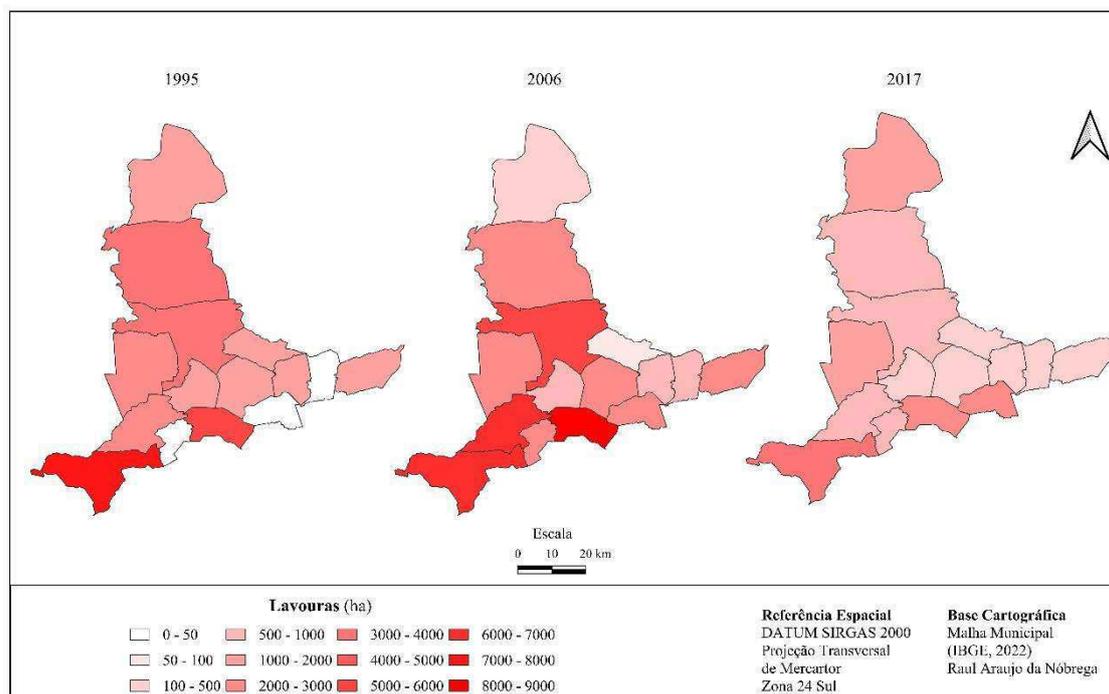
Em 2017, a carga animal estava em média 0,106 UA/ha, os municípios que apresentam a maior carga animal, são: Cacimba de Areia-PB, Cacimbas-PB, Imaculada-PB, Patos-PB, São José de Espinharas-PB, Serra Negra do Norte (RN) e Teixeira-PB, com 0,117, 0,147, 0,101, 0,147, 0,152, 0,146, 0,120 UA/ha, respectivamente. Para os municípios de Patos-PB, São José de Espinharas-PB e Serra Negra do Norte-RN, somente a bovinocultura causa o sobrepastoreio, por esta acima da capacidade de suporte.

É importante destacar que a pecuária de subsistência na Caatinga está diretamente associada ao sistema extensivo, portanto, deve-se usar manejo adequado ao suporte da vegetação. Segundo Moreira et al. (2011), a Caatinga apresenta um potencial para aumentar da produção de forragens, entretanto, necessita de manejo adequado. Silva et al. (2013), enfatizaram, que se deve conhecer a capacidade de suporte (UA/ha) das áreas, e que esse fator está relacionada à produção de massa seca de forragem total, bem como, o ganho de peso do animal.

### **6.3 Produção de Lavouras Permanentes e Temporárias**

Com respeito a produção agrícola, lavouras permanentes e temporárias (Figura 26), constatou-se a redução da produção entre 1995 e 2017, a lavoura temporária, era de 28.556 ha (vinte e oito mil e quinhentos e cinquenta e seis) para 13.836 (treze mil oitocentos e trinta e seis), enquanto a lavoura permanente foi de 4.222 ha (quatro mil duzentos e vinte dois), para 317 ha (trezentos e dezessete), respectivamente.

**Figura 26.** Área (ha) produtiva de lavouras permanente e temporárias dos municípios que compõem a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas.



Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com Silva et al. (2017), os quais avaliaram as características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no semiárido brasileiro, perceberam que o número de estabelecimentos rurais entre 20 a 50 e de 50 a 100 ha, somados correspondem a 51,8 %, e o maior número de estabelecimentos está de 1 a 5 há, fica em torno 34,4 % dos estabelecimentos, e que, a consequência é a área, a qual, limita a produção agrícola.

Somando a produção de lavouras temporárias (Anexo 7) e permanentes (Anexo 6), observa-se que as áreas que produção tiveram redução, era de 32.778 ha para 14.153 ha, de 1995 para 2017, respectivamente, também, constatou-se que a principal atividade está na lavoura temporária. A principal produção das lavouras são: batata-doce, feijão, mandioca, milho, castanha e manga.

Em 1995, os municípios de Imaculada e Teixeira se destacavam na produção agrícola na questão de lavouras temporárias e permanentes, ultrapassavam 4 mil hectares, somadas. Houve o aumento das lavouras em 2006, principalmente, nas temporárias e redução das lavouras permanentes. Em 2017, ocorreu uma redução expressiva, pois os mesmos municípios, reduziram as lavouras para aproximadamente 1 mil hectares, enquanto os demais municípios, em sua maioria, não ultrapassam 500 hectares.

Analisando os dados obtidos da plataforma SIDRA, notou-se que a produção de algodão ocupava grande parte dos municípios da Sub-Bacia do Rio Espinhas, deixando de ser a principal cultura no final da década de 80. Da lavoura permanente (Anexo 8), em 1982 a área colhida em toda a Sub-bacia era de 101.390 há (cento e um mil trezentos e noventa), sendo 76.100 (setenta e seis mil e cem) hectares de algodão arbóreo em caroço, o último registro de sua produção foi em 2011, com 2 ha (dois) , e nas lavouras temporárias passaram para 465 ha (quatrocentos e sessenta e cinco) , para o mesmo ano. Os municípios que se destacaram na produção do algodão foram São José de Espinharas, colheu 13.529 ha (treze mil quinhentos e vinte e nove), Mãe d'Água, colheu 20.285 ha (vinte mil e duzentos e oitenta e cinco), nos anos de 1982 e 1983, respectivamente.

Quanto as lavouras temporárias (Anexo 9), os registros das áreas colhidas 1974 a 2021, se destaca o ano de 1979 com 63.833 hectares colhidas na Sub-Bacia, e em 2021 a área reduziu para 12.814 hectares, o que representa a redução de aproximadamente 80 % de área, no intervalo de 42 anos. As culturas com são feijão e milho, que sempre foram produzidas.

Essa queda na produção agrícola na região da Sub-Bacia Bacia Hidrográfica, se deve a secas consecutivas, principalmente ocasionadas pelo Fenômenos Atmosférico *El Niño*. Medeiros et al. (2020), avaliaram os intervalos de anos de 1963-1966, 1968-1970, 1972-1973, 1976-1980, 1982-1983, 1986-1988, 1990-1995, 1997-1998, 2002-2007, 2009-2010, 2015-2016, com ocorrência do *El Niño*, e constaram sua forte influência na precipitação no município de Patos, levando a secas.

Angelotti, Fernandes Junior e Sá (2011), abordaram em sua pesquisa que as mudanças climáticas na região semiárida podem ter efeitos negativos na população, principalmente nas áreas rurais, já que, os potenciais impactos negativos nos recursos hídricos e na agricultura de sequeiro, prejudicam a subsistência das famílias nessas áreas, justificando êxodo o rural, as mudanças de atividades econômica, bem como, e com o avanço da tecnologia criaram oportunidades, as quais possibilitam o trabalho de casa, mesmo residindo na zona rural.

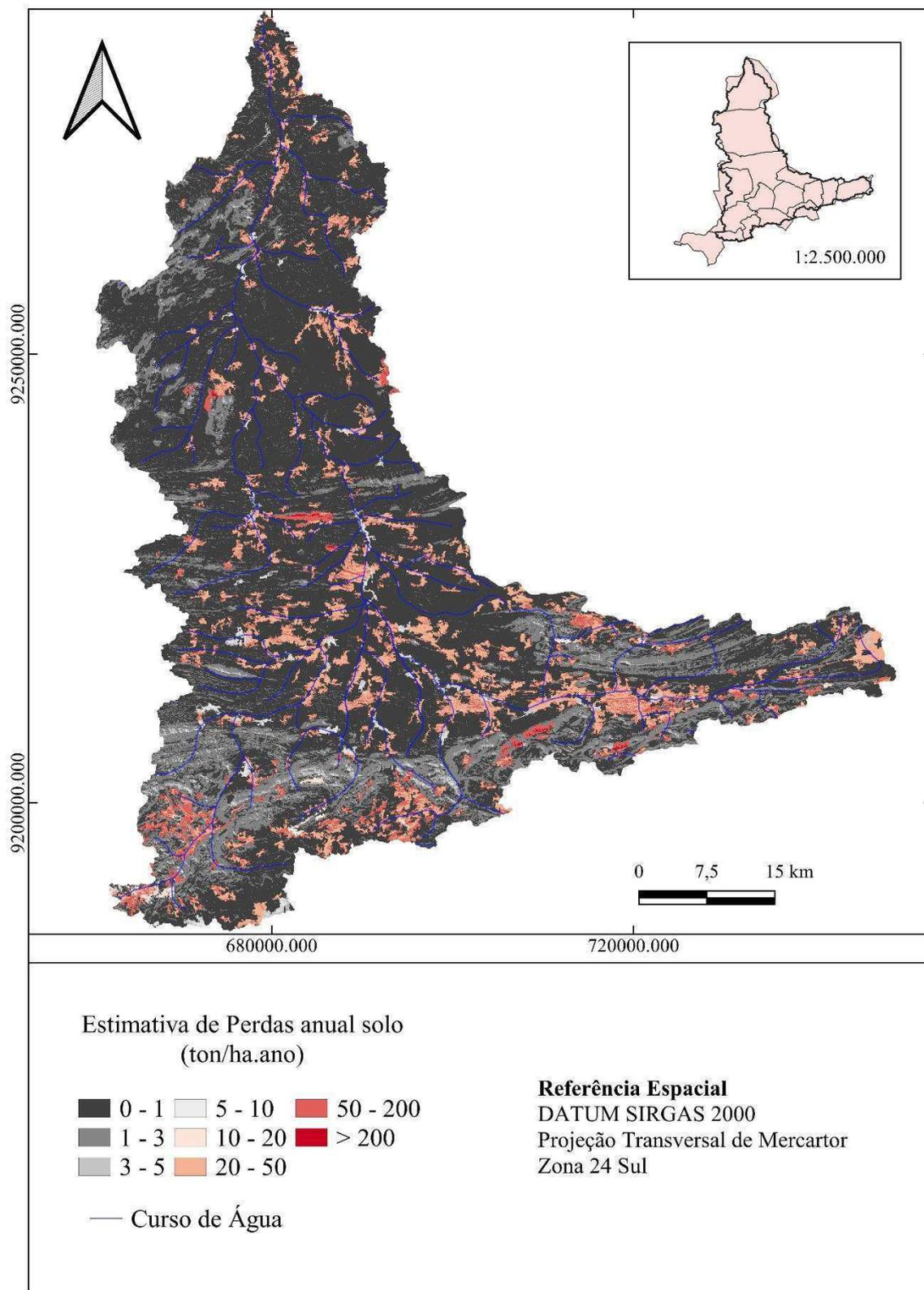
#### **6.4 Quantificação da Erosão**

A região em estudo apresenta uma declividade elevado ao sul, onde se localiza a regiões da Serra dos Cariris Velhos e o Pico do Jabre (+ de 1000 m), em Maturéia; e a

oeste, onde se localiza a nascente principal do Rio Espinharas, em Salgadinho, que se localiza entre Serra dos Cariris Velhos e a Serra da Borborema.

Essas regiões, próximas áreas mais elevadas, possuem um grau alto de erosão, principalmente quando desmatada, por apresentarem uma declividade mais elevada. Como observa-se na figura 27, a erosão ultrapassa  $50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e chega a ultrapassar  $200 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  nas regiões mais elevadas, como próximas ao Pico do Jabre, e no vale formado pela Serras da Borborema e Cariris Velhos, nos municípios de Salgadinho a Quixaba. Os resultados corroboram com aqueles obtidos por Oliveira et al. (2021), em que verificou-se, que as regiões com maior capacidade erosiva estão localizadas em encostas de maior altitude.

**Figura 27.** Mapa de Erosão da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

As áreas com a erosão mais elevada, coincidem com os municípios que se destacam na criação de animais e na agricultura, quando se observa o censo agropecuário de 2017.

Zhang et al. (2010), ao trabalharem a identificação e avaliar o risco de erosão, considera fatores como cobertura vegetal, gradiente de declive e o tipo de uso da terra, por serem considerados que os fatores críticos na influência da erosão do solo. Esses mesmos fatores são considerados neste trabalho e outros como a precipitação, escoamento da água sobre o solo e o tipo de solo.

Na Tabela 8, encontra-se os valores das áreas em hectares, de perda de solo, devido a erosão. Nota-se que a maior perda de solo está nas Classes Nenhuma ou Ligeira, quando acumuladas, o que corresponde a 87,047 % do total da perda de solo na região em estudo, também estão nas áreas que não há relevo mais suave a ondulado, o tipo de solo que se encontra nessa região é o Luvisolos Crônicos Orticos. Guimarães et al. (2011), ao estudarem a perda de solo por erosão laminar na microbacia do Rio Campinas, constataram que 97,7 % da área tinha perdas de 0 a 10 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, e que a floresta teve um papel importante na manutenção dessas baixas taxas de erosão, porém na Sub – Bacia do Rio Espinharas a vegetação em estágio de recuperação.

**Tabela 8.** Áreas de perda de solo t/ha ano, por causa da erosão na Sub-Bacia do Rio Espinharas, com a porcentagem das áreas acumulada e as classes de erosão de acordo com a FOA.

Perda do Solo (t.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Área (ha)	Área (%)	Área Acumulada (%)	Classes*
0 - 1	219818,51	66,934	66,934	Nenhuma ou Ligeira
1+3	57216,38	17,422	84,357	Nenhuma ou Ligeira
3+5	5852,33	1,782	86,139	Nenhuma ou Ligeira
5+10	2983,51	0,908	87,047	Nenhuma ou Ligeira
10+20	857,78	0,261	87,308	Moderada
20 - 50	27975,87	8,519	95,827	Moderada
50 - 200	13307,23	4,052	99,879	Alta
> 200	397,53	0,121	100,000	Muito Alta

\*Classificação segundo Food and Agriculture Organization - FAO (1967)

Uma área expressiva de perda de solo é com relação a área de Classe Moderada, com valores acima de 20 a 50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, por se localizarem, em sua maioria, nas serras, levando a uma grande quantidade de solo para os rios da região, bem como, os nutrientes do solo, o que torna a área pobre para agricultura e o reflorestamento. Neste contexto, Rabelo e Araújo (2019), observaram que os valores de tolerância variaram entre 4,8 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e 12,3 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, no que depende do tipo de solo, logo os valores encontrados nesses estudos, estão acima disso, que por sua vez, evidencia a degradação.

Para Oliveira et al. (2023), a erosão do solo é um processo complexo e altamente prejudicial aos ecossistemas, representando um desafio socioambiental significativo que

precisa ser superado. Guimarães et al. (2011), reforçaram em suas pesquisas que as Áreas de Preservação Permanente irregulares, acabam sofrendo perda de solo, e demonstram suscetibilidade a erosão. Então quando se requer conservação do solo, deve-se sempre levar em consideração um manejo adequado para a recuperação do solo, flora e fauna

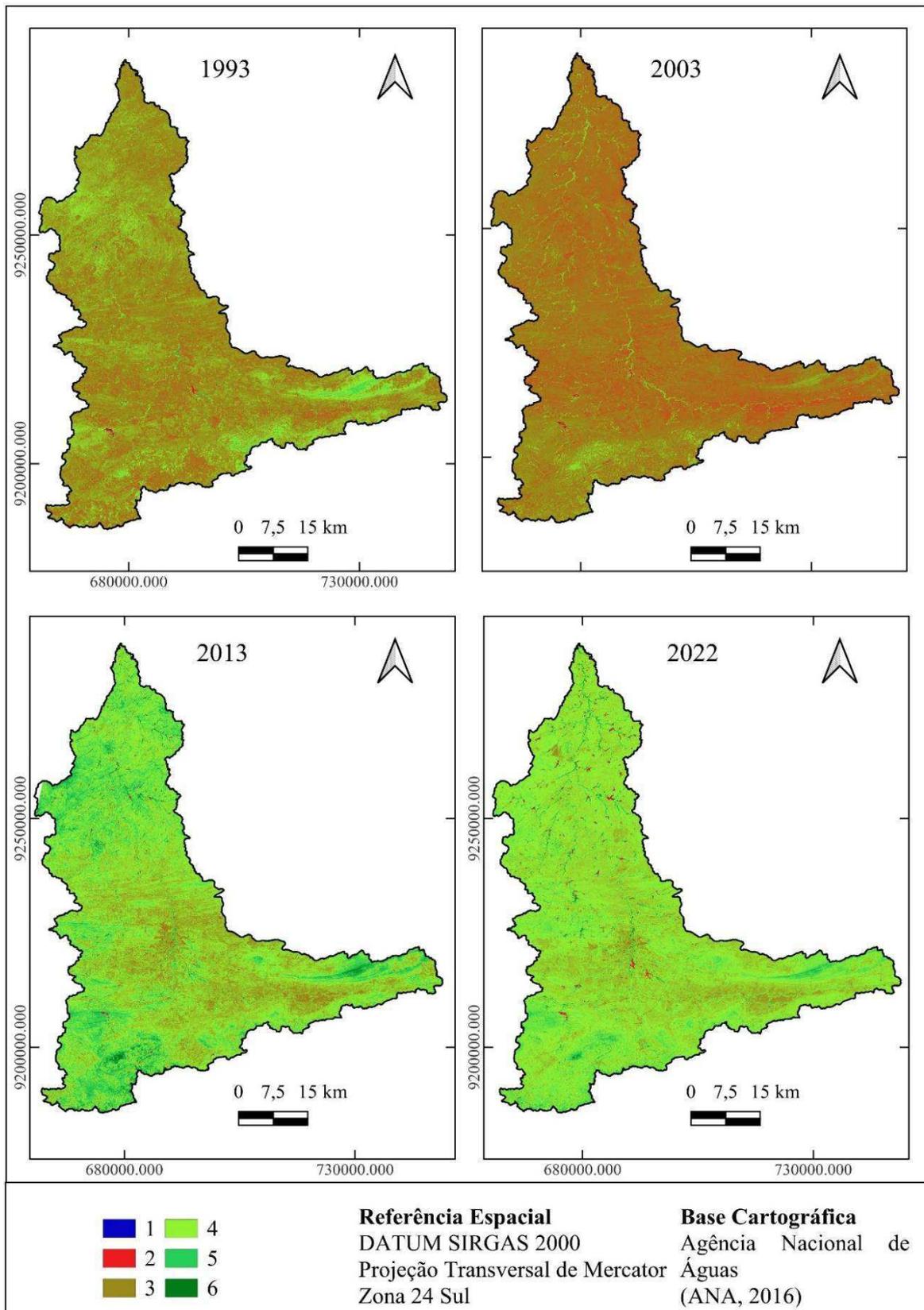
## 6.5 Vegetação

Os recursos para se analisar a vegetação, foram, por meio das imagens coloridas simuladas, das bandas vermelho, verde e azul, ;(Anexo 2). Visitas *in lócus*, no período seco, o Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada – IVDN. Para assim, fazer a classificação da vegetação.

Na figura 28, observa-se o Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada – IVDN. Desta forma, o IVDN foi dividido de 1 a 6, conforme os pixels, em que no: 1 encontram-se as áreas de água e solo exposto, na 2 estão a vegetação rala e solo exposto, a 3 corresponde a uma vegetação moderada ou semidensa, a 4 representa a vegetação moderada alta ou densa, e 6 a vegetação moderadamente alta ou muito densa.

**Figura 28.** Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada – IVDN, da Sub-Bacia do Rio Espinharas, com classificada de acordo com a intensidade da vegetação, onde 1 é água e

solo exposto, e 2 a 6 a vegetação, sendo 2 a vegetação rala e 6 a vegetação mais exuberante.



Fonte: Autoria própria (2023)

Verificou-se nas imagens da figura 28 que a vegetação representada por 4, 5 e 6, de 1993 a 2022, se recuperou, enquanto a parte de solo exposto e vegetação rala reduziram de área. Aquino e Oliveira (2012), ao realizarem a análise espaço temporal em parte do estado do Piauí com o IVDN, também utilizaram os *pixels* como critério, em que concluíram que a vegetação estava aumentando e a área de solo exposto reduzindo, o mesmo observado no presente estudo.

Com base na leitura dos *pixels* do IVDN, as imagens coloridas, bem como, as visitas ao local para examinar parâmetros como uso do solo, densidade populacional, densidade da vegetação, matéria orgânica e cobertura do solo, desenvolveu-se a classificação da vegetação com as suas respectivas áreas, disposta na Tabela 9.

**Tabela 9.** Classificação da vegetação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com a área e a porcentagem correspondente, para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2022.

Classes	1993		2003		2013		2022	
	km <sup>2</sup>	%						
Água	2,696	0,082	5,777	0,176	2,910	0,089	19,405	0,589
Solo Exposto	576,775	17,530	119,639	3,635	132,398	4,028	79,089	2,401
Vegetação Rala	1156,823	35,160	1151,781	34,998	791,387	24,078	863,55	26,216
Vegetação Semidensa	1231,604	37,433	1330,060	40,415	1430,865	43,534	1793,646	54,453
Vegetação Densa	282,984	8,601	645,217	19,606	876,625	26,671	499,318	15,159
Vegetação Muito Densa	39,253	1,193	38,498	1,170	52,564	1,599	38,928	1,182
Área total	3290,136	100	3290,972	100	3286,749	100	3.293,94	100

Fonte: Autoria própria (2023)

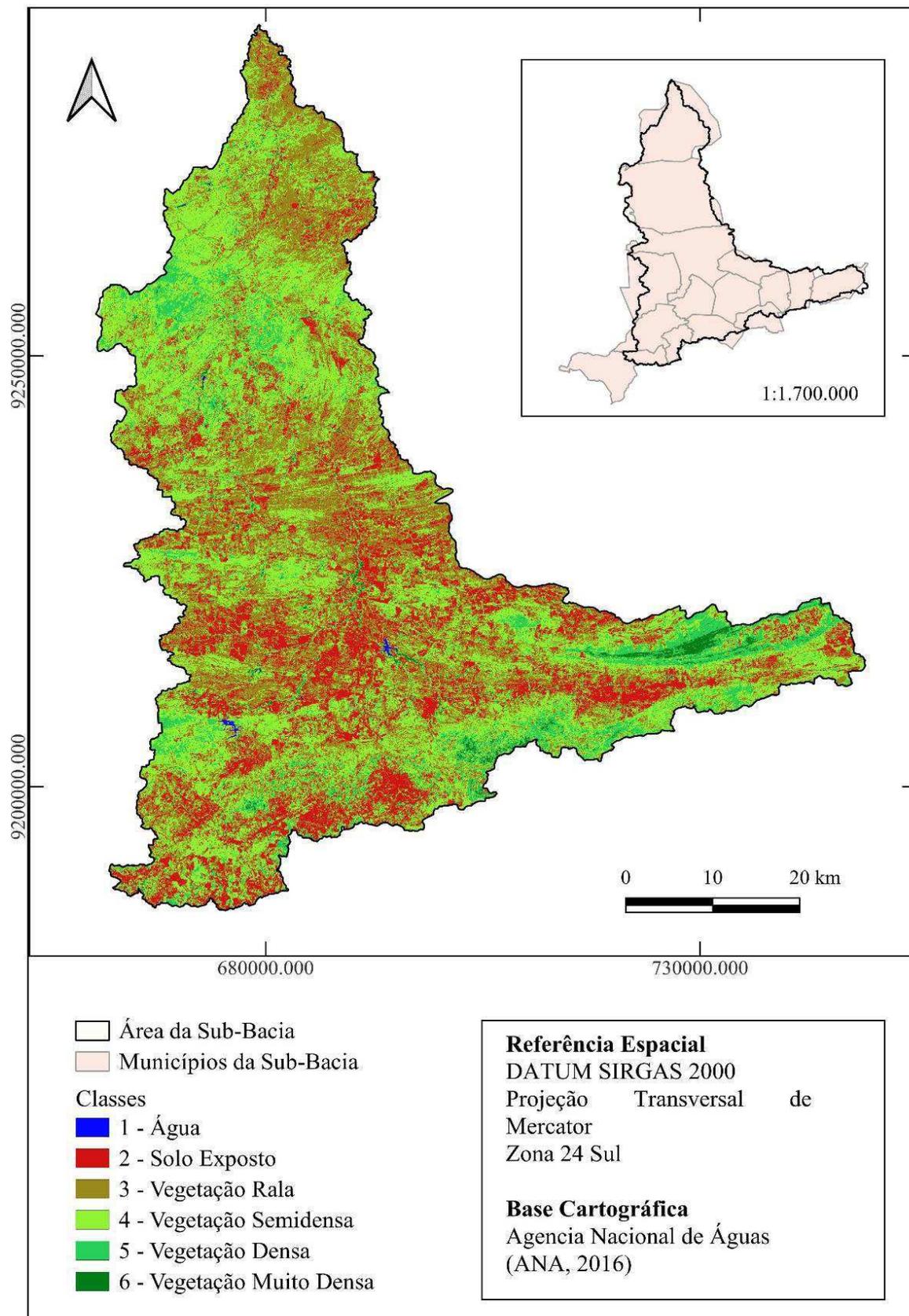
Encontram-se as classes de vegetação com suas respectivas áreas em km<sup>2</sup> e em %, um fato constatado, que a área em estudo não corresponde ao mesmo tamanho exato da soma das classes, pois o arquivo Shapefile utilizado como base de área da bacia é da ANA (2016), apresenta 3291,313 km<sup>2</sup> e quando utilizado para cortar a camada *raster* – imagens do Landsat 5, 8 e 9 – acabam modificando as dimensões da imagem, também, no processo de vetorizar as classes de vegetação.

Ao gerar um mapa de classes no QGIS e depois transformá-lo em uma camada vetorial, e realizar-se o processo de dissolução dos polígonos pode afetar a área dos polígonos resultantes. Isso ocorre porque ao dissolver mescla polígonos adjacentes em um único polígono, eliminando as linhas de fronteira entre eles. Ao calcular a área dos polígonos dissolvidos, conseqüentemente, obtém-se a área total dessa nova geometria resultante, que pode ser diferente da soma das áreas dos polígonos individuais no mapa

de classes originais. Isso ocorre porque as linhas de fronteira entre os polígonos originais podem ter uma área incorporada, que é removida durante o processo de dissolução.

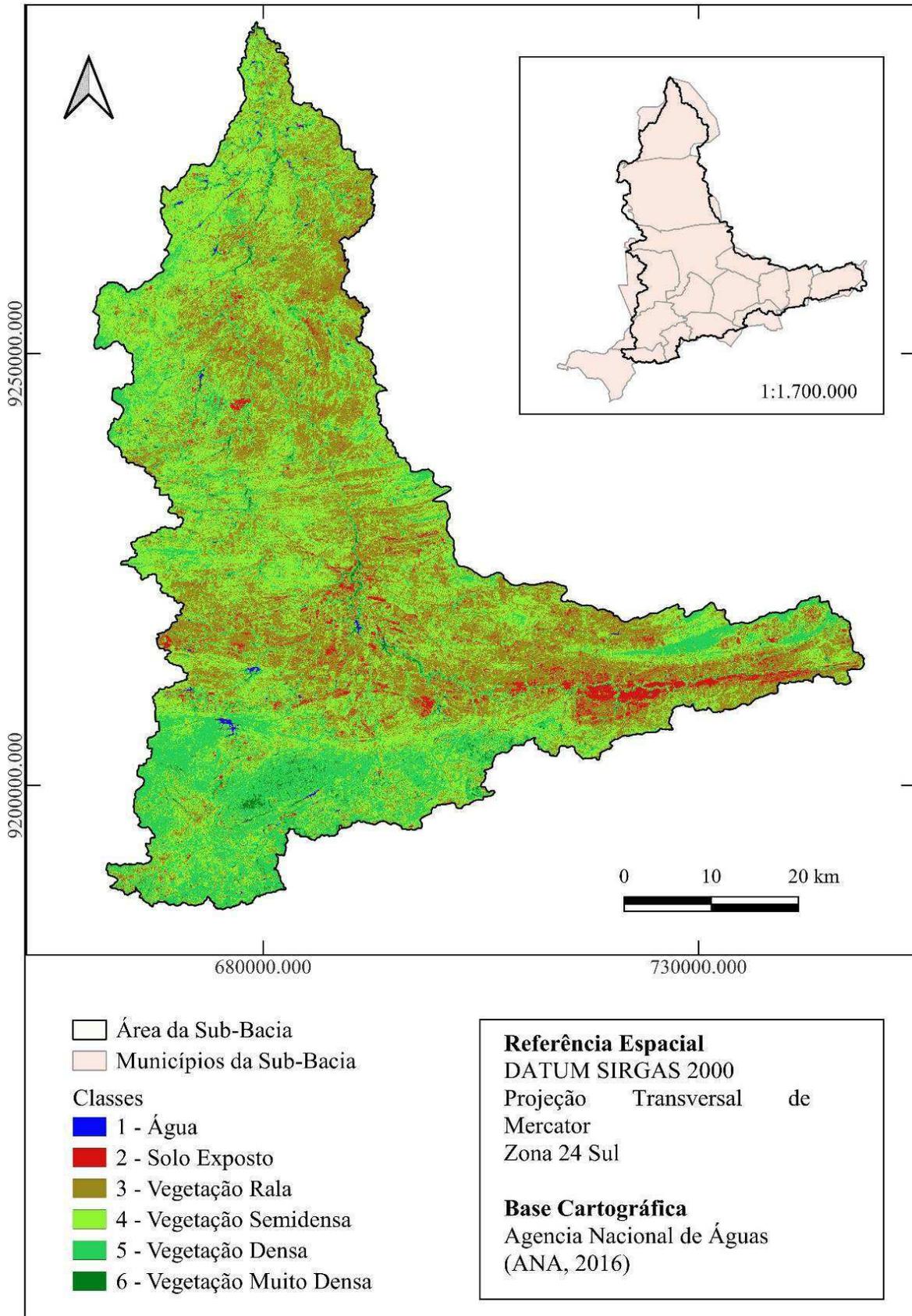
Para melhor observação das Classes de Vegetação, solo exposto e os corpos hídricos, foram elaborados mapas, para obter a figura 29 para o ano de 1993, a figura 30 para o ano de 2003, a figura 31 para o ano de 2013 e a figura 32 para o ano de 2022.

**Figura 29.** Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 1993.



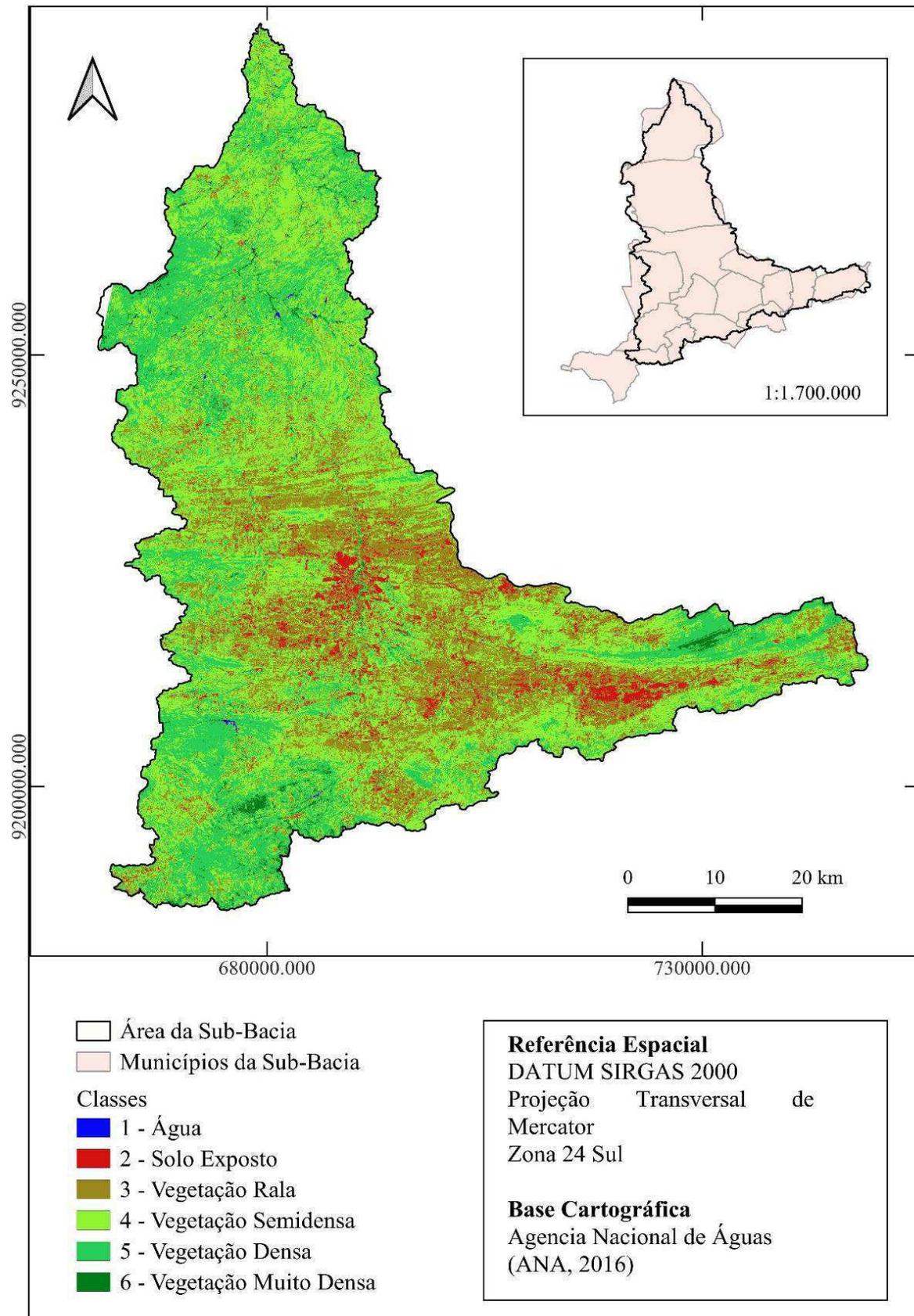
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 30.** Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2003.



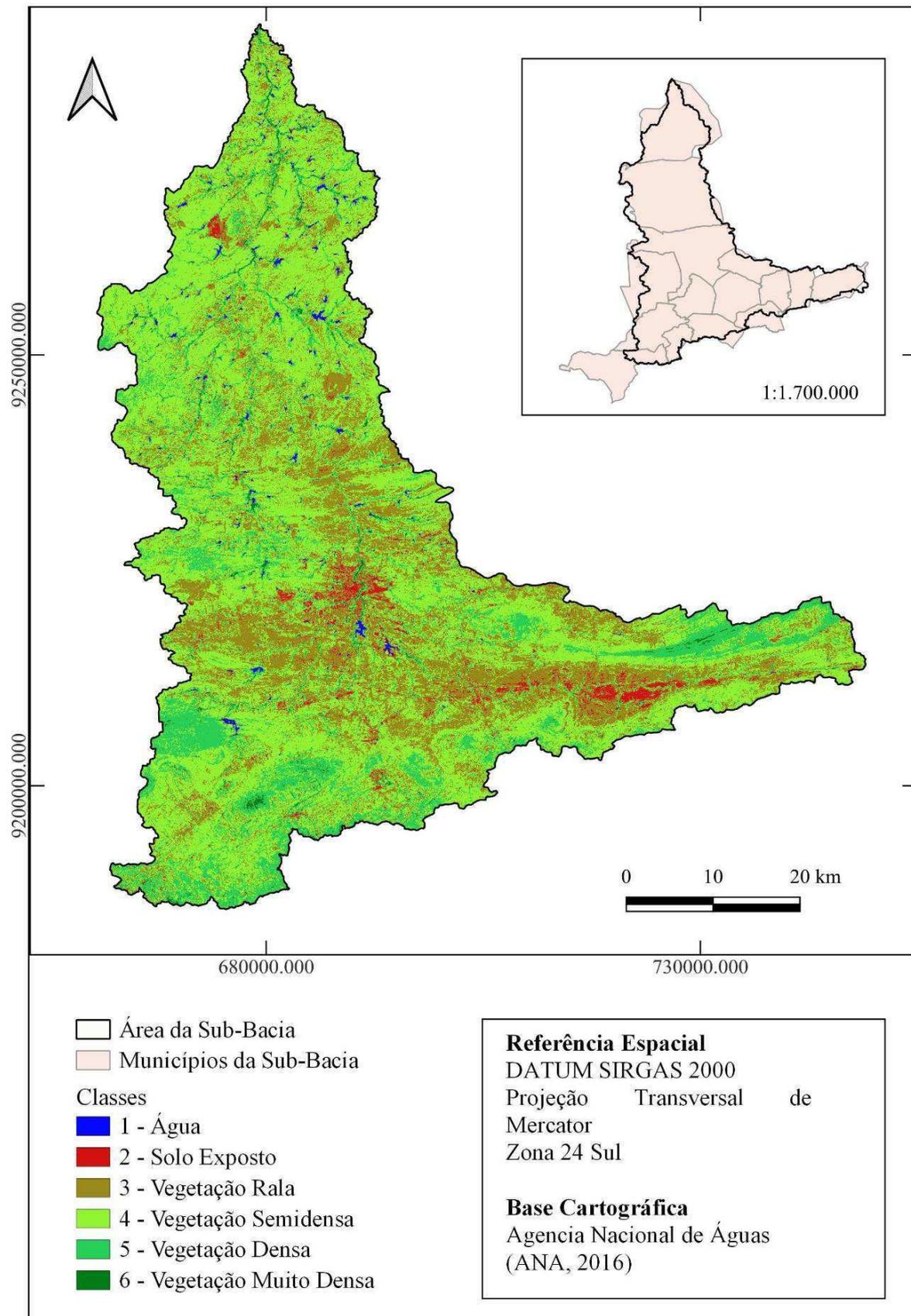
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 31.** Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2013.



Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 32.** Classificação da Vegetação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2022.

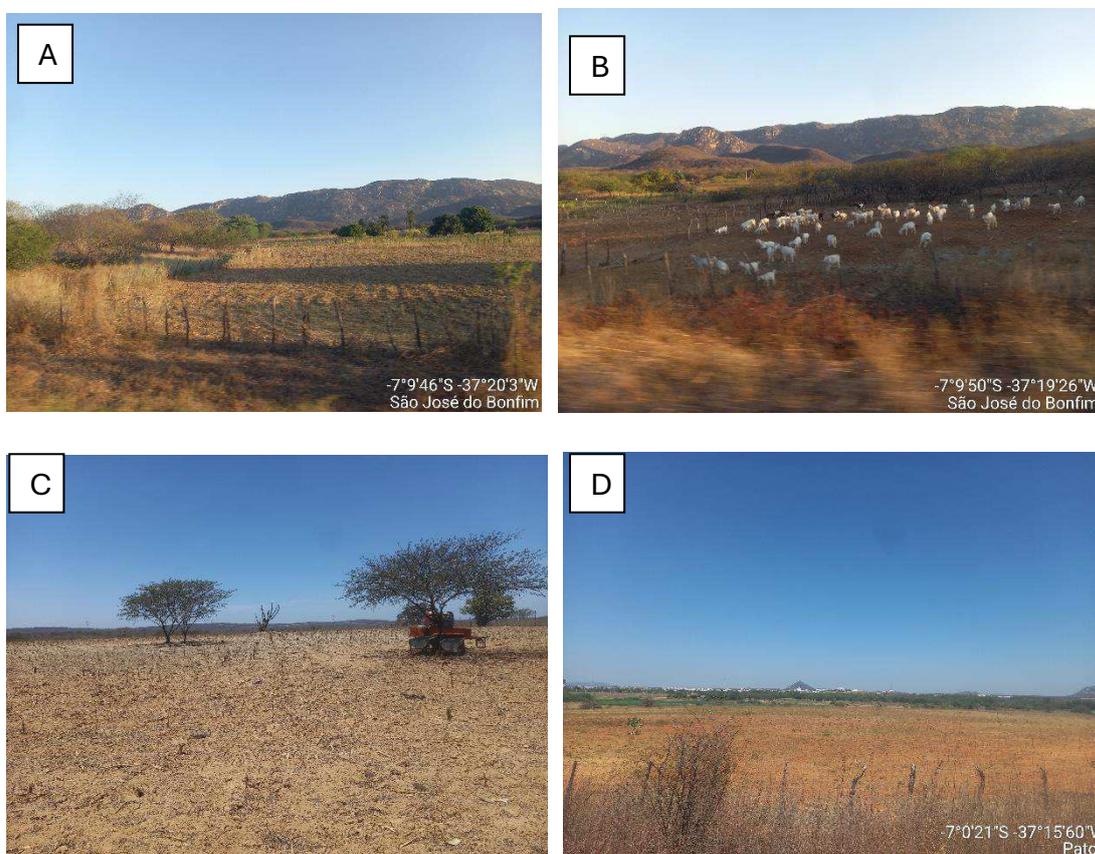


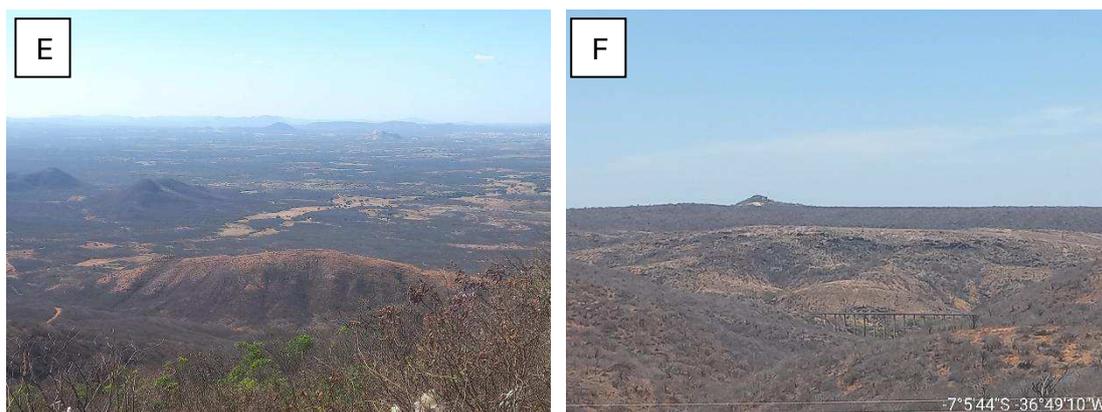
Fonte: Autoria própria (2023)

As regiões de Solos Expostos, reduziram no período estudado, como podem ser observados nas imagens, em 1993, as quais, correspondiam a 17,53 %, ocorrendo em toda a Sub-Bacia, em 2022, essa área corresponde a 2,401 %. Destaca-se, que a redução ocorreu nas primeiras décadas de estudo, onde chegou a 3,635 % em 2003 e 4,078 % em 2013. As áreas de solos expostos, concentram-se próximas as cidades e ao longo do Rio Espinharas e, principalmente, na região sul da Sub-Bacia Hidrográfica.

As regiões com Solos Expostos (Figura 33) correspondem aos locais utilizados para o plantio de sequeiro, criação de rebanho, bem como, são áreas desmatadas, como o topo de um monte próximo a pedra do Tendo, em Teixeira, e a região entre a Serra dos Cariris e a Borborema. Silva Neto (2013), ao analisar a perda da vegetação natural na chapada do Araripe (1975/2007) no estado do Ceará, conclui que as principais causas do desmatamento são o cultivo da mandioca, a pecuária e o uso da vegetação para a produção de lenha e o carvão, o mesmo observado na Sub-Bacia do Rio Espinharas.

**Figura 33.** Locais em que se observaram a Classe de Solo Exposto. Onde: A – Área de agricultura de sequeiro em São José do Bonfim; B – Área de pecuária extensiva em São José do Bonfim; C – Área de agricultura de sequeiro em Salgadinho; D – Área descampada próximo



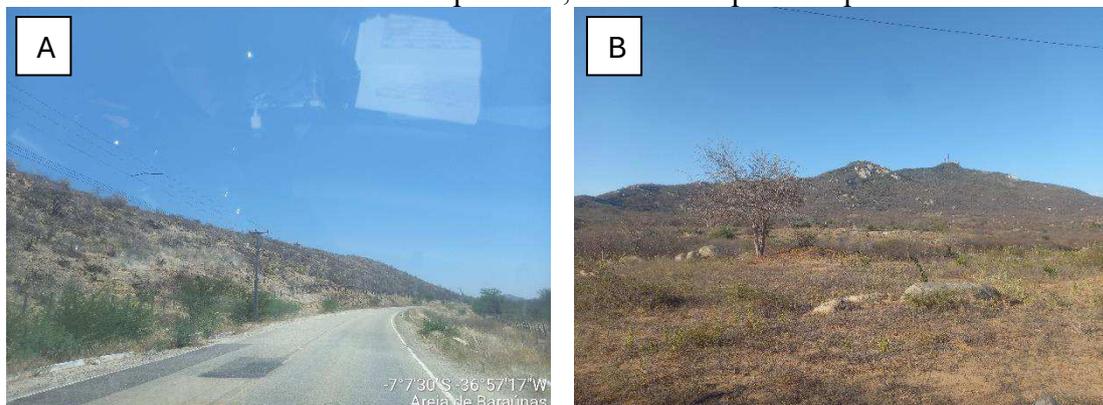


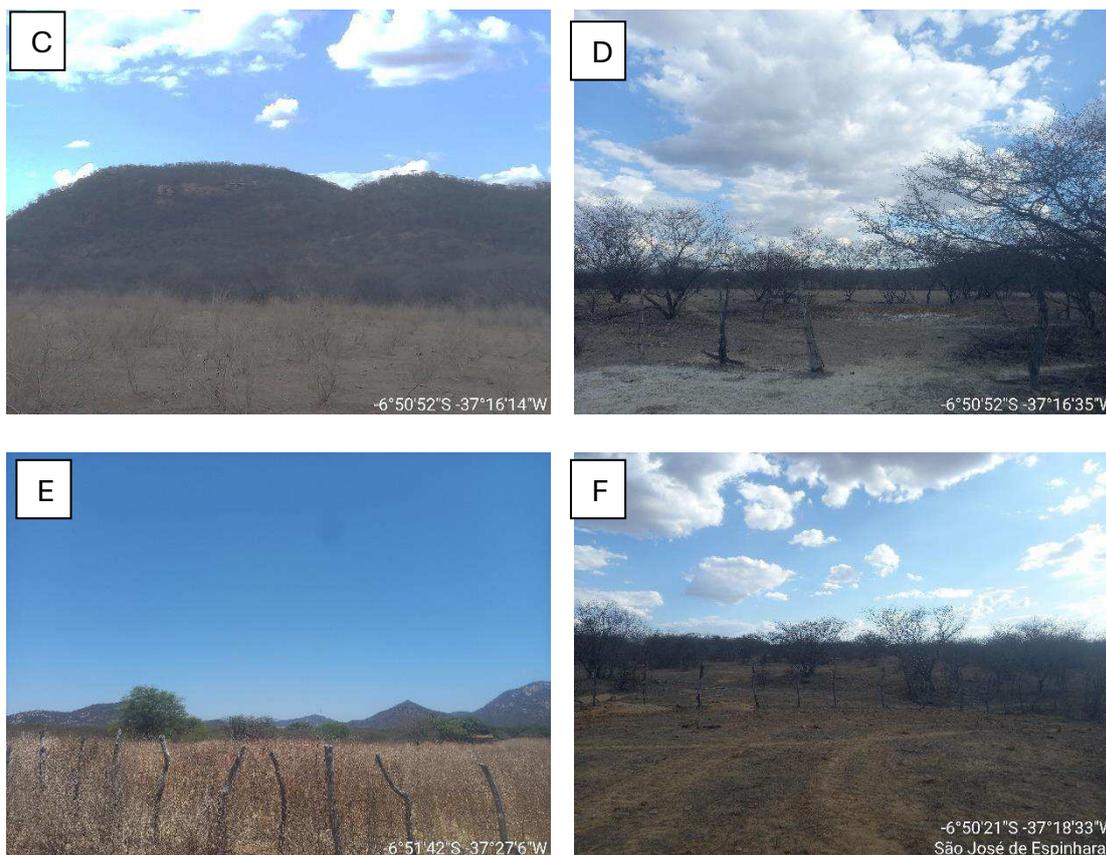
Fonte: Autoria própria (2023)

As regiões com Solos Expostos, reduziram no período estudado, como podem ser observados nas imagens acima, em 1993 correspondia há 17,53 %, ocorrendo em toda a Sub-Bacia, em 2022, essa área corresponde há 2,401 %. Destaca-se que, a redução ocorreu nas primeiras décadas de estudo, onde chegou a 3,635 % em 2003 e 4,078 % em 2013. As áreas com solos expostos, se concentram próximas as cidades e ao longo do Rio Espinharas e, principalmente, na região sul da Sub-Bacia Hidrográfica.

As regiões de Solo Exposto (Figura 34) correspondem a locais utilizados para o plantio de sequeiro, criação de rebanho, mas também são áreas desmatadas, como o topo de um monte próximo a pedra do Tendo, em Teixeira, e a região onde fica entre as Serra dos Cariris e Borborema.

**Figura 34.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Rala. Onde: A – Área localizada em Areai de Baraúnas, com vegetação rasteira; B – Área localizada em Maturéia, próximo ao Pico do Jabre, com gramíneas e arbusto; C – Área localizada em São de José Espinharas, com vegetação rasteira e próximo a uma serra; D – Área localizada em São de José Espinharas, usado para pecuária extensiva, arbustos dispersos e solo exposto; E – Área localizada em São de José Espinharas, com gramíneas; e F – Área localizada em São de José Espinharas, arbustos dispersos e próximo a cidade.





Fonte: Autoria própria (2023)

Essas áreas se localizam em regiões que possuíram muita atividade agrícola e a deixaram, com isso a vegetação começou a ocupar o local. Da mesma forma, essa vegetação fica em transição com a Vegetação Semidensa e o Solo Exposto. Pereira et al. (2020), ao analisaram a Área de Proteção Ambiental da Onças (Paraíba), identificaram a presença de vegetação dispersa em várias partes da área de estudo, incluindo áreas de maior altitude e com menores atividades antrópicas, e o mesmo ocorre na Sub-Bacia do Rio Espinharas.

No tocante a Vegetação Semidensa (Figura 35), representa a vegetação arbustiva espaçadas, alguns exemplares arbóreos, matéria orgânica sobre o solo e gramínea nativa. A vegetação é a classe de vegetação que mais se destaca na região, a qual vem aumentando gradativamente no período em estudo, representava 37,433 %, em 1993, atualmente corresponde a 54,453 %, isto representa o aumento de aproximadamente 17 % de vegetação.

**Figura 35.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Semidensa. Onde: A – Área localizada em Passagem, morro com Vegetação Semidensa e áreas de lajeiro e

Vegetação Rala e Solo Exposto; B – Área localizada em próximo a Patos; C– Área localizada em de São José de Espinharas, com relevo ondulado, com exemplares da classe; D – Área localizada em Santa Gertrudes, distrito de Patos; E e F – Área localizada em Santa Terezinha, a classe de Vegetação Rala mudando para Semidensa; G e H – Área localizada em Serra Negra do Norte, serras com Vegetação Semidensa





Fonte: Autoria própria (2023)

Esta classe de vegetação apresenta uma diversidade de paisagens, e os principais exemplares são: Jurema (*Mimosa tenuiflora*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e Pereiro (*Spidosperma pyriformium*). Essas espécies, similarmente, foram identificadas em maior quantidade no trabalho de Souza et al. (2016), ao realizarem o estudo sobre fitossociológicos e dendrométricos em São José de Espinharas, concluindo que a região possui uma área de elevada densidade de baixo porte e baixa riqueza de espécies.

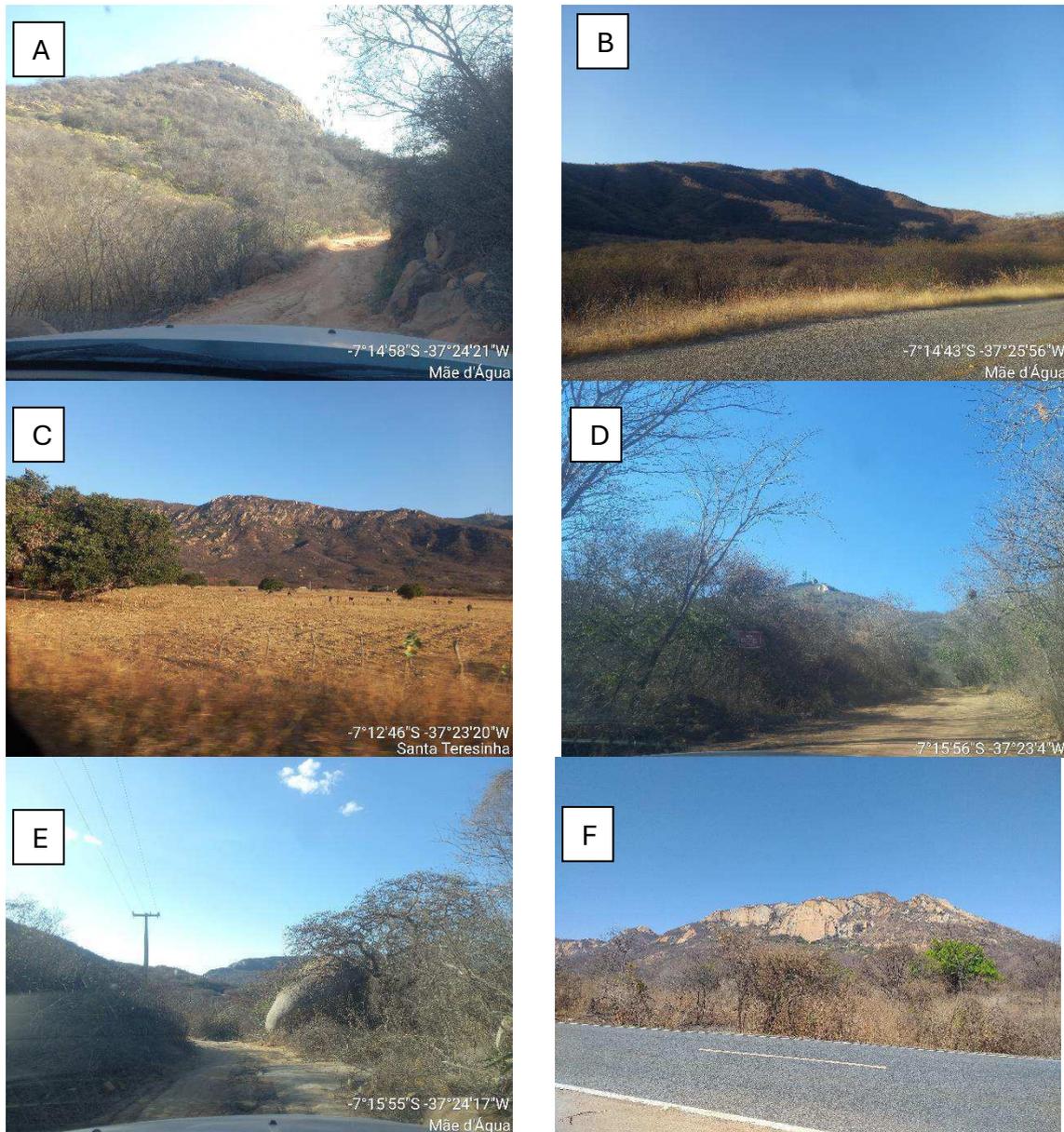
Observou-se em campo, que muitos locais as classes de vegetação estão em transição, solo exposto em muitos locais apresentam vegetação rala, enquanto que, a vegetação rala começa a se tornar semidensa, o que torna essas três classes com valores de *pixel* próximos para a classificação.

Em relação a Classe de Vegetação Densa, observa-se, que boa parte dessa classe foi suprimida, em 1993 correspondia a 8,601 % da área em estudo, e no intervalo de anos de análise, ela se recuperou, em 2003 ela passou para aproximadamente 19,606 % e em 2013, chegou a ocupar 26,671 % da área. Essa classe corresponde a áreas de serra, de difícil acesso, tornando as atividades agrícolas inviáveis. Notou-se que durante o estudo *in lócus*, são áreas de conservação em propriedades privada.

Para o ano de 2022, a Classe de Vegetação Densa (Figura 36) foi de 15,159%, ou seja, há expansão da vegetação densa, em relação a 1993 e há perda quando comparada com o ano de 2013. O aumento em 2013, pode ser explicado pela presença de chuvas no mês de julho e agosto em alguns municípios, influenciando assim a resposta de radiação eletromagnética - REM das imagens tornando o IVDN, com refletância alta.

**Figura 36.** Locais em que se observaram a Classe de Vegetação Densa. Onde: A e B – Área localizada em Mãe d'Água, serra em torno do Pico do Jabre; C – Área localizada em de Santa Teresinha, área plana com solo exposto e serra de difícil acesso com

vegetação densa; D – Área localizada em Maturéia, ao redor do Pico do Jabre; E – Área localizada em Mãe d'Água, serra em torno do Pico do Jabre; F – Área localizada em de São José de Espinharas, serra da APP Tronco;



Fonte: Autoria própria (2023)

Os trabalhos de Aquino e Oliveira (2012) e Ferreira et al. (2012), ao analisarem a dinâmica do IVDN, comparando os períodos chuvoso e de estiagem, inferiram que a chuva desempenha um papel em influenciar os resultados do NDVI, promovendo o crescimento da vegetação e valores mais elevados para os índices de vegetação. e Aquino et al. (2018), constataram em sua pesquisa que houve o aumento Classe Densa, indicando regeneração natural do estrato lenhoso, em razão ao abandono de áreas agrícolas.

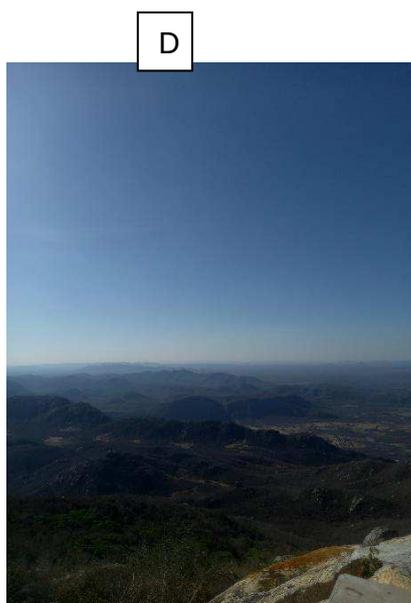
A Classe de Vegetação Muito Densa são resquícios de florestas e, localizam-se em locais de difícil acesso, como a serra da Borborema, Pico do Jabre e serra do Tronco,

possuem como exemplares arbóreos nativos. Os resultados corroboram com aqueles obtidos por Barreto et al. (2019), ao analisarem a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto Rio Paraíba, em que a vegetação mais densa da Caatinga, são resquícios florestais.

A Vegetação Muito Densa (Figura 37), ocupa a menor área da Sub-Bacia do Rio Espinharas, correspondendo a 1,182% em 2022, na análise realizada. Observou-se que, esta vegetação atingiu a área máxima de 1,559 % em 2013 e o mínimo de 1,17 % em 2003, no entanto, em 2013, houve período de chuvas no mês de julho e agosto, interferindo no resultado. No que tange ao ano de 1993, ela representava 1,193%, ou seja, houve alteração na área dessa classe, com redução.

**Figura 37.** As imagens abaixo: A, B, C, D, E e F, representam a subida da serra, onde se localiza o Pico do Jabre em Maturéia, com vegetação densa.





**Fonte:** Autoria própria (2023)

Pereira et al. (2020), destacam em sua pesquisa que houve redução da Classe Vegetação Muito Densa no município de Taperoá, sendo ela importante para manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos e sua redução pode levar à degradação ambiental e perda de *habitat* para a vida selvagem.

Além disso, percebe-se que a classe de Vegetação Muito Densa confunde com a mata ciliar ou o pasto cultivado próximo aos Rios, no qual, apresentam um alto grau de

desmatamento e conta com vegetação que não é nativa, como a Algaroba (*Prosopis juliflora*), no leito do rio.

Isso se dá pelo fato da vegetação ter um alto grau de refletância, em consequência, o logaritmo do classificador OBIA considera os *pixels* da região como Vegetação Muito Densa. O mesmo foi constatado por Nobrega et al. (2023), quando concluíram que no leito do Rio Espinharas possui muitos exemplares de Algaroba (*Prosopis juliflora*), possuindo alta refletância no IVDN.

Os pontos de Vegetação Densa são importantes para a manutenção da vegetação da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, pois são fragmentos florestais da bioma Caatinga, Silva Neto (2013), considera que os fragmentos florestais desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade, fornecendo habitat para várias espécies e contribuindo para a diversidade genética, no entanto, estão vulnerais a ação antrópicas, e é necessário compreender e conservar esses fragmentos florestais para proteger a flora, a fauna e o meio ambiente geral.

Um marco importante, é que em 2023, foi criado o Parque Nacional da Serra do Teixeira, Unidade de Conservação que envolve 12 municípios, primeiro no estado da Paraíba, com uma área aproximada de 61.095 hectares de Caatinga. (Sinimbu, 2023).

## 6.6 Degradação Ambiental

Com base nas análises feitas da precipitações, carga animal, produção agrícola, erosão do solo e a classificação da vegetação, realizou-se a classificação da degradação na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, quantificando as suas respectivas áreas.

Na Tabela 10, encontram-se as Classes de Degradação da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com suas respectivas de áreas em km<sup>2</sup> e em porcentagem, conforme o ano. Observa-se que a área de degradação Grave e Moderadamente Grave, em 1993 eram maiores, juntas correspondiam a 84,59 % da Bacia Hidrográfica, gradativamente essas classes de degradação foram reduzindo, chegando a menor em 2022, com 68 %.

**Tabela 10.** Classificação da Degradação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, com a área e a porcentagem correspondente, para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2022.

Classes de Degradação	1993		2003		2013		2022	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	2,709	0,08	6,112	0,19	3,081	0,09	20,484	0,62
Grave	1.022,227	31,07	653,779	19,87	701,406	21,34	271,245	8,24

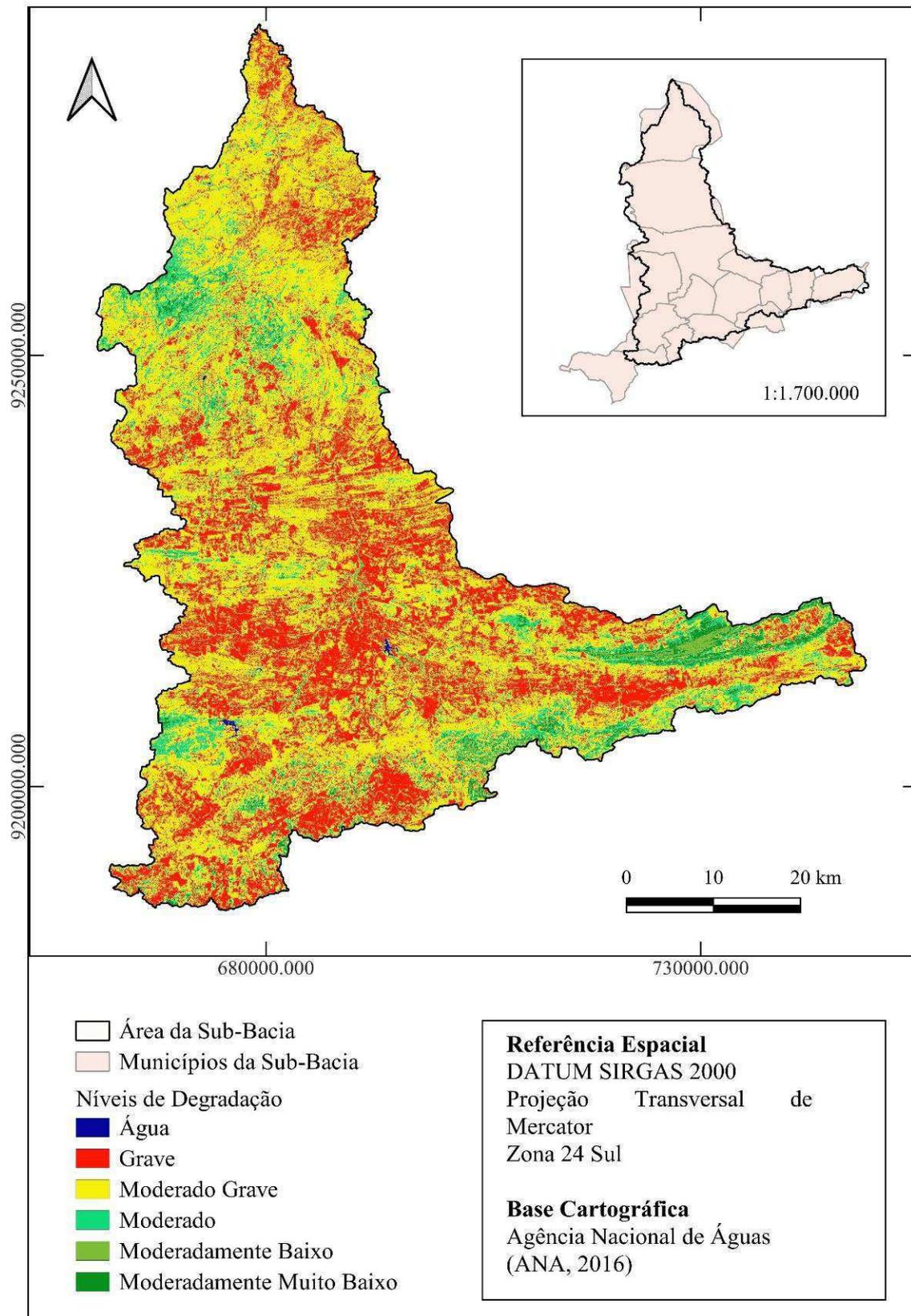
Moderadamente Grave	1.760,961	53,52	2.082,534	63,28	2.149,420	65,40	1.966,503	59,76
Moderado	326,584	9,93	422,186	12,83	367,814	11,19	851,692	25,88
Moderado Baixo	32,019	0,97	102,032	3,10	53,227	1,62	161,575	4,91
Moderado Muito Baixo	145,636	4,43	24,325	0,74	11,803	0,36	19,437	0,59
Área total	3290,136	100	3290,967	100	3286,749	100	3.290,94	100

No tocante a Classe de Moderado Baixo, do mesmo modo, ampliou as suas áreas, saindo de 0,97 % em 1993, para 3,10 % em 2003, reduzindo em 2013 para 1,62 %, e então chega a 4,91 % em 2022.

Em contrapartida, a Classe Moderado Muito Baixo reduziu a sua área, em 1993 ela possuía 4,43 % da área, foi reduzindo no decorrer dos anos, em 2003, ela passou para 0,74 %, com a menor área em 2013 com 0,36 %. Para o ano de 2022 ela teve um ligeiro aumento, passando a corresponder 0,59 % da área da Sub-Bacia, o que significa que os resquícios de mata da Caatinga estão comprometido e correspondem a pequenas áreas isoladas.

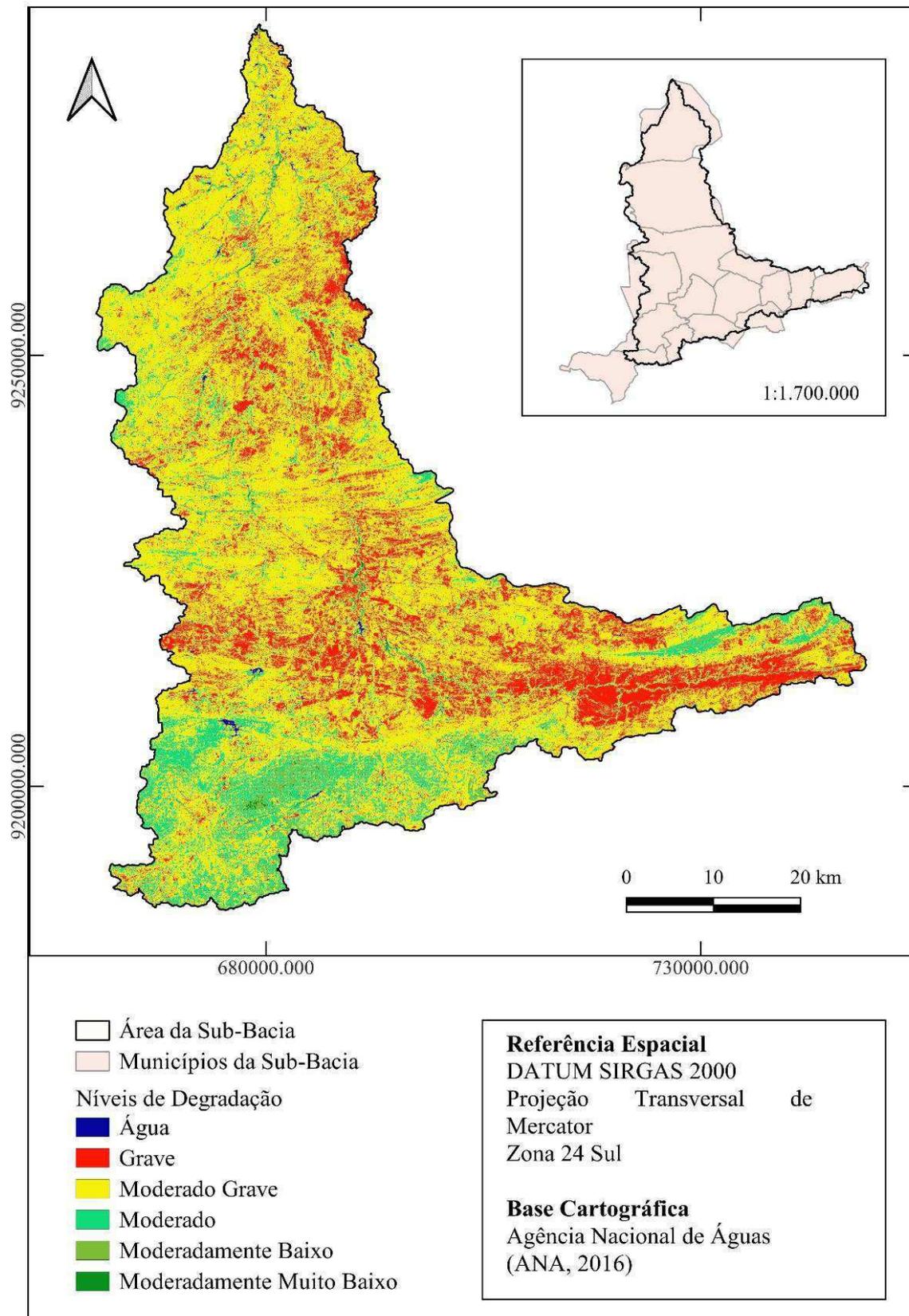
Para melhor entendimento e visualização das áreas que abrange a degradação na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, foram elaborados mapas das classes de degradação, figura 38 para o ano de 1993, figura 39 para o ano de 2003, figura 40 para o ano de 2013, figura 41 para o ano de 2022.

**Figura 38.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 1993, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo.



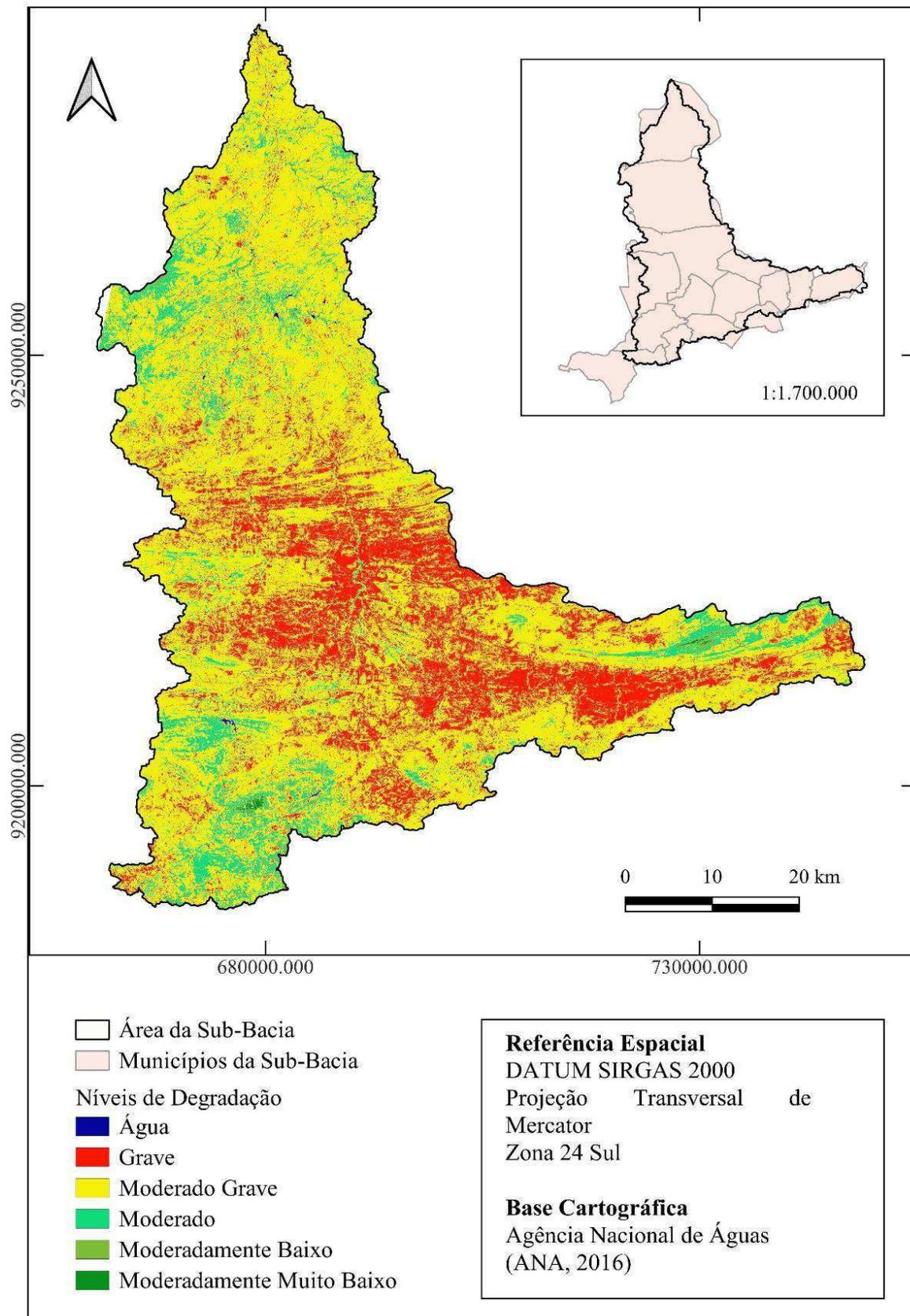
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 39.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2003, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo.



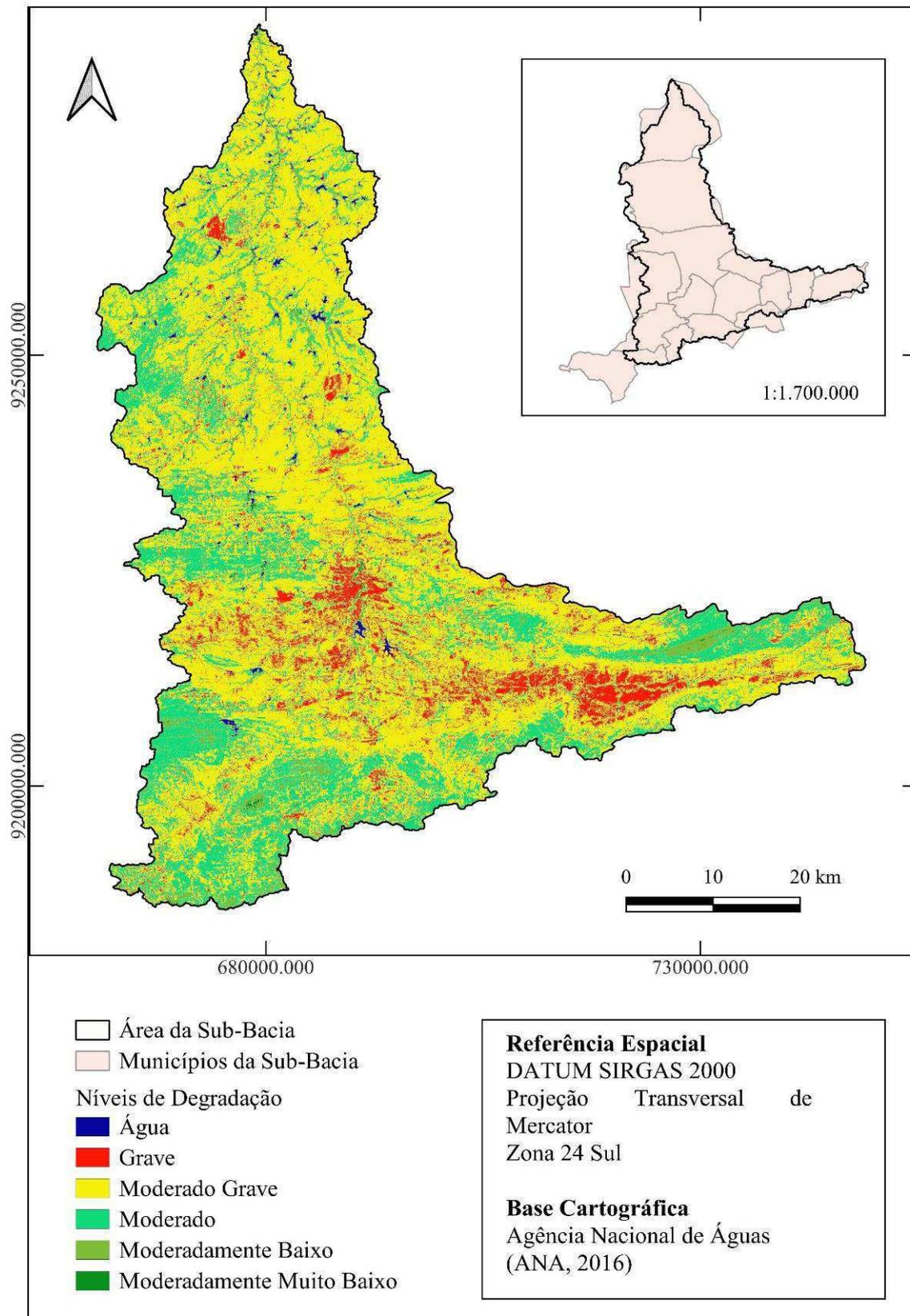
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 40.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2013, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo.



Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 41.** Classificação de Degradação na Sub-Bacia do Rio Espinharas para o ano 2022, com as suas respectivas Classes de Degradação, das quais são: Grave, Moderadamente Grave, Moderado, Moderado Baixo, Moderado Muito Baixo.



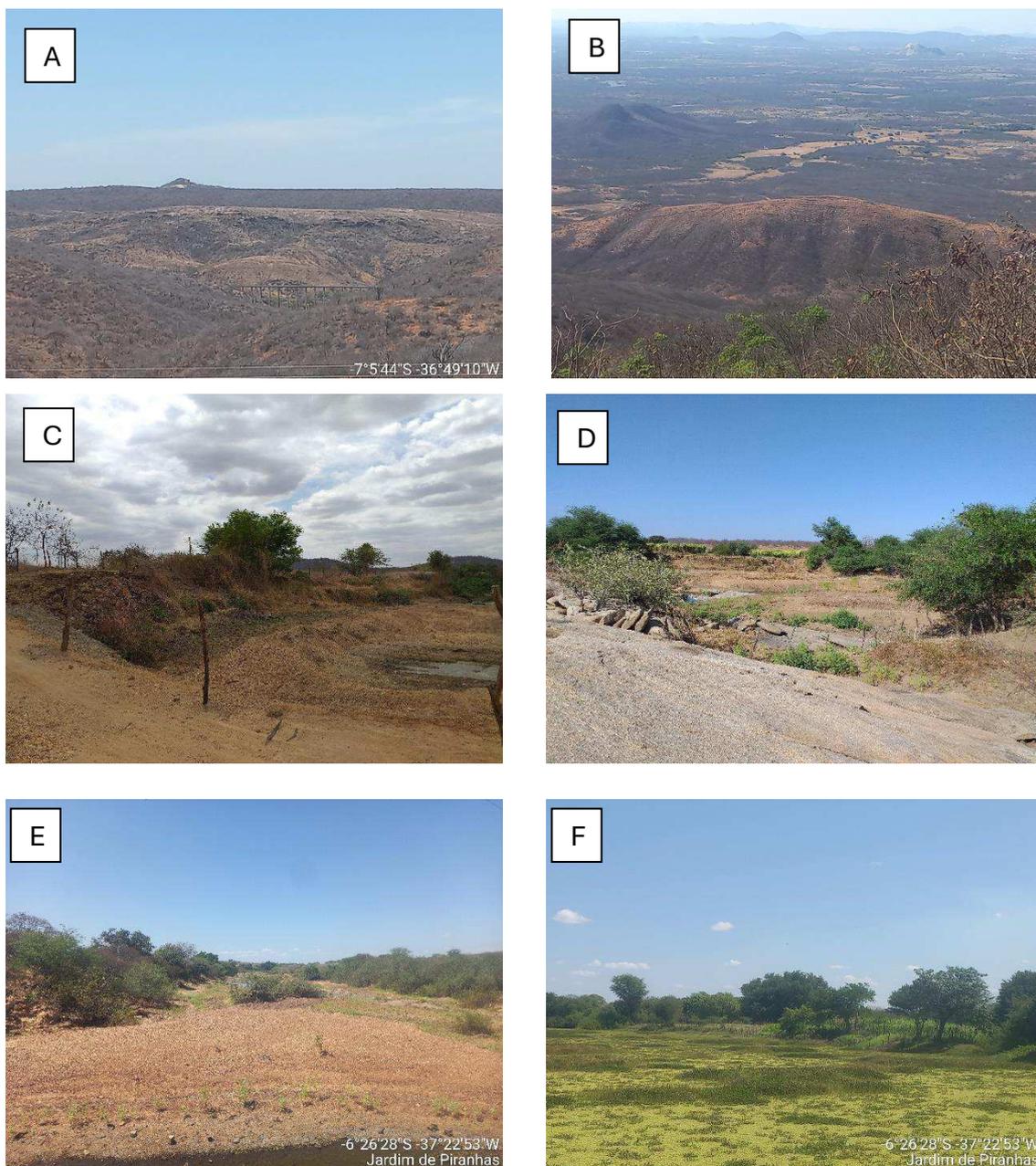
Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 40, nota-se que em 2013 a degradação grave reduziu a pequenas manchas na região norte, corresponde aos municípios de São José de Espinharas e Serra Negra, constata-se em 2022, na figura 41, que a degradação Grave se concentra principalmente nos municípios de Areia de Baraúna, Passagem, indo em direção a Cacimba de Areia, Patos e Santa Terezinha.

A degradação de Classe Grave, foi a que mais reduziu nas imagens estudadas, em 1993 ela ultrapassava mais de 1 mil km<sup>2</sup> da área em estudo, ocupando 31,07 % da área. E entre 2003 e 2013, essa classe reduziu e se manteve há uma área, relativamente, constante, com 19,87 % e 21,34%, respectivamente. Observa-se uma grande redução da Classe de Degradação Grave em 2022, representando 271,245 km<sup>2</sup>, ou seja, 8,24% da Sub-Bacia do Rio Espinharas.

As áreas que se encontram a classe de Degradação Muito Grave, se caracteriza por apresentar solo exposto, com erosão com apresentado na figura 42, relevo declivoso, vegetação de porte rala, poucos ou nenhum exemplar arbóreo. São lugares que há uso do solo, para a criação de animais e produção agrícola.

**Figura 42.** Locais em que se observaram a Classe de Degradação Muito Grave. Onde: A – Área sem cobertura vegetal em Salgadinho, com erosão; B – Vista de serra desmatada da Pedra do Tendor, serra desmatada e com erosão; C e D – Município de São José de Espinharas, trecho do Rio Espinharas, sem mata ciliar, sinais de extração de areia e erosão nas encostas; E e F – Serra Negra do Norte, Rio Espinharas, antes de desemborcar no Rio Piranhas, sinais de eutrofização, mata ciliar retirada, com pasto sendo cultivado (imagem E), e leito do rio assoreado



Francisco et al. (2019), destacaram que solos Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos, quando em estão em lugares com relevo mais elevados ou mais declivosos, os quais associam-se a alto grau de degradação da cobertura vegetal e alta erodibilidade do solo, por serem mais rasos, inclinados e, às vezes, de natureza abrupta. Isso se encontra nas regiões onde ocorre a Degradação Grave, principalmente, nos municípios de Passagem, Salgadinho e Quixaba, também são municípios que a cobertura vegetal está bastante desflorestada.

Similarmente, há trechos no Rio Espinharas e no entorno de açudes, que a Degradação Grave é notória, pois são locais utilizados para as atividades agrícolas, não possui mata ciliar ou está tomado por algarobas, e poluído por dejetos de esgoto urbano, provenientes das cidades, principalmente dentro da cidade de Patos (Figura 43).

Isso foi observado por Ramos et al. (2021), ao estudar áreas de preservação permanente em trecho da Sub-bacia do Rio Piranhas, constataram que a mata ciliar do Rio Piranhas possui perturbações significativas causadas pelas atividades antrópicas, com trechos desmatados, contaminação dos copos hídricos por químicos e eutrofização.

**Figura 43.** Trecho do Rio Espinharas em Patos, zona urbana, onde A – Vista sob a ponte, mata ciliar algaroba, Rio eutrofizado; B – Vista superior do Rio Espinharas, dentro do perímetro urbano, observa-se cultivo de pasto irrigado.



Fonte: Google Maps (2024)

A degradação de Classe Moderadamente Grave, é a classe que mais se destaca, por ocupar mais de 50 % da Sub-Bacia Hidrográfica, desde 1993. De 1993 para 2003, essa classe aumentou de 53,52% para 63,28 %, respectivamente, chegando a 65,40 % em 2013, ou seja, correspondo a 2149,420 km<sup>2</sup> da área em estudo. Esse aumento pode ser justificado pela redução da Classe Grave, fazendo com que algumas áreas se recuperem. E em 2022, reduziu para 59,76 %, continuando a ser a classe mais relevante na área em estudo.

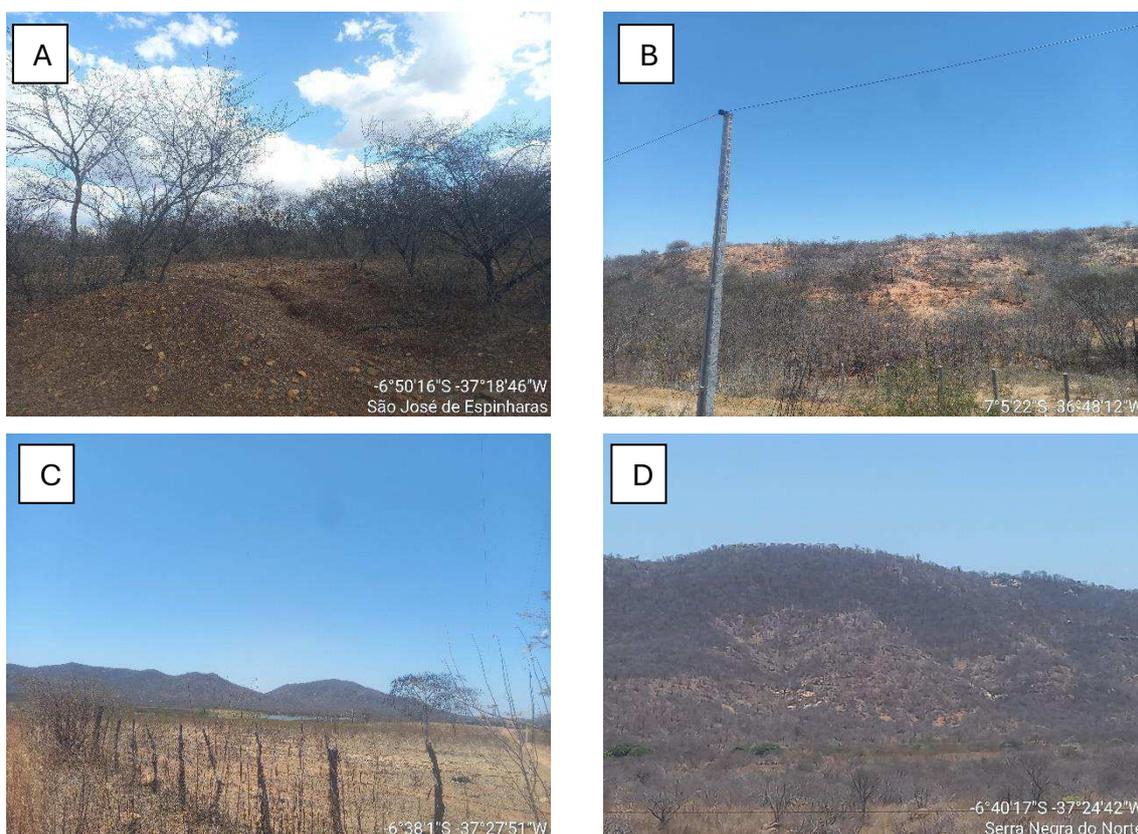
Aquino et al. (2018), expõe em seus estudos que a áreas degradadas, representadas por baixos valores de NDVI (entre 0 e 0,4), e Evangelista (2011), considera que os processos de ocupação e expansão das atividades produtivas, como pecuária extensiva e agricultura de subsistência, contribuiu para a degradação do bioma Caatinga.

De acordo com Machado (2008), os processos de desmatamento na Caatinga, um bioma no nordeste do Brasil, está em andamento desde o século XVI e continua até hoje, contribuindo para a degradação e em alguns lugares a desertificação. Por isso que a

degradação de Classe Moderado Grave, ainda é significativa, e é necessário mudar uma cultura que vem sendo reproduzida por anos.

Na figura 44, encontra-se exemplo da área da classe de Degradação Moderadamente Grave, apresenta erosão, vegetação de classe semidensa com transição da vegetação rala, com uma densidade populacional alta, uso do solo voltado para agropecuária e plantio de sequeiro, ocorrendo queimadas com mais frequência, durante o período de estiagem.

**Figura 44.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderadamente Grave. Onde: A e B – Município de São José de Espinharas, áreas apresentando pouca cobertura vegetal, sem proteção do solo e com erosão; C e D – Município de Serra Negra do Norte, trecho de serras, áreas solo descoberto e pouca vegetação sobre o solo até o açude, utilizada para pecuária (C), áreas apresentando pouca cobertura vegetal, sem proteção do solo e com erosão (D).



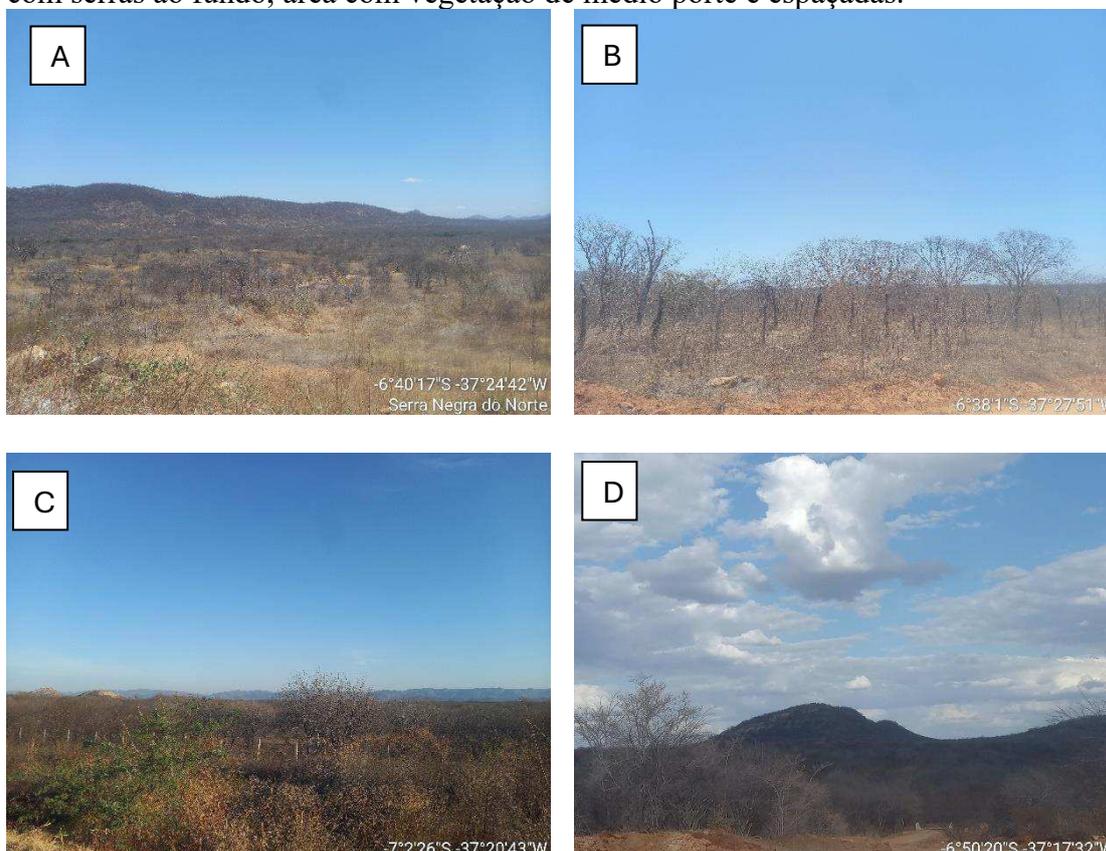
Com a redução das Classes de Degradação Grave e Moderadamente Grave, a Classe de Degradação Moderado vem aumentando, pouco a pouco, de 9,93 % em 1993, passou para 12,83 e 11,19 %, com pouca variação entre os anos de 2003 e 2013,

respectivamente. E posteriormente, passou a corresponder 25,88 % em 2022, com uma área de 851,692 km<sup>2</sup> da Sub-Bacia Hidrográficas.

Isso, provavelmente, se deu pela redução das áreas de lavouras, tanto permanentes como temporárias, e pela redução da pecuária em algumas áreas. Bem como a variabilidade e redução das chuvas, elencado a falta de conhecimento de manejo, levando a prejuízos, desestimulam pequenos agricultores. Igualmente, foi constatado por Aquino et al. (2018), e durante os períodos de seca, houve regeneração natural do estrato lenhoso devido ao abandono das áreas agrícolas.

A Classe de Degradação Moderado (Figura 45), apresenta vegetação de densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos; observou-se em campo que há lacais de serra, em locais declivosos, com presença de erosão laminar, com ou sem a presença de sulcos. Também tem funções econômicas, pois são utilizadas para pecuária extensiva, com densidade populacional média a alta.

**Figura 45.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado. Onde: A e B – Município de Serra Negra do Norte, áreas apresentando pouca cobertura vegetal, observa-se trechos com vegetação arbustiva de porte baixo a médio, solo coberto; C Município de Patos, com vegetação de baixo porte e D – Município de São José de Espinharas, trecho com serras ao fundo, área com vegetação de médio porte e espaçadas.



A Classe de Degradação Moderada Baixa, vem aumentando aos poucos, o que em 1993 era menos de 1%, em 2022 corresponde a 4,91 %, da área em estudo. Embora, 2003 ela aumentou para 3,10 %, logo regrediu de área para 1,62 % em 2013.

Vale salientar que o ano de 2013, foi bom de chuvas, ocorrendo precipitação até mês de julho, o que não justifica o aumento da degradação nesse período, Aquino et al. (2018), explicaram em sua pesquisa, que nos anos com chuvas acima da média, há um aumento significativo nas áreas degradadas devido ao uso de mais terras para a agricultura de subsistência.

As áreas correspondentes as Classes de Degradação Moderado Baixo (Figura 46), estão com uma densidade alta de vegetação, com locais em que não se utiliza para fins agropecuários. Observou em campo que esses locais são de difícil acesso, o que restringindo a ação antrópicas.

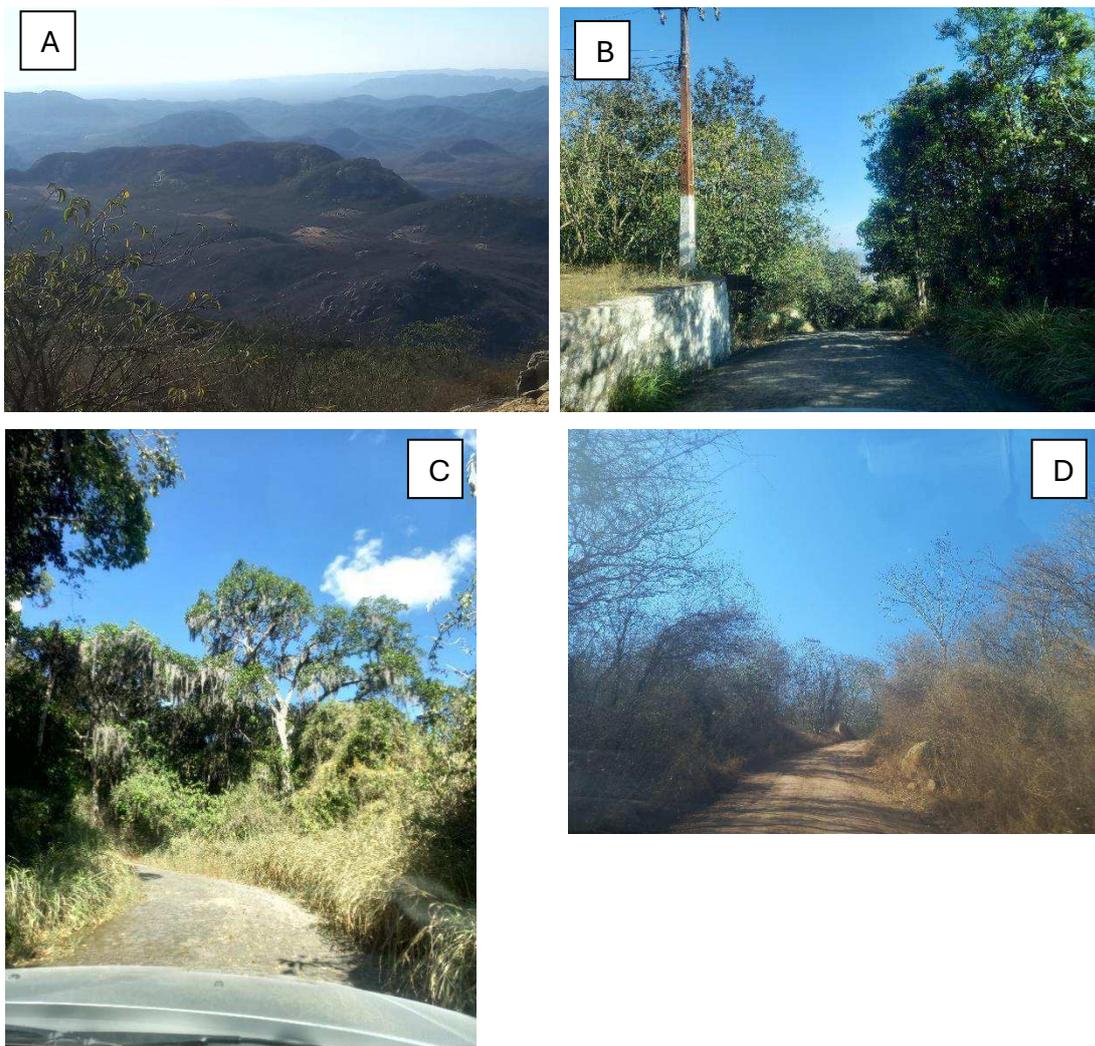
**Figura 46.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado Baixo. Onde: A e B – Imagens da serra na saída de Mãe d'Água para Santa Teresinha, observa-se vegetação densa, protegendo o solo, pouca ou nenhuma exploração econômica; C e D – Imagens da serra na saída de Maturéia (Pico do Jabre) para Mãe d'Água, serra de difícil acesso, com pouca exploração econômica.



A Classe de Degradação Moderadamente Muito Baixo, é uma classe que reduziu de área, saindo de 4,43 % em 1993, chegou a 0,74 e 0,36 % em 2003 e 2013, respectivamente. Representa 0,59 % em 2022, alcançando cerca de 19,437 km<sup>2</sup> da área em Sub-Bacia Hidrográfica.

Esta classe de degradação é a que representa a áreas menos degradadas, pois estão em áreas de difícil acesso, com vegetação de densidade alta, porte predominante arbóreo e arbustivo, localizam-se próximo ao pico do Jabre (Figura 47), Serra da Borborema e Serra do Tronco. Observou-se em campo, que mesmo sendo os locais mais preservados, com menos degradação da Sub-Bacia, e a interferência humana que possui, são caça, uso para telecomunicação.

**Figura 47.** Locais em que se observaram a Classe Degradação Moderado Muito Baixo. Onde: A – Imagens município de Maturéia, observa-se vista do Pico do Jabre, vegetação muito densa, pouca ou nenhuma exploração econômica, com propriedade no meio da serra; B – Vista da subida ao Pico do Jabre, nota-se postes, o local é utilizado para instalação de torres de telecomunicações; C – Vista da Subida Pico do Jabre; D – Imagens da serra para o Pico do Jabre, vegetação densa nas laterais da estrada.



As áreas de Degradação Moderado Muito Baixo, localizam-se em lugares de difícil acesso, mas não impede a extração do material linhoso da Caatinga, também de instalação de propriedades, como observado na figura 47, Imagem A.

Com a redução das Classes de Degradação Grave e Moderadamente Grave, e aumento das Classes de Degradação Moderado e Moderado Baixo, o que significa recuperação das paisagens naturais a Classe de Degradação Muito Baixo venha a aumentar com o decorrer dos próximos anos. Além disso, com a criação do parque Nacional da Serra de Teixeira, ajude na conservação dos ecossistemas e recuperação da flora e fauna. Fernandes et al. (2015), destaca a importância de considerar a contribuição das comunidades locais, para mitigar os impactos da degradação.

## 7. CONCLUSÕES

A média pluviométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, é de 689,62 mm, mas não representa a realidade dos municípios que a compõe, os municípios de Passagem, Areia de Baraúna e Salgadinho, são os que menos chove, possuem médias 602,37, 505,7 e 508,75 mm respectivamente, necessitando de mais projetos de captação e armazenamento de água. Enquanto Santa Terezinha e Teixeira possuem as maiores médias pluviométricas, com 834,41 e 824,88 mm.

Observa-se que dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, 9 possui dados para uma nova climatologia, dentre eles temos Cacimba de Areia-PB, Imaculada-PB, Mãe d' Água-PB, Passagem-PB, Patos-PB, Salgadinho-PB, Santa Teresinha-PB, São José de Espinharas-PB e Teixeira-PB.

A quantidade de cabeças de animais reduziu no período estudado, em 1995 era de 399.775, em 2006 era 66.973 e em 2017 de 344.039 cabeças, uma diferença de 55.736 cabeças de 1995 para 2017, tendo como principal atividade a bovinocultura. A caprinos vem aumentando, em 1995 era 19.947, para 35.932 cabeças, em 2017, o que representa mudanças nas atividades da agropecuária, mudando para criação de animais mais adaptados ao clima.

A carga animal em 1995 era em média 0,121 UA/ha, superior a capacidade de suporte em 10 municípios, os municípios de Passagem-PB, Patos-PB, Serra Negra do Norte-RN, os municípios que apresentam os valores mais altos, 0,206, 0,212 e 0,206 UA/ha respectivamente.

Em 2017, a carga animal estava em média 0,106 UA/ha, os municípios que apresentam a maior carga animal, são: Cacimba de Areia-PB, Cacimbas-PB, Imaculada-PB, Patos-PB, São José de Espinharas-PB, Serra Negra do Norte (RN) e Teixeira-PB, com 0,117, 0,147, 0,101, 0,147, 0,152, 0,146, 0,120 UA/ha, respectivamente.

É imprescindível o ajuste da carga animal de acordo com as condições locais de pastagem nativa e as espécies animais presentes na região do bioma Caatinga. É importante gerenciar de forma sustentável a pecuária nesse ambiente, garantindo a saúde dos animais, a conservação da vegetação nativa e a resiliência do ecossistema.

O plantio das lavouras permanentes reduziu, em 1995 era produzido 4.222 ha em 2017 representava 317 há, na década de 80, no ano de 1982 era colhido 101.390 ha. A lavoura temporária, era de 28.556 ha em 1995, passou para 13.836 ha em 2017, se destacando em 1979 com 63.833 ha, evidenciando a redução das atividades agrícolas das propriedades rurais, principalmente, a produção das lavouras permanentes, as quais, em alguns municípios deixaram de existir, notadamente, ocorre falta de manejo adequado e o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais.

A erosão de 0 a 1 t.ha-1.ano-1 219.818,51 ha, é a mais expressiva, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas. Enquanto a erosão alta e moderada, representa 13.307,23 e 27.975,87 ha, respectivamente, as mesmas, estão presentes em áreas elevadas e de solo exposto, as quais necessitam de práticas de conservação do solo e de vegetação, para evitar perda da qualidade e quantidade do solo.

As Classes de Solo Exposto e Vegetação Rala, reduziram suas extensões, de 576,775 e 1156,823 km<sup>2</sup>, em 1993, respectivamente, para 79,089 e 863,55 km<sup>2</sup>, em 2022, respectivamente. A redução dessas classes sugere a recuperação da vegetação, para uma classe que possui um nível maior de vegetação, como a Classe de Vegetação Semidensa, que em 2022 passou a ter 1793,646 km<sup>2</sup> da extensão.

A Classe de Vegetação Densa também aumentou, de 282,984 km<sup>2</sup> em 1993, atingindo 876,625 km<sup>2</sup> em 2013, e 15,159 km<sup>2</sup> em 2022, o acréscimo de 2013, sugere a interferência de precipitação um mês antes das imagens selecionada, alterando o resultado, pois a Caatinga tem uma alta resposta as chuvas. A classe de Vegetação Muito Densa, praticamente se manteve, em 1993 era de 39,253 km<sup>2</sup> e em 2017 correspondia a 38,928 km<sup>2</sup>, é a classe de vegetação que possui maior variedade de flora, com exemplares arbóreos nativos da Caatinga.

A Degradação Grave reduziu no período analisado de 1.022,227 km<sup>2</sup> para 271,245 km<sup>2</sup>, de 1993 para 2022. Para o mesmo período, as classes de degradação Moderadamente Grave, aumentou de 1.760,961 km<sup>2</sup> para 1.966,503 km<sup>2</sup>, a Moderada passou de 326,584 km<sup>2</sup> para 8 51,692 km<sup>2</sup>, e a Moderada Baixa de 32,019 km<sup>2</sup> para 161,575 % km<sup>2</sup>, o que demonstra a redução gradativa da degradação, mas ainda são necessárias ações para acelerar a recuperação dessas áreas, principalmente nas Classes de Degradação Grave e Moderadamente Grave.

No tocante a Classe de Degradação Moderado Muito Baixo ela diminuiu, em 1993, representava 145,636 km<sup>2</sup> da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, em 2022 era 19,437 km<sup>2</sup>, devido perturbação antrópica nessas áreas. Toda a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, requer medidas ambientais para recuperar ecossistemas degradados pelas atividades humanas.

A vegetação é um dos principais fatores para mensurar a degradação, quando há a recuperação e conservação dos biomas, observa-se a melhoria nas paisagens degradadas, a recuperação da fauna na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas foi de forma natural, com a redução das atividades agrícolas, todavia, vê-se a necessidade de manejo de recuperação de áreas degradadas.

## 8. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Águas – ANA. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2018.
- Agência Executiva de Gestão de Águas – AESA. Meteorologia. <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acessado dezembro de 2023.
- ALMEIDA, C. O., COELHO FILHO, M. A., de ALBUQUERQUE, A. F. A., ALVES, A., da SILVA, T. S. M. Mapeamento de unidades de produção com variedades de mandioca recomendadas pela Embrapa: biomas Caatinga e Mata Atlântica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura**, v. 1, p. 28. 2015.
- ANGELOTTI, F., FERNANDES JÚNIOR, P. I., SÁ, I. D. Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1097-1111, 2011.
- ALTHOFF, T. D. MENEZES, R. S. C., DE SIQUEIRA PINTO, A., PAREYN, F. G. C., DE CARVALHO, A. L., MARTINS, J. C. R., CARVALHO, E. X., SILVA, A. S. A, DUTRA, E. D., SAMPAIO, E. V. D. S. B. Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 254, p. 26-34, 2018.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- AMARAL, B. S. D. D. Análise espacial das perdas de solo no estado da Paraíba. Monografia, Universidade Federal da Paraíba, Campus I. 2016. João Pessoa – PB.
- AMARAL, F. G.; CRUZ, C. B. M.; CARDOSO, A. B. T. Descritores dinâmicos espectrais e Classificação por abordagem híbrida para estudos de Detecção de Mudanças. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, n. 1, 2021.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, v. 33, p. 1353–1367, 2018.
- AQUINO, C. M. S; OLIVEIRA, J. G. B. (2012). Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI **Raega-o espaço geográfico em análise**, nº 31, pp. 157 - 168, 2012.
- AQUINO, D. N., ROCHA NETO, O. C. D., MOREIRA, M. A., TEIXEIRA, A. D. S., & ANDRADE, E. M. D. Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 420-429, 2018.
- ARAGÃO, K. P. Degradação ambiental no entorno da alça sudoeste do município de Campina Grande-PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, 2018. Campina Grande – PB.
- ARAÚJO, G. H. DE S.; ALMEIDA, J. R. DE; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: [s.n.]. p. 320. 2005.

BALLÉN, L. C.; SOUZA, B. I. DE; LIMA, E. R. V. de. 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, 2016.

BARBOSA, A. J. S. D. S. Modelagem numérica-experimental da produção de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, PRODERNA/ITEC, da Universidade Federal do Pará. 2021, Belém-PA

BARBOSA, H. A., KUMAR, T. L., PAREDES, F., ELLIOTT, S., & AYUGA, J. G.. Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI normalized difference vegetation index (2008–2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 148, p. 235-252, 2019.

BARBOSA, M. P., NETO, J. M. M., FERNANDES, M. D. F., SILVA, M. J. Estudo da degradação das terras-município de Picos–PI. **Anais 13º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 21-26, 2007.

BARRETO, H. T. S., FRANCISCO, P. R. M., MORAES NETO, J. M., LIMA, V. L. A. Mapeamento da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto Rio Paraíba utilizando geotecnologias. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Palmas/TO (2019).

BEZERRA, U. A. FRANCISCO, P. R. M., DE MORAES NETO, J. M., & DE LIMA, V. L. A. Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI-Satélite Landsat-8 e MSI-Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 167-177, 2018.

BOAVENTURA, L. J. DE O.; PEREIRA, F. DE A. C. Classificação e análise de imagens multiespectrais do triênio 2018-2020 do bioma Pantanal : caso do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 02, n. 2, p. 79–98, 2021.

BUSTAMANTE, M. M. SILVA, J. S., SCARIOT, A., SAMPAIO, A. B., MASCIA, D. L., GARCIA, E., ... & NOBRE, C. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change : lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, p. 1249–1270, 2019.

CAMPANHOLA, C. **ABC da Agricultura Agricultura Familiar: Preservação e uso da Caatinga**. Brasília – DF. Embrapa, , 2004.

CHAVES, I. D. B., FRANCISCO, P. R. M., DE LIMA, E. R. V., CHAVES, L. H. G.. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 183–195, 2015.

CHAVES, M. E. D. MARTINS, F., MATAVELI, G., CONCEIÇÃO, K., BARROS, K., GUERRERO, J. Focos de calor no Cerrado e na Caatinga de Minas Gerais identificados por sensor orbital. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, n. 1, p. 42–54, 2021.

CONCEIÇÃO, K. V, MARTINS, F. C. M., CHAVES, M. E. D., MATAVELI, G. A. V., DE OLIVEIRA BARROS, K., GUERRERO, J. V. R. Técnica GEOBIA e as mudanças na paisagem de áreas naturais protegidas : estudo de caso no Parque Nacional

da Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, n. 1, p. 55–67, 2021.

COSTA, G. J. A.; RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada ( NDVI ) na avaliação da cobertura vegetal do município de regeneração , estado do Píauí , Brasil. **Revista GeoNordeste**, v. 2, p. 230–246, 2020.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

EVANGELISTA, A. D. R. S. (2011). O processo de desmatamento do bioma caatinga: riscos e vulnerabilidades socioambientais no território de identidade do sisal, Bahia. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47E). 2011.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P. de. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, n. March, p. 104079, 2019.

FERREIRA, J. M. S. FERREIRA, H. S., da SILVA, H. A., dos SANTOS, A. M., GALVÍNCIO, J. D. Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação de caatinga no município de Petrolina - PE **Revista Brasileira de Geografia Física** 04, 904-922. 2012.

FIGUEIREDO, J. M. ARAÚJO, J. M. D., LÚCIO, A. M. F. D. N., BAKKE, I. A., BAKKE, O. A. Herb recovery in degraded caatinga sites enriched with native trees. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1143–1156, 2017.

FRANCISCO, P. R. M., CHAVES, I. D. B., CHAVES, L. H. G., DE LIMA, E. R. V. . Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de caatinga através de índices de vegetação **Article. POLÊM!CA**, v. 12, n 2, n. January, p. 306–321, 2013.

FRANCISCO, P. R. M., CHAVES, I. D. B., NETO, J. M. D. M., DE LIMA, V. L. A., BARRETO, H. T. S. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto Rio Paraíba. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Palmas/TO. 2019.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. da P. Uma abordagem geoespacial e espectro-temporal da degradação ambiental no bioma caatinga na região de Xingó , Brasil. **Ciência & Trópico**, v. 41, n. 2, p. 97–128, 2017.

GALDINO, S., WEILL, M. D. A. M. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) para a bacia do Alto Taquari MS/MT. III Símpósio de Geotecnologias no Pantanal, 260-269. 2010.

GAMEIRO, S. TEIXEIRA, C. P. B., SILVA NETO, T. A., LOPES, M. F. L., DUARTE, C. R., SOUTO, M. V. S., ZIMBACK, C. R. L. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação ( NDVI , SAVI e IAF ) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe , CE. **Terrae**, v. 13, n. 2000, p. 8, 2016.

GIULIETTI, A. M. BOCAGE NETA, A. L., CASTRO, A. A. J. F., GAMARRA-ROJAS, C. F. L., SAMPAIO, E. V. S. B., VIRGÍNIO, J. F., ... & HARLEY, R. M. .

Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. [s.l.: s.n.]. v. Ip. 48–131. 2004.

GOMES, A. R. dos S., ALVES, J. M. B., SILVA, E. M. D., GOMES, M. R. D. S., & GOMES, C. R. D. S. Estudo da Relação entre a Variabilidade dos Índices de Vegetação e Temperatura da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 359–368, 2019.

GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; NETO, J. M. M. **Análise da degradação ambiental do município de Soledade utilizando índice de vegetação**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais...**2015

GUERRA, A., REIS, L. K., BORGES, F. L. G., OJEDA, P. T. A., PINEDA, D. A. M., MIRANDA, C. O., ... & GARCIA, L. C. Ecological restoration in Brazilian biomes : Identifying advances and gaps. **Forest Ecology and Management**, v. 458, n. November 2019, 2020.

GUIMARÃES, R. Z. LINGNAU, C., RIZZI, N. E., SCHEICHI, R. G., DE BIANCHI, R. C. Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do rio Campinas, Joinville SC. **Raega-o Espaço Geográfico em Análise**, 23.2011.

HUETE, A. R. A. A Soil-Adjusted Vegetation Index. **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295–309, 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia Espacial - IBGE, I. B. DE G. A E E.-. **O Brasil em Síntese**. <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/>>. Acessado em novembro de 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia Espacial - IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acessado em novembro de 2023.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: monitoramento do bioma Caatinga 2008 – 2009**. Brasília – DF. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2009

KOCH, R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; KLEINSCHMIT, B. Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil : Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. **Journal for Nature Conservation**, v. 35, p. 24–39, 2016.

LANZA, D. S. Diagnóstico da erosão laminar na alta e média bacia do rio Paraopeba. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2011, Belo Horizonte-MG.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 7. ed. [s.l.] Printed in the United States of America, 2015b.

LIMA, A. A. Diagnóstico turístico: o caso do município de Maturéia – PB. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Administração). Universidade Estadual da Paraíba. 2023.

LIMA, D. B. D. E. Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao

estudo de degradação ambiental da Serra da Meruoca - Ceará. 2014.

LIMA, F. C., LIMA, F. C. D., BASÍLIO, R. F., MORAIS NETO, J. B. Geoprocessamento na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Seridó – PB. **Revista Científica FAEMA**, v. 9, n. 1, p. 266, 2018.

LIMA, P. C. D. Novo rural na região imediata de Patos-PB: a construção de um livro paradidático para o 7º ano do ensino fundamental de geografia. Dissertação Mestrado Profissional. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2023. Caicó – RN.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

LINS, F. A. C., LINS, F. A. C., ARAÚJO, D. C. D. S., DA SILVA, J. L. B., LOPES, P. M. O., ANDREY, J. D. A. O. E., ... & DA SILVA, G. O. M. E. S. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **IRRIGA & INOVAGRI**, p. 64–75, 2017.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Ed. UNIDER ed. Campo Grande: [s.n.].

LOMBARDI NETO, F; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992

LUZ, L. R. GIONGO, V., SANTOS, A. M. D., LOPES, R. J. D. C., JÚNIOR, C. D. L. Biomass and vegetation index by remote sensing in different caatinga forest areas. **Ciência Rural**, v. 52, n. 2, 2021.

MARIANO, D. A., SANTOS, C. A., WARDLOW, B. D., ANDERSON, M. C., SCHILTMAYER, A. V., TADESSE, T., SVOBODA, 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.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da. Solos do Nordeste. Folhetos. EMBRAPA Solos. 2014

MASCARENHAS, J. C., BELTRÃO, B. A., & SOUZA JUNIOR, L. C. D. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Areia de Baraúnas, estado da Paraíba. 2005.

MEDEIROS, S. A., NÓBREGA, R. A., NETO MORAES, J. M., BARRETO, A. B., VASCONCELOS, G. N., DINIZ, R. R. S. Investigação da influência do El Niño e da La Niña sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Patos, Paraíba. *Revista brasileira de geografia física*, 13(01), 336-349. 2020

MELO, D. H. C. T. B., de MENDONÇA, L. F. F., SANTANA, J. O., RAIMUNDO, R. D. P. Evolução da observação da terra por Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 024, n. 2, p. 2–24, 2021.

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **Geografia**, v. 19, 2010.

MENESES, P. R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília - DF: UnB, 2012.

MINNEMEYER, S. et al. A World of Opportunity - A World of opportunities for Forest and Landscape Restoration. **World Resources Institute**, 2011.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga**. Ministério ed. Brasília – DF. 2011

MORAES NETO, J. M. DE et al. Análise das classes de cobertura vegetal no município de Taperoá - Paraíba. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018. **Anais...Maceió - AL: 2018**

MORAES NETO, J. M. DE. **Gestão de Risco a Desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Semiárido Paraibano: Uma Análise Comparativa**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, 2003. Campina Grande -PB

MORAES, R. Planejamento e diagnóstico de obras de captação de água em comunidades rurais do município de Soledade/PB. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina grande, 2017. Campina Grande -PB.

MOREIRA, J. N., JUNIOR, J. C. B. D., MELLO, A. C. L., MISTURA, C. Pastos e manejo do pastejo de áreas dependentes de chuva. In **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido** (pp. 233-252). Petrolina: Embrapa Semiárido. 2011.

NASCIMENTO, M. B do; MEDEIROS, M. D. de. Índices de severidade da seca no semiárido, Paraíba. **Mercator (Fortaleza)**, v. 21, p. e21024, 2023.

NÓBREGA, R. A., MORAES NETO, J. M., BARBOSA, M. P., LIMA, J. P., OLIVEIRA, L. D. Classificação da cobertura vegetal da caatinga através do processamento digital de imagens de satélite. **Caderno de Geografia**. v.33, n.74. 2023

NÓBREGA, R A. Planejamento de captação de água e diagnóstico de patologias em cisternas do assentamento no município de São José de Espinharas-PB. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande. 2018. Campina Grande -PB.

NÓBREGA, R. A. Geotecnologias aplicadas ao estudo espaço-temporal da degradação ambiental em São Jose de Espinharas – PB . Universidade Federal de Capina Grande. 2020. Campina Grande-PB

OLIVEIRA, M. L., SANTOS, C. A., DE OLIVEIRA, G., PEREZ-MARIN, A. M., SANTOS, C. A. Effects of human-induced land degradation on water and carbon fluxes in two different Brazilian dryland soil covers. **Science of the Total Environment**, v. 792, p. 148458, 2021.

OLIVEIRA, U. C. D. TEIXEIRA, L. F. D. C., SILVA, G. K. D., SILVA, M. V. M. D., FEITOSA, C. E. L., MAIA, A. M., ... & MENDES JÚNIOR, C. A. Estimativa e

especialização do Índice de Erosividade de Chuvas (Ei30) na sub-bacia do rio Coreaú. XXIV Simpósio Brasileiros de Recursos Hídricos. **Anais**. Ceará. 2021.

OLIVEIRA, U. C., CIDRAL, W. R. S., SILVA, I. S., EVANGELISTA, J. P. Distribuição espacial da perda de solo na bacia hidrográfica do rio Itacolomi, Ceará, Brasil. **Ciência Geografia** -Bauru, 23(2), 960-972. 2023.

OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M. **Classificação de IMAGENS SENTINEL-2 no Sistema QGIS 2.18**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.instrutorgis.com.br/wp-content/uploads/2018/05/QGIS\\_Classificacao\\_para\\_Sentinel2\\_2018.pdf](https://www.instrutorgis.com.br/wp-content/uploads/2018/05/QGIS_Classificacao_para_Sentinel2_2018.pdf)>.

PARENTE, L.; FERREIRA, L. Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016. **Remote Sensing**, v. 10, p. 606, 2018.

PEREIRA JÚNIOR, A.; PEREIRA, E. R. Degradação ambiental e a diversidade biológica/biodiversidade: uma revisão integrativa. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro**, v. 14, p. 530–543, 2017.

PEREIRA, J. A. V., SOUZA, Y. G., CORREIA, I. M. G., SOUZA, B. I. Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação savi e ndwi na área de proteção ambiental das onças, Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 278–298, 2020.

PEREIRA, J. A. V., SOUZA, Y. G., CORREIA, I. M. G., & SOUZA, B. I. Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI e NDWI na área de proteção ambiental das Onças, Paraíba, Brasil. *Revista de Geografia (Recife)*, 37(2). 2020.

PEREIRA, J. S., MORAES NETO, J. M., SILVA, V. F., ERIVANDO, A. Remote sensing applied in the vegetation cover analysis in the municipality of Taperoá–Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(03), 1381-1390. 2020.

Prefeitura Cacimba de Areia (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://cacimbadeareia.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://cacimbadeareia.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 4 de julho de 2023

Prefeitura Cacimbas (2023). Cacimbas, História/ Dados e informações. Disponível em: <<https://www.cacimbas.pb.gov.br/wp/cacimbas/>>. Acessado 20 de julho de 2023

Prefeitura de Areia de Baraúnas (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://areiadebaraunas.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://areiadebaraunas.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 20 de julho de 2023

Prefeitura de Imaculada (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://imaculada.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://imaculada.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 16 de julho de 2023

Prefeitura de Mão d'Água (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://maedagua.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://maedagua.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 15 de julho de 2023

Prefeitura de Maturéia (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://matureia.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://matureia.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 8 de julho de 2023

- Prefeitura de Patos (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://patos.pb.gov.br/governo\\_e\\_municipio/cidade](https://patos.pb.gov.br/governo_e_municipio/cidade)>. Acessado 20 de julho de 2023
- Prefeitura de Salgadinho (2023). História/ Dados e informações. <[https://salgadinho.pb.gov.br/governo\\_e\\_municipio/cidade](https://salgadinho.pb.gov.br/governo_e_municipio/cidade)>. Acessado 10 de julho de 2023
- Prefeitura de Santa Teresinha (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://santaterezinha.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://santaterezinha.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 10 de julho de 2023
- Prefeitura de São José de Espinharas (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://saojosedeespinharas.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://saojosedeespinharas.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 5 de julho de 2023
- Prefeitura de São José do Bonfim (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://saojosedobonfim.pb.gov.br/a\\_cidade/historia](https://saojosedobonfim.pb.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 4 de julho de 2023
- Prefeitura de Serra Negra do Norte (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <[https://serranegra.rn.gov.br/a\\_cidade/historia](https://serranegra.rn.gov.br/a_cidade/historia)>. Acessado 5 de julho de 2023
- Prefeitura de Teixeira (2023). História/ Dados e informações. Disponível em: <<https://www.teixeira.pb.gov.br/a-cidade/historia>>. Acessado 4 de julho de 2023
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro - IDHM. – Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013.
- RAMOS, G. G., ANJOS, D. M., DE LIMA, J. R., DOS SANTOS VASCONCELOS, G., & RIBEIRO, I. R. Uso de geotecnologias para determinação de áreas de preservação permanente em trecho da Sub-bacia do Rio Piranhas, Semiárido, Brasil. **Research, Society and Development**, v.10, n. 12. 2021.
- RÊGO, S. C. A. LIMA, P. P. S., LIMA, M. N. S., MONTEIRO, T. R. R.. Análise comparativa dos índices de vegetação ndvi e savi no município de São Domingos do Cariri-PB. **REVISTA GEONORTE**, v. 2, n. 4, p. 1217–1229, 2012.
- RITO, K. F., ARROYO-RODRÍGUEZ, V., QUEIROZ, R. T., LEAL, I. R., & TABARELLI, M. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, p. 828–838, 2017.
- ROCHA, C. P. F., OLIVEIRA, E. P., MACHADO, F. L.V., LADISLAU, F. F.,...ACCIOLY, S. M. L. **Práticas em geoprocessamento com o qgis**. 2 ed ed. Belo Horizonte - MG: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável., 2019.
- RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espacos livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de geografia**, v. 26, n. 45, p. 134–150, 2016.
- SÁ, I. I. S., GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; SA, I. B.. Avaliação da Degradação Ambiental na Região do Araripe Pernambucano Utilizando Técnicas de

Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1292–1314, 2011.

SCHULZ, C., KOCH, R., CIERJACKS, A., & KLEINSCHMIT, B. Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain e Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products ( 2001 e 2012 ). **Journal of Arid Environments**, v. 136, p. 54–74, 2017.

SCHULZ, K., GUSCHAL, M., KOWARIK, I., ALMEIDA-CORTEZ, J. S., SAMPAIO, E. V., CIERJACKS, A. Grazing , forest density , and carbon storage : towards a more sustainable land use in Caatinga dry forests of Brazil. **Regional environmental change**, 18, 1969-1981.2018.

SCHULZ, K. GUSCHAL, M., KOWARIK, I., ALMEIDA-CORTEZ, J. S., SAMPAIO, E. V. S. B., CIERJACKS, A. Grazing reduces plant species diversity of Caatinga dry forests in northeastern Brazil. **Applied Vegetation Science**, v. 22, n. 2, p. 348–359, 2019.

SENA, L. M. M. DE. **Conheça e Conserve a Caatinga - O Bioma Caatinga**. 1. ed. [s.l: s.n.].

SFAIR, J. C., BELLO, F., FRANÇA, T. Q., BALDAUF, C., TABARELLI, M.. Chronic human disturbance affects plant trait distribution in a seasonally dry tropical forest. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 2, 2012.

SHIRATSUCHI, L. S., BRANDAO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. de C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VILELA, M. de F. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: **AGRICULTURA DE PRECISÃO: RESULTADOS DE UM NOVO OLHAR**. Brasília, DF : Embrapa, : [s.n.]. p. 58–73.

SIEGMUND-SCHULTZE, M. A multi-method approach to explore environmental governance: a case study of a large, densely populated dry forest region of the neotropics. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 1539–1562,2021.

SILVA JÚNIOR, J. A. DA; MORAES, V. S. DE. Análise de Acurácia para o Mapeamento de Incêndios Florestais em Terras Indígenas Brasileiras Utilizando Classificação por Árvore de Decisão Baseado Accuracy Analysis for Mapping Forest Fires in Brazilian Indigenous Lands Using Decision Tree Classificatio. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 3, p. 12–28, 2021.

SILVA NETO, B. Perda da vegetação natural na Chapada do Araripe (1975/2007) no estado do Ceará. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2013. Rio Claro - SP.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga , the largest tropical dry forest and woodland block in South America. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, p. 1–22, 2018.

SILVA, A. P. N., MOURA, G. B. D. A., GIONGO, P. R., & DA SILVA, A. O. (2009). Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, 22(4), 195-205.

SILVA, B. H. R.; SILVA, R. N. F. Avaliação de impactos ambientais em áreas de mineração com o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ( NDVI ): estudo de caso para a região de Paracatu ( Minas Gerais ). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 017, p. 2–17, 2021.

SILVA, G. J. F. DA; MACÊDO, M. L. A. DE; SILVA, R. M. DA. Caracterização espaço-temporal das tipologias vegetais em ambiente de caatinga degradada : quantificação por meio de variáveis biofísicas Caracterização espaço-temporal das tipologias vegetais em ambiente de caatinga degradada : quantificação por meio de. n. September, 2019.

SILVA, J. M. C.A., TABARELLI, M., FONSECA, M. T., LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382 p..

SILVA, R. M., R., SANTOS, C. A., MARANHÃO, K. U. A., SILVA, A. M., LIMA, V. R. P. 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, 2018.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; DE MENDONÇA, I. F. C. Alteration in the vegetation cover in Sub-Basin of River Espinharas from 2000 to 2010/Alteracao da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 202, 2014.

SIMÕES, E. M. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NVDI) associada às variáveis pluviométricas para sub-bacia do Rio Espinharas, PB/RN. Universidade Federal de Campina Grande, 2017. Patos-PB.

SIMÕES, E. M.; LIMA, J. R. DE; MENDONÇA, I. F. C. DE. Índice de vegetação por diferença normalizada associado às variáveis pluviométricas para a sub-bacia do Rio Espinharas – PB / RN Normalized difference vegetation index associated with pluviometric variables for Espinharas River sub-basin - PB / RN States. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 106–114, 2021.

SINIMBU, F. Parque Nacional da Serra do Teixeira é criado na Paraíba. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-06/parque-nacional-da-serra-do-teixeira-e-criado-na-paraiba>>. Acessado em 08 de setembro de 2023.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006). Solos: <[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104)>. Embrapa\_Solos. Acessado em 22 de setembro de 2023.

Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Acervo**. <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acessado em abril de 2023

SOARES FILHO, B. S. **Interpretação de Imagens da Terra**. Curso de Especialização e, Geoprocessamento. Universidade Federal de Minas Gerais 2000.

SOUZA, P. F., SILVA, J. A., LUCENA, D. S., SANTOS, W. S., HENRIQUE, I. G. N., LUCENA, M. F. A., SOUZA, A. D. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de caatinga, São José de Espinharas – PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1317-1330, out.-dez., 2016.

SOUSA, L. B, MONTENEGRO, A. A. A., SILVA, M. V., ALMEIDA, T. A. B., CARVALHO, A. A., SILVA, T. G. F., LIMA, J. L. M. P. Spatiotemporal Analysis of Rainfall and Droughts in a Semiarid Basin of Brazil: Land Use and Land Cover Dynamics. **Remote Sensing**, v. 15, n. 10, p. 2550, 2023.

SPECHTA, M. J., SANTOS, B. A., MARSHALL, N., MELO, F. P. L., LEAL, I. R., TABARELLI, M., & BALDAUF, C. Socioeconomic differences among resident, users and neighbour populations of a protected area in the Brazilian dry forest. **Journal of Environmental Management**, v. 232, n. July 2018, p. 607–614, 2019.

TAVEIRA, M. S. Inventário turístico: Serra Negra do Norte/RN / - Currais Novos, RN: UFRN/FELCS, 2023.

TEODORO, V. L. I., TEIXEIRA, D., COSTA, D. J. L., FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, v. 20, 2007.

TERRA, L. G., SCHIAVO, B. N. V., DE BORBA, W. F., & DUARTE, M. M.. Geoprocessamento algébrico utilizado na caracterização da fragilidade ambiental do município de Santiago-RS. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n 57, p. 167–174, 2016.

USGS, U. S. G. S.-. **U.S. Geological Survey - USGS**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 3 jan. 2020.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. DOS. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. [s.l.] Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais, 1982.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In *Applications of Soil Physics*; Academic Press: New York, NY, USA, 1980.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Predicting Rainfall-Erosion losses from Gopland East of the Rocky Mountains. *Agricultural Handbook* 282, 47p. 1965.

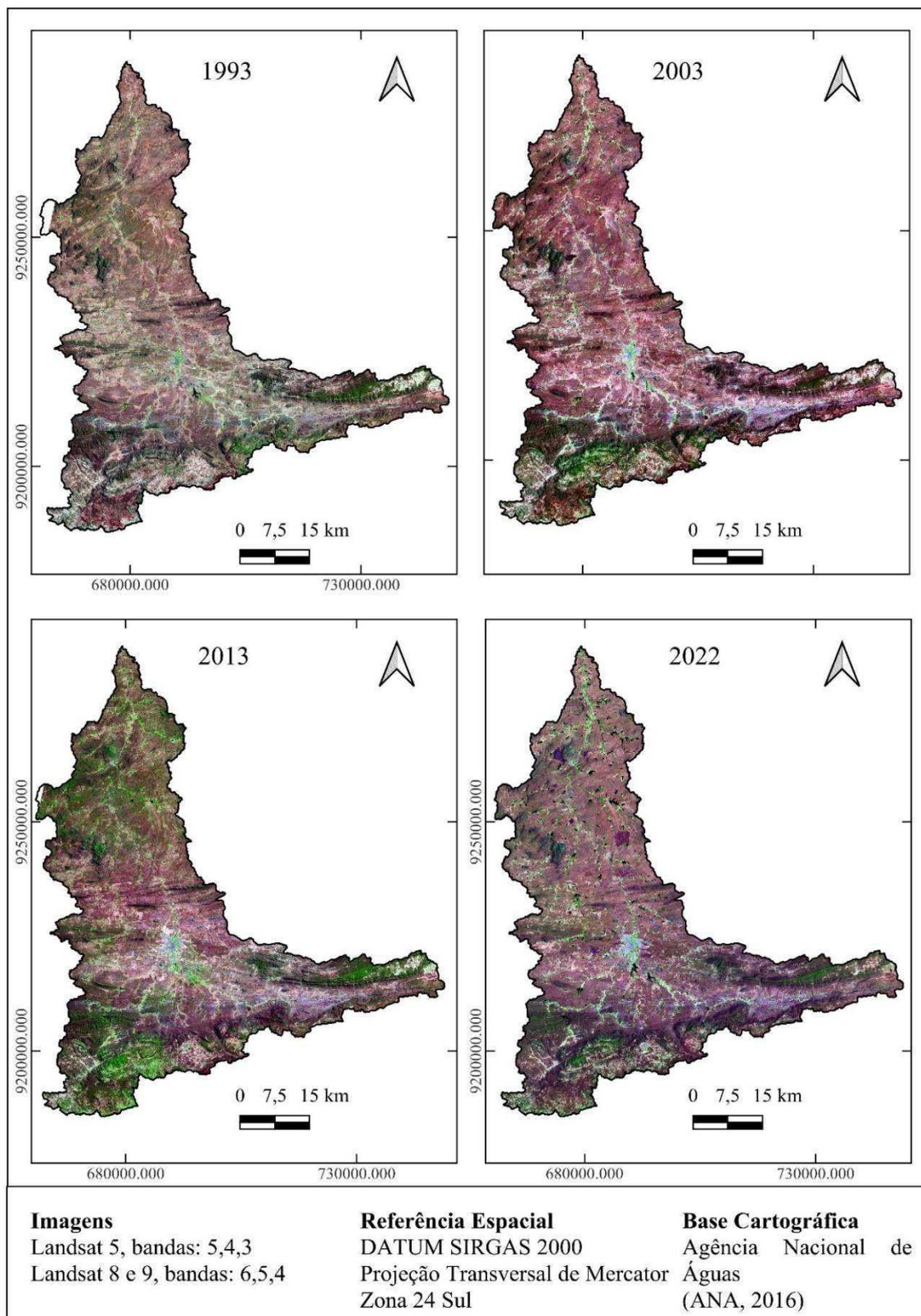
WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. In: *Agricultural Handbook*, n 537. USDA, Washington. –D.C, 57 p. 1978.

ZHANG, X., WU, B., LING, F., ZENG, Y., YAN, N., & YUAN, C. Identification of priority areas for controlling soil erosion. *Catena*, 83(1), 76-86. 2010

## Anexos

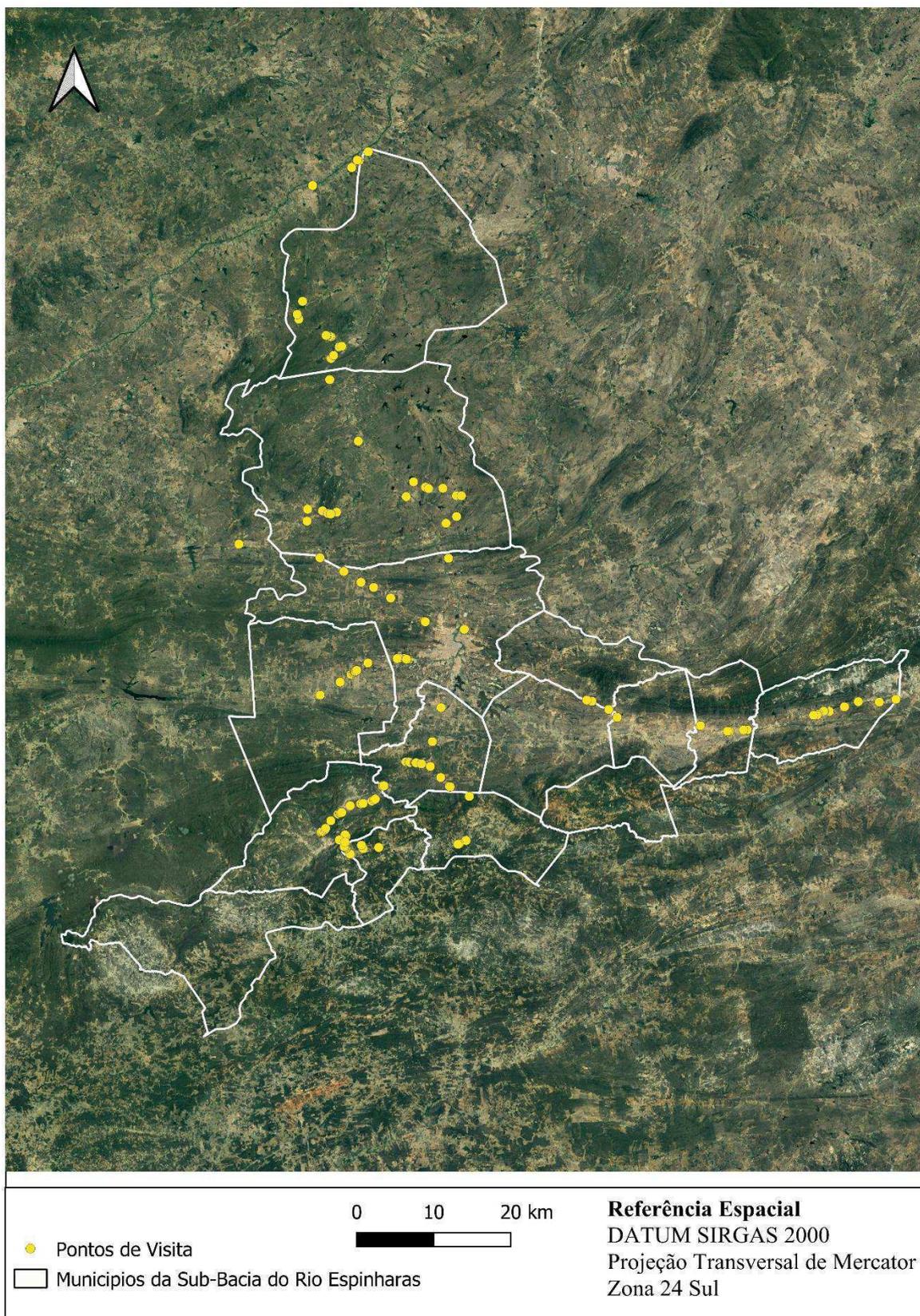


**Anexo 2.** Mapas com a representação gráfica das imagens coloridas, para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2022.



Fonte: Própria autoria (2023)

**Anexo 3.** Mapa com a representação gráfica da visita de campo, representado pelos pontos.



Fonte: Autoria própria (2023)

**Anexo 4. Precipitação média mensal e estatística básica dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas.**

Área de Baraúnas														
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8		
2005	18	31,2	253,9	0	0	0	0	0	0	0	0	11,6		
2006	0	120,5	298	214,9	157	31,9	0	0	0	0	0	0		
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2013	13,2	0	54,4	104,5	0	21,7	8,5	0	0	0	31,4	54,4	288,1	
2014	0	41,5	150	116,4	7,7	0	0	0	0	0	0	0	315,6	
2015	0	87,7	117,2	40,3	0	0	0	0	0	0	0	23,3	268,5	
2016	236,7	50	128,3	28,5	22,2	0	0	0	0	0	0	0	465,7	
2017	0	159,3	61,2	140	0	0	0	0	0	0	0	0	360,5	
2018	63,2	255,2	200,7	190,8	5,3	0	0	0	0	0	52	10,2	777,4	
2019	79,4	183,3	186,3	24,8	122,4	4	7,5	0	0	0	0	0	607,7	
2020	103,5	115,7	172	94,6	73,1	10,6	0	0	0	22	20	0	611,5	
2021	0	113,3	83,7	226,6	7,8	4,1	7,5	0,8	0	0	0	42,7	486,5	
2022	108,9	82,8	181,6	138,3	31,7	41,3	7,8	20,7	0	0	120,4	34	767,5	
2023	48,5	151	295,5	37,3	14,1	12,5								
Estatísticas														
Média anual (mm)	44,76	92,77	145,52	90,47	29,42	8,41	2,24	1,54	0,00	1,57	15,99	12,79	494,90	
Mediana anual (mm)	13,20	87,70	150,00	94,60	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	476,10	
Máxima anual (mm)	236,70	255,20	298,00	226,60	157,00	41,30	8,50	20,70	0,00	22,00	120,40	54,40	777,40	
Mínima anual (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	268,50	
Desvio Padrão	64,13	72,25	91,98	76,49	47,49	12,74	3,54	5,32	0,00	5,67	32,74	17,81	180,44	
CV (%)	143,28	77,89	63,21	84,55	161,44	151,57	158,42	346,37	0,00	360,56	204,82	139,27	36,46	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	0,00	50,00	117,20	37,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	%
Valores baixo de 10 mm	7,00	3,00	2,00	3,00	9,00	10,00	14,00	13,00	14,00	13,00	10,00	8,00	106,00	58,89

Valores acima de 100 mm	3,00	7,00	10,00	7,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	30,00	16,67
Valores acima de 50 mm	5,00	9,00	13,00	8,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00	41,00	22,78
Valores igual a zero mensal	7,00	3,00	2,00	3,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	13,00	10,00	7,00	95,00	52,78

Cacimba de Areia													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	125,0	241,7	284,4	79,2	34,1	30,0	0,0	3,9	2,0	0,0	0,0	48,2	848,5
1995	56,0	163,4	225,6	101,7	167,8	15,8	1,0	0,0	0,0	0,0	22,5	15,6	769,4
1996	43,3	114,4	205,4	144,0	152,2	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	671,0
1997	154,6	21,8	176,5	149,2	55,5	7,2	13,0	0,0	0,0	0,0	1,7	47,7	627,2
1998	269,4	24,2	50,6	71,3	10,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	428,3
1999	15,3	55,5	287,1	0,0	351,0	3,2	15,4	0,0	0,0	23,0	43,5	117,6	911,6
2000	113,3	152,9	110,9	103,3	31,7	10,0	17,6	34,4	62,2	0,0	14,7	43,4	694,4
2001	31,6	45,8	146,3	95,0	8,6	60,6	0,0	0,0	7,3	0,0	1,0	10,4	406,6
2002	258,2	109,8	129,6	148,4	75,8	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	745,3
2003	100,6	135,8	166,9	52,4	50,1	20,4	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	530,8
2004	537,8	151,5	17,4	18,6	31,7	12,2	23,0	0,0	8,8	0,0	0,0	13,4	814,4
2005	43,8	103,0	202,0	24,8	12,4	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,4	552,4
2006	0,0	177,0	243,2	298,0	131,1	30,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	879,8
2007	0,0	217,5	55,7	62,3	56,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	493,2
2008	43,7	48,8	561,3	174,9	226,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1064,5
2009	143,0	121,1	255,6	374,3	334,5	28,0	5,0	30,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1292,0
2010	140,7	78,7	100,4	60,6	10,0	74,4	0,0	0,0	0,0	100,7	0,0	104,0	669,5
2011	265,0	169,1	83,3	135,9	121,3	0,0	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	809,4
2012	2,0	53,2	18,2	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,6
2013	169,4	6,3	35,5	89,4	4,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	66,9	384,2
2014	0,0	33,7	336,2	186,3	101,7	6,5	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	719,5

2015	0,0	22,6	110,0	92,1	0,0	0,0	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	296,3	
2016	281,0	40,4	326,0	18,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	672,1	
2017	69,2	32,4	161,8	189,7	22,0	13,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,6	7,5	502,6	
2018	75,6	214,0	104,5	164,5	46,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	7,0	45,5	667,0	
2019	108,9	300,5	220,9	248,6	103,7	5,7	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1008,1	
2020	96,5	301,2	335,8	194,6	173,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,5	0,0	1178,5	
2021	5,5	125,0	93,7	154,7	48,4	1,3	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	52,2	488,5	
2022	134,5	117,8	247,6	115,6	24,7	15,6	10,3	30,1	0,0	1,5	123,1	120,1	940,9	
2023	23,3	134,4	219,8	167,3	20,7	11,3								
<b>Estatísticas</b>														
Média anual (mm)	110,24	117,12	183,74	123,82	80,41	15,38	7,18	3,51	2,77	4,65	10,34	34,08	695,09	
Mediana anual (mm)	86,05	116,10	171,70	109,45	47,30	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,40	672,10	
Máxima anual (mm)	537,80	301,20	561,30	374,30	351,00	74,40	34,80	34,40	62,20	100,70	123,10	124,40	1292,00	
Mínima anual (mm)	0,00	6,30	17,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,60	
Desvio Padrão	116,18	80,09	116,40	84,69	91,48	17,55	10,05	9,62	11,42	18,70	26,68	41,13	260,94	
CV (%)	105,39	68,39	63,35	68,40	113,78	114,10	140,01	274,43	0,00	401,95	258,08	120,69	37,54	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	5,50	33,70	83,30	52,40	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	488,50	
Valores baixo de 10 mm	6,00	1,00	0,00	2,00	5,00	14,00	20,00	26,00	28,00	27,00	24,00	13,00	166,00	46,89
Valores acima de 100 mm	14,00	18,00	23,00	17,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	4,00	88,00	24,86
Valores acima de 50 mm	18,00	21,00	27,00	25,00	14,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	7,00	118,00	33,33
Valores igual a zero mensal	4,00	0,00	0,00	2,00	2,00	6,00	15,00	24,00	25,00	25,00	18,00	12,00	133,00	37,57

<b>Cacimbas</b>													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004												33,9	
2005	27,5	32,4	206,2	25,1	26,8	98,7	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	135,8	565,5



Valores baixo de 10 mm	4,00	0,00	1,00	1,00	3,00	9,00	9,00	14,00	17,00	15,00	14,00	10,00	97,00	41,45
Valores acima de 100 mm	6,00	7,00	14,00	10,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	45,00	19,23
Valores acima de 50 mm	8,00	14,00	16,00	15,00	11,00	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,00	4,00	75,00	32,05
Valores igual a zero mensal	4,00	0,00	0,00	1,00	3,00	4,00	8,00	12,00	15,00	15,00	13,00	8,00	83,00	35,47

Imaculada													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	151,4	161,7	311,5	117,6	124,1	143,7	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1028,5
1995	62,9	140,0	105,9	217,5	203,9	33,1	59,9	15,5	0,0	0,0	145,4	0,0	984,1
1996	41,4	131,6	127,0	250,6	148,3	89,2	18,7	14,8	0,0	0,0	4,5	4,7	830,8
1997	178,3	38,1	117,0	125,8	74,0	0,0	40,5	34,2	0,0	0,0	23,3	121,9	753,1
1998	45,5	0,0	75,5	31,3	4,2	0,0	16,1	5,5	0,0	0,0	0,0	3,8	181,9
1999	56,4	32,4	110,9	21,9	151,3	25,1	18,7	0,0	0,0	8,6	39,2	108,2	572,7
2000	57,1	118,4	142,5	165,5	36,7	36,2	65,0	19,4	13,6	0,0	0,0	68,3	722,7
2001	7,5	17,8	200,8	77,9	0,0	36,0	21,0	4,0	0,0	20,0	5,0	16,0	406,0
2002	305,1	51,0	182,0	52,9	49,7	55,4	15,0	4,3	0,0	0,0	0,0	26,8	742,2
2003	116,5	53,6	135,6	56,5	77,9	17,4	0,0	0,0	15,6	0,0	80,0	7,6	560,7
2004	454,2	144,8	63,1	54,0	63,6	45,3	8,5	17,3	0,0	0,0	19,7	116,9	987,4
2005	83,8	52,4	226,8	61,9	47,9	60,4	14,7	31,0	0,0	0,0	0,0	91,0	669,9
2006	0,0	106,2	228,2	275,3	82,7	49,8	0,0	0,0	18,5	16,9	4,1	0,0	781,7
2007	25,7	169,3	153,1	80,7	49,6	37,3	46,2	6,7	0,0	0,0	3,6	4,7	576,9
2008	13,0	61,9	469,8	132,6	252,7	53,5	32,6	0,0	3,6	0,0	0,0	26,8	1046,5
2009	48,2	96,2	48,2	311,2	225,1	11,5	43,1	28,1	0,0	0,0	4,9	52,0	868,5
2010	154,6	23,2	63,3	100,6	14,7	81,1	8,1	0,0	0,0	112,0	0,0	84,7	642,3
2011	146,3	156,4	69,6	91,3	145,6	23,9	19,5	0,0	5,7	36,7	3,6	0,0	698,6
2012	24,8	77,2	4,0	14,7	8,8	66,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	198,6
2013	25,5	39,2	113,9	96,7	36,6	48,4	32,4	0,0	0,0	8,3	13,1	126,1	540,2

2014	15,0	121,1	319,9	174,4	113,6	11,9	49,1	0,0	7,9	18,4	9,1	7,8	848,2	
2015	10,7	43,3	248,1	47,6	0,0	27,0	42,3	5,0	0,0	0,0	0,0	16,2	440,2	
2016	105,5	50,7	220,2	9,1	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	391,0	
2017	28,3	100,2	82,6	111,2	88,8	19,5	99,7	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	538,5	
2018	31,0	156,7	107,8	127,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	13,4	442,4	
2019	13,0	229,5	284,6	96,2	111,9	19,4	43,0	2,1	17,7	1,7	41,5	0,0	860,6	
2020	75,2	294,3	350,4	246,6	106,2	9,2	42,1	0,0	4,5	0,0	65,7	4,5	1198,7	
2021	10,9	231,2	105,9	241,3	100,7	0,0	39,2	0,0	0,0	22,7	0,0	70,2	822,1	
2022	222,2	68,3	332,3	102,9	54,4	78,5	18,2	86,0	0,0	0,0	175,7	101,5	1240,0	
2023	25,4	150,6	119,2	257,6	147,5	51,7								
Imaculada	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	84,51	103,91	170,66	125,03	84,20	37,69	28,00	9,44	3,29	8,46	22,22	37,11	709,48	
Mediana anual (mm)	46,85	98,20	131,30	101,75	75,95	34,55	19,50	0,00	0,00	0,00	4,10	13,40	722,70	
Máxima anual (mm)	454,20	294,30	469,80	311,20	252,70	143,70	99,70	86,00	18,50	112,00	175,70	126,10	1240,00	
Mínima anual (mm)	0,00	0,00	4,00	9,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	181,90	
Desvio Padrão	98,92	69,40	106,58	83,63	67,58	31,98	22,85	17,62	5,77	21,58	42,75	44,18	262,03	
CV (%)	117,05	66,79	62,45	66,89	80,27	84,85	81,61	186,56	0,00	255,09	192,39	119,05	36,93	
Climatologia	53,40	106,60	169,40	147,70	70,30	32,30	21,60	7,80	4,20	6,00	16,40	22,70	657,60	
Diferença (Climatologia - média)	-31,11	2,69	-1,26	22,67	-13,90	-5,39	-6,40	-1,64	0,91	-2,46	-5,82	-14,41	-51,88	
Prob. 75% de ocorrer	13,00	39,20	75,50	52,90	8,80	9,20	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	442,40	
Valores baixo de 10 mm	2,00	1,00	1,00	1,00	6,00	6,00	7,00	21,00	25,00	23,00	20,00	14,00	127,00	35,88
Valores acima de 100 mm	9,00	15,00	23,00	16,00	12,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	5,00	84,00	23,73
Valores acima de 50 mm	14,00	23,00	28,00	25,00	18,00	9,00	3,00	1,00	0,00	1,00	4,00	10,00	136,00	38,42
Valores igual a zero mensal	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	5,00	5,00	15,00	20,00	20,00	12,00	7,00	89,00	25,14

Mãe D'Água													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	226,8	192,8	388,2	117,2	59,1	37,5	12,3	0,0	0,0	11,5	0,0	4,8	1050,2
1995	49,6	58,4	169,3	148,2	123,8	13,5	66,6	0,0	0,0	0,0	169,8	102,6	901,8
1996	34,3	66,0	196,6	281,4	87,7	4,0	0,0	9,2	0,0	0,0	25,0	14,0	718,2
1997	110,2	24,8	141,1	149,8	45,1	1,0	9,0	22,7	0,0	0,0	4,5	157,0	665,2
1998	39,8	8,7	32,8	82,0	3,0	0,0	16,5	4,6	0,0	0,0	18,0	0,0	205,4
1999	103,7	67,3	268,0	0,0	129,0	8,5	0,0	0,0	0,0	9,1	9,0	69,1	663,7
2000	111,7	115,2	87,4	53,7	66,3	4,5	14,0	22,1	27,0	0,0	0,0	52,1	554,0
2001	3,0	31,3	232,1	48,4	4,3	87,2	4,0	0,0	7,8	34,6	0,0	21,5	474,2
2002	387,0	127,1	194,1	82,4	42,1	53,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	915,3
2003	194,5	71,7	256,7	80,9	57,9	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	50,1	36,2	751,0
2004	555,0	193,1	12,0	44,0	53,2	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,2	947,4
2005	37,6	17,0	165,5	49,9	35,0	43,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	171,1	520,0
2006	0,0	72,2	242,5	199,5	49,8	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	589,8
2007	37,2	246,9	118,2	102,5	69,2	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	612,0
2008	17,0	68,5	474,1	262,8	169,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	1010,2
2009	108,8	150,8	74,2	320,3	220,1	38,7	12,3	12,0	0,0	0,0	0,0	15,3	952,5
2010	84,5	58,3	115,6	81,2	0,0	52,2	0,0	0,0	0,0	119,8	0,0	50,4	562,0
2011	209,4	156,8	59,0	143,3	180,2	11,0	18,0	22,6	5,8	0,0	0,0	0,0	806,1
2012	12,9	93,9	15,2	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,5
2013	51,5	11,0	69,6	143,1	13,6	67,2	7,0	0,0	3,8	2,9	13,7	59,8	443,2
2014	3,0	43,6	291,6	181,2	88,3	5,9	10,8	0,0	0,0	15,0	42,8	7,6	689,8
2015	98,6	44,0	123,6	82,7	13,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	400,0
2016	152,4	28,2	191,7	33,8	28,5	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	450,3
2017	12,0	88,7	100,3	127,5	24,2	14,3	17,8	0,0	8,5	0,0	0,0	5,0	398,3
2018	16,2	175,4	87,9	147,0	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	19,5	58,4	536,0
2019	54,1	229,1	297,1	189,0	38,7	6,7	16,9	0,0	0,0	0,0	55,0	0,6	887,2

2020	230,2	313,7	349,9	142,5	100,3	2,3	4,3	0,0	0,0	0,0	123,5	1,1	1267,8	
2021	4,1	107,2	69,5	168,2	40,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	8,6	103,4	509,5	
2022	233,5	135,9	149,8	104,3	43,3	30,9	31,4	14,6	0,0	0,0	171,2	41,1	956,0	
2023	24,0	136,8	152,3	157,9	54,6	18,5								
Mãe D'Água	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	106,75	104,48	170,86	124,16	62,35	18,51	10,28	3,72	1,82	6,67	24,51	39,12	674,71	
Mediana anual (mm)	52,80	80,45	151,05	122,35	47,45	9,15	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	663,70	
Máxima anual (mm)	555,00	313,70	474,10	320,30	220,10	87,20	66,60	22,70	27,00	119,80	171,20	171,10	1267,80	
Mínima anual (mm)	0,00	8,70	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,50	
Desvio Padrão	123,68	75,09	110,84	75,93	54,01	22,43	13,34	7,37	5,30	22,52	47,36	44,77	258,54	
CV (%)	115,86	71,87	64,87	61,16	86,62	121,18	129,83	198,36	0,00	337,50	193,24	114,45	38,32	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	12,90	31,30	69,60	49,90	13,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	450,30	
Valores baixo de 10 mm	4,00	1,00	0,00	2,00	4,00	16,00	16,00	24,00	28,00	25,00	19,00	9,00	148,00	41,81
Valores acima de 100 mm	12,00	13,00	21,00	18,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,00	4,00	78,00	22,03
Valores acima de 50 mm	16,00	22,00	27,00	24,00	14,00	4,00	1,00	0,00	0,00	1,00	5,00	10,00	124,00	35,03
Valores igual a zero mensal	1,00	0,00	0,00	2,00	2,00	7,00	10,00	22,00	24,00	22,00	16,00	3,00	109,00	30,79

Maturéia													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004												168,0	
2005	48,0	35,2	248,2	126,5	69,8	79,9	4,5	17,8	0,0	0,0	0,0	109,0	738,9
2010								0,0					
2013	15,7	0,0	94,6	162,7	69,0	45,9	13,3	0,0	12,7	16,0	0,0	103,4	533,3
2014	4,3	77,3	344,2	62,9	131,4	20,5	14,2	7,4	16,1	22,2	42,0	35,4	777,9
2015	4,3	29,7	86,8	82,9	0,0	21,4	55,6	4,2	0,0	0,0	0,0	16,2	301,1

2016	199,0	34,3	256,7	76,9	18,4	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	610,8	
2017	14,7	64,6	160,3	119,1	36,7	55,1	60,8	5,1	0,0	0,8	0,0	35,9	553,1	
2018	26,6	243,0	135,4	146,6	40,8	0,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	30,3	625,2	
2019	34,3	325,8	310,3	220,6	46,9	14,3	39,5	7,0	0,0	0,0	26,0	0,0	1024,7	
2020	149,8	245,4	234,0	129,3	151,3	22,4	13,0	0,0	0,0	0,0	153,3	2,2	1100,7	
2021	1,4	135,4	128,9	172,9	84,0	7,8	23,7	2,5	0,0	0,0	0,0	76,1	632,7	
2022	77,1	146,1	182,8	155,9	27,6	36,9	58,8	22,2	0,0	0,0	94,8	107,4	909,6	
2023	19,7	203,5	192,6	117,9	79,6	29,5								
Maturéia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	49,58	128,36	197,90	131,18	62,96	29,40	25,97	5,52	2,62	3,55	28,74	57,54	709,82	
Mediana anual (mm)	23,15	106,35	187,70	127,90	57,95	21,90	14,20	3,35	0,00	0,00	0,00	35,65	632,70	
Máxima anual (mm)	199,00	325,80	344,20	220,60	151,30	79,90	60,80	22,20	16,10	22,20	153,30	168,00	1100,70	
Mínima anual (mm)	1,40	0,00	86,80	62,90	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	301,10	
Desvio Padrão	60,26	100,93	78,89	42,69	42,75	21,19	22,40	7,06	5,60	7,45	48,47	51,77	222,18	
CV (%)	121,55	78,63	39,86	32,54	67,90	72,08	86,25	127,98	0,00	210,25	168,68	89,97	31,30	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	19,70	77,30	182,80	126,50	46,90	21,40	14,20	2,50	0,00	0,00	0,00	35,40	632,70	
Valores baixo de 10 mm	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	10,00	9,00	9,00	7,00	3,00	48,00	29,63
Valores acima de 100 mm	2,00	6,00	10,00	9,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,00	34,00	20,99
Valores acima de 50 mm	3,00	8,00	12,00	12,00	6,00	2,00	3,00	0,00	0,00	0,00	2,00	5,00	53,00	32,72
Valores igual a zero mensal	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	5,00	9,00	8,00	7,00	1,00	33,00	20,37

Passagem													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	154,0	332,2	214,4	52,1	62,6	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	867,3
1995	44,0	155,0	226,0	77,2	128,0	10,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	671,0
1996	25,0	69,6	268,6	194,6	100,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	8,0	675,6



Passagem	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	90,55	112,34	157,88	108,56	62,52	17,49	8,49	2,71	1,99	3,39	9,42	27,10	602,71	
Mediana anual (mm)	60,25	108,85	159,65	93,4	30,5	11,05	0	0	0	0	0	17	560,9	
Máxima anual (mm)	633,4	332,2	392	350,5	275	76,4	45	35,6	28	69,6	112,1	109	1145,5	
Mínima anual (mm)	0	0	9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	
Desvio Padrão	118,99	80,88	97,61	83,70	71,18	21,53	12,25	8,32	6,46	13,05	22,89	29,06	246,91	
CV (%)	131,40	72,00	61,83	77,10	113,86	123,09	144,34	307,02	0,00	385,53	243,08	107,20	40,97	
Climatologia	70,40	141,10	177,60	185,30	46,30	22,80	13,70	1,50	0,70	1,30	9,80	17,30	711,10	
Diferença (Climatologia - média)	-20,15	28,76	19,72	76,74	-16,22	5,31	5,21	-1,21	-1,29	-2,09	0,38	-9,80	108,39	
Prob. 75% de ocorrer	3,8	23,8	53,2	37,6	2,2	0	0	0	0	0	0	0	392,1	
Valores baixo de 10 mm	6	3	1	2	7	13	18	27	27	26	23	12	165	46,61
Valores acima de 100 mm	10	16	20	14	7	0	0	0	0	0	1	1	69	19,492
Valores acima de 50 mm	16	23	25	23	13	5	0	0	0	1	1	5	112	31,638
Valores igual a zero mensal	4	1	0	1	5	10	15	24	26	26	22	8	142	40,113

Patos													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	241,0	301,6	260,1	82,1	99,8	97,9	4,4	0,5	0,0	0,0	0,0	26,7	1114,1
1995	46,6	97,4	194,7	123,0	153,5	28,4	12,8	0,0	0,0	9,0	28,6	25,8	719,8
1996	62,7	169,7	310,7	245,4	98,8	9,8	2,5	3,9	0,0	0,0	102,8	4,8	1011,1
1997	202,1	34,2	158,0	140,6	41,3	0,7	22,9	0,6	0,0	9,0	26,4	34,8	670,6
1998	68,6	33,7	60,8	67,2	0,0	0,0	14,4	9,0	0,0	0,0	1,5	1,2	256,4
1999	85,2	53,6	279,8	1,6	178,8	1,7	11,8	0,0	0,0	27,4	32,5	50,4	722,8
2000	81,6	78,8	153,2	170,1	40,3	7,5	19,0	86,6	18,2	0,0	0,0	53,0	708,3
2001	37,6	2,9	194,6	85,8	28,8	52,0	12,0	0,0	6,2	5,0	0,0	12,0	436,9
2002	304,8	79,2	138,7	85,6	71,5	50,0	1,3	0,0	0,0	0,0	3,5	36,0	770,6
2003	117,2	54,4	207,1	95,9	16,5	15,2	4,9	0,0	0,8	0,0	0,0	31,5	543,5

2004	320,3	165,4	26,1	89,8	7,2	34,2	24,1	4,4	1,6	0,0	0,0	73,4	746,5
2005	27,8	68,3	384,3	47,5	20,7	40,1	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	180,1	771,3
2006	0,0	168,8	244,1	202,4	128,8	23,4	0,2	0,0	0,0	15,3	1,3	83,2	867,5
2007	16,6	264,7	50,1	112,5	43,1	8,3	2,9	1,2	0,0	0,0	0,0	94,8	594,2
2008	27,4	227,1	491,6	216,9	187,4	14,0	15,6	2,2	3,7	0,0	0,0	179,8	1365,7
2009	135,2	109,5	212,3	641,0	299,9	42,1	26,7	31,4	0,0	2,8	5,1	23,5	1529,5
2010	122,2	26,5	123,3	99,7	47,2	51,6	0,8	0,0	0,0	79,1	0,0	111,1	661,5
2011	221,0	183,6	73,0	182,6	115,4	15,1	37,6	17,9	0,0	7,6	35,1	0,0	888,9
2012	20,4	111,2	32,1	18,6	0,0	9,2	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	199,1
2013	26,6	13,1	75,4	60,4	20,6	69,6	4,5	0,5	0,0	0,0	21,9	87,0	379,6
2014	0,5	67,7	514,6	147,7	123,8	9,7	32,7	0,0	8,4	8,0	42,2	28,5	983,8
2015	18,3	187,1	144,8	109,5	8,4	4,7	15,2	1,6	0,0	0,0	0,0	6,1	495,7
2016	186,1	118,0	159,5	108,4	7,2	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	606,8
2017	83,9	214,8	153,2	117,4	31,4	27,5	6,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	637,0
2018	45,4	212,0	72,7	132,1	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	16,0	18,0	531,7
2019	128,4	198,2	149,8	116,0	70,7	4,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	693,6
2020	148,4	193,6	252,2	210,6	200,0	54,9	2,1	0,0	1,4	0,0	99,1	4,2	1166,5
2021	20,1	143,2	142,4	269,5	49,5	2,5	67,1	2,3	0,0	19,0	5,7	62,4	783,7
2022	191,1	97,6	391,9	106,9	63,2	68,1	8,4	19,5	0,0	0,0	62,2	45,1	1054,0
2023	81,8	153,7	204,5	111,9	93,7	21,2	29,1						
Patos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado
Média anual (mm)	102,2967	127,653	195,187	140	75,5933	26,21667	13,283	6,34828	1,3897	6,807	16,783	44,57	755,54
Mediana anual (mm)	81,7	114,6	158,75	112,2	48,35	18,2	10,1	0,5	0	0	1,5	28,5	719,8
Máxima anual (mm)	320,3	301,6	514,6	641	299,9	97,9	67,1	86,6	18,2	79,1	102,8	180,1	1529,5
Mínima anual (mm)	0	2,9	26,1	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	199,1
Desvio Padrão	87,84956	76,8387	123,252	111,3	70,8029	24,54486	14,524	16,7685	3,7282	15,32	27,849	47,91	296,99
CV (%)	85,87725	60,1932	63,1457	79,55	93,6629	93,62311	109,34	264,142	0	225,1	165,94	107,5	39,308



2013	36,5	2,4	18,0	131,3	9,7	5,4	2,7	0,0	0,0	0,0	3,7	58,6	268,3	
2014	0,0	52,6	235,4	169,9	52,1	4,0	17,7	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0	555,7	
2015	0,0	51,3	183,4	34,9	0,8	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	279,6	
2016	189,1	33,3	143,9	40,1	12,2	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	455,6	
2017	11,2	231,8	136,2	95,9	63,0	43,8	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	591,4	
2018	34,1	190,1	93,9	75,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	411,1	
2019	102,3	203,9	106,8	179,1	89,4	4,9	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	699,3	
2020	136,6	302,9	238,4	274,1	176,3	16,7	0,0	0,0	0,0	22,0	77,6	3,0	1247,6	
2021	10,0	138,5	55,5	251,1	23,3	0,0	4,7	0,0	0,0	0,5	5,3	31,0	519,9	
2022	192,0	140,6	188,3	147,4	45,8	80,6	6,5	56,1	0,0	0,0	88,3	111,8	1057,4	
2023	57,4	127,2	281,9	158,0	17,0	12,5	7,8							
Quixaba	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	94,28929	118,175	163,3	125,4	61,0679	18,34643	5,7929	4,17407	0	4,281	7,6536	24,9	625,76	
Mediana anual (mm)	47,45	110,35	148,85	106,7	39,1	5,15	0	0	0	0	0	0	554,2	
Máxima anual (mm)	478,2	302,9	603,3	297,6	327,9	80,6	37,5	56,1	0	67	88,3	127,4	1291,2	
Mínima anual (mm)	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117,3	
Desvio Padrão	112,5328	84,6948	118,982	80,57	78,6271	24,61541	8,9526	12,9394	0	13,82	21,543	38,66	295	
CV (%)	119,3485	71,669	72,861	64,24	128,754	134,17	154,54	309,995	0	322,9	281,47	155,3	47,142	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	10	33,6	69,9	58,2	0	0	0	0	0	0	0	0	445,5	
Valores baixo de 10 mm	5	1	1	2	9	15	22	24	27	24	24	17	171	49,854
Valores acima de 100 mm	11	16	18	14	6	0	0	0	0	0	0	3	68	19,825
Valores acima de 50 mm	14	19	24	23	10	4	0	1	0	1	2	6	104	30,321
Valores igual a zero mensal	4	0	1	1	7	12	15	24	27	23	21	15	150	43,732

Salgadinho													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	183,4	63,3	241,1	78,5	32,0	32,5	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	36,0	671,2
1995	21,8	47,6	247,3	94,6	261,7	26,0	5,4	0,0	0,0	0,0	38,2	0,0	742,6
1996	16,0	24,3	103,5	170,3	62,9	14,2	11,4	5,6	9,4	4,0	4,2	4,0	429,8
1997	27,7	19,5	197,1	68,3	66,0	16,2	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	414,8
1998	30,7	57,4	17,1	10,0	5,7	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	135,1
1999	0,0	47,4	121,4	0,0	57,9	5,8	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	46,0	294,1
2000	85,2	66,9	95,2	89,1	5,8	0,0	20,6	53,8	0,0	0,0	0,0	33,6	450,2
2001	7,4	0,0	120,7	78,3	26,7	72,3	24,7	17,5	15,0	24,0	0,0	24,0	410,6
2002	170,4	50,3	136,3	96,3	54,7	32,4	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	562,0
2003	161,9	86,0	72,0	40,7	14,3	13,6	6,2	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	403,7
2004	459,2	144,8	42,4	26,6	38,0	55,1	39,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	805,3
2005	37,4	7,0	240,2	14,2	47,4	81,5	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	110,6	544,1
2006	0,0	92,1	231,3	188,2	74,2	58,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	655,2
2007	0,0	270,7	5,5	67,6	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	376,4
2008	34,0	42,0	361,3	164,2	187,4	29,1	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	962,0
2009	63,4	59,4	47,9	209,8	299,7	21,4	31,6	34,1	0,0	0,0	0,0	40,1	807,4
2010	127,0	133,5	68,4	61,4	0,0	95,8	0,0	0,0	8,4	29,5	0,0	96,0	620,0
2011	95,1	86,4	152,6	139,6	227,8	0,0	16,4	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	722,3
2012	28,4	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,8
2013	13,0	0,0	63,3	46,2	11,1	37,3	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	215,9
2014	5,8	53,0	86,2	73,0	49,6	8,2	5,8	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	287,2
2015	0,0	110,3	98,2	140,7	0,0	0,0	38,9	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	413,1
2016	113,9	38,9	75,8	30,6	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	266,3
2017	12,4	45,4	49,4	64,7	9,6	64,0	25,1	0,0	1,6	0,0	0,0	22,6	294,8
2018	45,4	140,5	114,6	238,5	11,6	3,8	0,0	0,0	0,0	5,2	3,6	10,6	573,8
2019	49,2	178,9	166,4	117,2	94,0	22,0	47,4	3,0	0,0	16,4	0,0	0,0	694,5

2020	89,4	100,3	272,4	100,8	89,0	22,6	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	678,4	
2021	1,6	257,5	70,1	120,4	16,5	40,0	14,0	4,2	0,0	0,0	0,0	38,4	562,7	
2022	97,9	39,1	179,7	26,8	104,1	79,7	19,2	26,2	0,0	0,0	83,9	41,9	698,5	
2023	9,1	53,8	234,5	55,0	36,8	29,1								
Salgadinho	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	66,22	79,08	130,40	87,05	64,14	28,71	15,52	5,93	1,32	3,42	5,04	21,63	509,75	
Mediana anual (mm)	32,35	56,7	109,05	75,65	37,4	22,3	7,1	0	0	0	0	10,6	544,1	
Máxima anual (mm)	459,2	270,7	361,3	238,5	299,7	95,8	97	53,8	15	29,5	83,9	110,6	962	
Mínima anual (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,8	
Desvio Padrão	90,55	65,11	87,84	61,39	77,65	27,64	20,37	12,30	3,48	7,62	16,55	28,12	213,28	
CV (%)	136,73	82,33	67,36	70,52	121,07	96,30	131,22	207,44	0,00	222,88	327,97	129,99	41,84	
Climatologia	32,1	64,8	110,6	106	50	22,8	17,4	6,6	2,2	2,1	7,1	13,2	435,8	
Diferença (Climatologia - média)	-34,12	-14,28	-19,80	18,95	-14,14	-5,91	1,88	0,67	0,88	-1,32	2,06	-8,43	-73,95	
Prob. 75% de ocorrer	5,8	38,9	49,4	26,8	7,1	0	0	0	0	0	0	0	294,1	
Valores baixo de 10 mm	8	3	2	2	7	10	16	24	28	25	26	14	165	46,61
Valores acima de 100 mm	6	8	16	10	5	0	0	0	0	0	0	1	46	12,994
Valores acima de 50 mm	11	19	24	21	12	7	1	1	0	0	1	2	99	27,966
Valores igual a zero mensal	4	2	1	2	3	7	9	19	24	22	23	13	129	36,441
<b>Santa Teresinha</b>														
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	
1994	301,0	281,1	263,7	102,0	53,3	45,4	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	22,3	1082,0	
1995	99,1	223,9	202,1	161,3	221,6	10,2	44,5	0,0	0,0	0,3	65,9	12,3	1041,2	
1996	97,5	186,2	180,7	298,5	198,0	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	985,4	
1997	112,3	12,2	240,1	120,9	75,5	14,2	9,1	0,0	0,0	0,0	32,3	32,3	648,9	
1998	136,3	22,9	137,2	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	331,9	
1999	90,8	33,7	270,9	0,0	380,5	0,0	11,2	0,0	0,0	34,4	71,6	93,3	986,4	

2000	65,7	215,5	198,4	199,1	20,3	11,2	64,8	14,0	22,3	0,0	0,0	73,2	884,5
2001	18,2	88,3	225,0	89,1	0,0	43,0	8,0	0,0	0,0	9,0	0,0	15,0	495,6
2002	330,0	196,0	239,0	155,7	103,4	63,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	1128,8
2003	206,3	97,1	146,0	72,0	43,4	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	637,0
2004	564,9	215,8	17,5	52,7	5,3	70,2	37,2	0,0	0,0	0,0	0,0	97,8	1061,4
2005	23,9	159,3	315,6	197,8	69,6	27,0	0,0	4,7	0,0	0,0	3,2	126,9	928,0
2006	0,0	159,7	400,4	374,0	70,0	21,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	13,0	1046,4
2007	22,0	353,7	37,7	144,8	50,3	2,7	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	642,5
2008	43,9	248,2	621,0	189,2	88,0	14,7	12,8	0,0	5,5	0,0	0,0	24,9	1248,2
2009	178,2	178,5	211,3	497,8	228,8	62,8	29,4	41,3	0,0	21,2	6,0	30,0	1485,3
2010	117,7	31,8	70,9	188,2	11,3	61,5	2,1	0,0	0,0	70,9	0,0	158,6	713,0
2011	239,5	157,4	38,9	181,2	176,2	2,8	23,0	2,2	0,0	11,0	33,8	0,0	866,0
2012	56,4	148,6	22,8	10,0	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	255,9
2013	20,5	55,8	79,9	240,2	20,0	92,0	27,0	0,0	0,0	39,6	49,3	66,6	690,9
2014	30,0	67,7	476,4	243,3	131,7	9,1	10,3	0,0	0,0	11,0	6,7	44,0	1030,2
2015	14,4	69,2	145,9	33,7	15,7	9,7	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1	318,4
2016	169,9	73,8	248,7	53,2	6,4	38,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	590,3
2017	6,9	221,5	178,8	107,7	3,6	9,2	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	552,7
2018	62,6	274,7	132,4	186,4	34,0	1,4	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	18,5	718,0
2019	109,4	212,0	293,8	187,0	59,1	3,7	18,1	1,1	0,0	0,0	1,5	2,4	888,1
2020	144,1	243,5	309,4	267,3	168,1	42,8	3,5	0,0	0,0	0,0	97,0	7,0	1282,7
2021	31,2	226,1	157,1	204,1	31,7	0,4	21,1	0,8	0,0	0,0	50,5	60,4	783,4
2022	135,2	99,5	220,2	146,6	37,7	80,9	18,8	48,7	0,0	0,0	81,3	52,3	921,2
2023	77,8	170,8	167,2	140,4	42,9	46,1	28,1						
Santa Teresinha	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado
Média anual (mm)	116,8567	157,483	208,3	162,7	78,2133	27,59333	14,463	3,88966	0,9586	7,824	17,6	36,99	836,01
Mediana anual (mm)	94,15	165,25	200,25	158,5	46,85	14,95	10,75	0	0	0	0	22,3	884,5



2008	179,9	81,9	496,3	321,1	227,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,0	1442,4	
2009	33,0	105,8	146,7	249,5	152,5	26,2	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	734,8	
2010	75,1	65,0	116,5	72,1	29,8	57,3	0,7	0,0	0,0	102,8	0,0	69,1	588,4	
2011	143,9	167,7	92,7	224,9	80,6	29,0	25,4	0,0	0,0	23,0	17,9	0,0	805,1	
2012	0,0	46,0	53,5	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,1	
2013	0,0	0,0	27,5	137,3	72,0	44,4	5,1	0,0	0,0	0,0	1,8	52,2	340,3	
2014	0,0	133,6	464,0	166,9	120,8	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	5,6	910,7	
2015	7,7	174,9	173,3	132,5	18,2	0,0	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	565,2	
2016	187,7	67,8	174,0	41,3	12,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	492,6	
2017	11,7	130,7	174,7	106,6	5,0	16,5	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	483,9	
2018	82,6	198,9	52,0	135,7	21,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	12,5	31,0	542,5	
2019	213,7	101,4	262,9	109,6	88,6	6,5	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	815,3	
2020	107,7	290,3	336,9	283,4	165,6	35,1	0,0	0,0	1,0	0,0	33,5	0,0	1253,5	
2021	0,0	154,1	90,1	81,3	0,6	0,0	54,1	0,0	0,0	0,0	0,0	57,5	437,7	
2022	220,6	63,8	294,8	257,3	122,0	75,3	8,9	14,3	0,0	0,0	73,4	21,1	1151,5	
2023	103,2	139,5	207,5	228,9	38,1	22,2	2,7							
São José de Espinharas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	95,14	114,50	177,93	133,40	77,72	21,47	6,60	2,97	0,46	5,08	5,41	26,34	663,04	
Mediana anual (mm)	56,8	103,6	165	124,7	57,05	12,8	0	0	0	0	0	20,1	588,4	
Máxima anual (mm)	526	374,4	496,3	321,1	276,6	94,2	54,1	71,8	12,2	102,8	73,4	135	1442,4	
Mínima anual (mm)	0	0	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62,4	
Desvio Padrão	113,62	87,29	114,12	86,19	77,42	26,32	13,49	13,27	2,23	19,11	14,80	31,12	296,57	
CV (%)	119,43	76,24	64,13	64,61	99,61	122,55	204,30	446,84	0,00	376,22	273,62	118,12	44,73	
Climatologia	83,2	153,3	246,3	215,6	69,5	37,4	18,2	2,8	1,8	1,1	10,9	20,9	884,7	
Diferença (Climatologia - média)														
Prob. 75% de ocorrer	0	46	81,6	52,3	5	0	0	0	0	0	0	0	483,9	
Valores baixo de 10 mm	7	2	0	1	6	14	25	27	28	26	24	12	172	48,451

Valores acima de 100 mm	10	16	22	18	9	0	0	0	0	1	0	1	77	21,69
Valores acima de 50 mm	17	24	27	25	16	4	1	1	0	1	1	7	124	34,93
Valores igual a zero mensal	6	2	0	1	4	11	20	27	27	25	22	9	154	43,38

São José do Bonfim													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1995												42,2	
1996	47,2	115,8	305,5	290,2	194,0	10,4	6,9	5,0	0,0	0,0	8,4	16,6	1000,0
1997	160,6	31,0	175,2	212,0	28,8	12,2	28,4	0,4	0,0	0,0	7,0	88,0	743,6
1998	231,8	12,9	42,9	76,0	1,3	0,0	10,2	9,0	0,0	0,0	9,0	0,0	393,1
1999	62,4	41,8	196,0	0,0	336,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	164,9	808,0
2000	84,4	199,6	255,4	120,3	11,2	0,0	13,1	17,0	52,8	0,0	0,0	54,5	808,3
2001	0,0	7,8	270,2	146,0	4,2	79,5	6,0	0,0	0,0	9,6	0,0	12,8	536,1
2002	353,4	110,6	142,0	104,4	59,6	8,6	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	791,8
2003	161,0	85,6	211,9	136,2	91,3	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	692,1
2004	524,3	212,6	52,0	92,8	35,1	16,5	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	107,5	1085,8
2005	22,6	66,3	306,0	107,0	48,7	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,0	762,2
2006	0,0	130,3	318,4	397,1	91,8	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	974,6
2007	4,1	323,4	62,4	138,8	94,2	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5	648,5
2008	38,9	124,9	536,1	118,5	122,6	10,7	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6	1022,5
2009	99,6	164,1	224,5	628,8	290,0	82,8	16,8	84,9	0,0	0,0	9,4	33,3	1634,2
2010	104,1	74,4	106,0	134,3	6,2	66,3	0,0	0,0	0,0	93,8	0,0	89,9	675,0
2011	296,8	120,7	43,0	140,7	115,7	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	733,2
2012	10,7	147,7	4,0	31,7	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	200,1
2013	21,1	19,3	61,3	107,1	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6	127,4	382,2
2014	0,0	69,2	268,8	226,1	92,5	7,6	11,0	0,0	0,0	0,0	3,0	29,8	708,0
2015	6,0	22,4	160,8	40,0	6,5	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	292,7

2016	187,8	62,6	263,7	76,1	10,7	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	609,2	
2017	43,8	60,7	177,7	184,8	8,2	7,8	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	
2018	37,7	233,2	63,0	138,6	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	7,5	11,1	517,9	
2019	69,8	223,5	230,9	115,5	60,8	3,2	6,7	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	713,4	
2020	167,6	265,9	410,7	182,3	169,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	141,9	0,0	1347,6	
2021	0,0	248,5	99,7	262,0	63,7	2,7	8,3	2,1	0,0	0,0	0,0	73,5	760,5	
2022	191,5	136,6	243,0	111,4	22,2	67,4	18,4	32,0	0,0	0,0	82,5	89,2	994,2	
2023	70,0	115,6	355,7	182,9	46,7	23,4								
São José do Bonfim	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	107,04	122,39	199,53	160,77	72,76	17,52	8,27	5,57	1,96	4,53	11,34	45,15	752,71	
Mediana anual (mm)	66,1	115,7	203,95	135,3	47,7	8,05	6	0	0	0	0	25,15	733,2	
Máxima anual (mm)	524,3	323,4	536,1	628,8	336,1	82,8	45	84,9	52,8	93,8	141,9	180	1634,2	
Mínima anual (mm)	0	7,8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200,1	
Desvio Padrão	122,80	83,24	123,90	120,44	83,84	24,48	10,43	16,99	9,97	17,77	30,45	51,00	303,79	
CV (%)	114,72	68,01	62,10	74,91	115,23	139,72	126,01	305,01	509,90	392,38	268,38	112,95	40,36	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	6	41,8	62,4	92,8	8,2	0	0	0	0	0	0	0	517,9	
Valores baixo de 10 mm	6	1	1	1	6	16	18	24	26	25	24	9	157	45,906
Valores acima de 100 mm	10	16	20	22	6	0	0	0	0	0	1	4	79	23,099
Valores acima de 50 mm	15	22	25	25	13	4	0	1	1	1	2	10	119	34,795
Valores igual a zero mensal	4	0	0	1	1	7	11	20	26	23	17	8	118	34,503

Teixeira													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1994	166,8	198,3	279,0	77,2	52,8	71,0	14,2	8,4	2,6	1,8	0,0	10,1	882,2
1995	21,6	160,4	263,4	158,7	161,5	11,7	27,0	2,0	0,0	0,0	43,3	35,0	884,6

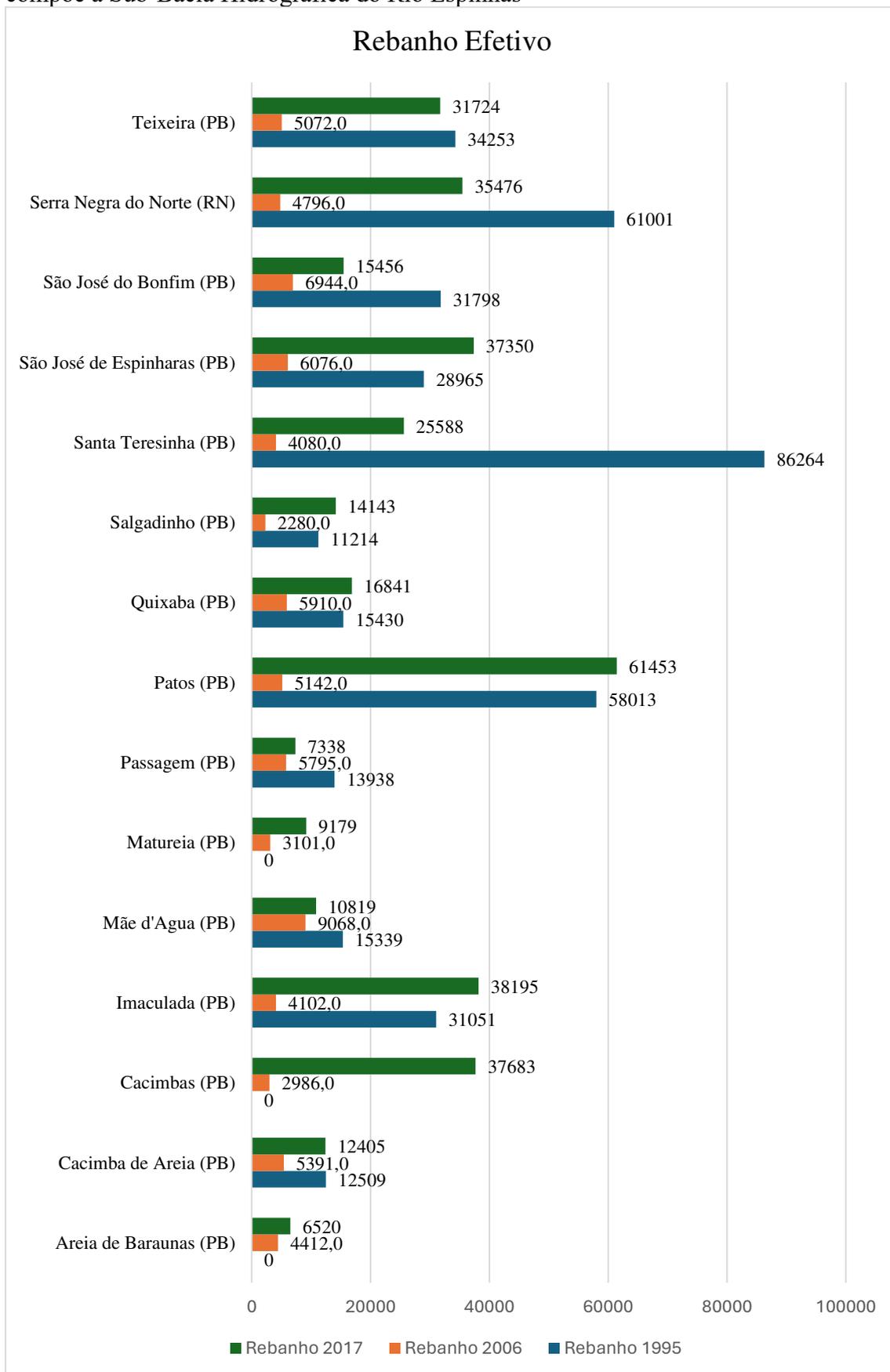
1996	13,5	133,6	150,5	299,5	105,0	15,6	24,8	2,0	0,0	0,0	18,2	0,0	762,7
1997	121,3	32,4	163,5	186,5	34,3	5,2	36,3	16,0	0,0	0,0	0,0	94,3	689,8
1998	168,7	8,5	55,9	52,4	16,2	1,0	17,7	11,5	0,0	0,0	0,0	4,0	335,9
1999	51,6	81,1	236,5	0,0	187,2	5,8	28,4	0,0	0,0	12,1	22,8	168,8	794,3
2000	101,9	231,2	189,0	110,5	13,0	22,8	28,4	20,9	86,8	0,0	23,4	71,3	899,2
2001	27,4	35,4	195,1	140,7	1,7	75,1	17,4	1,4	6,4	5,4	39,0	19,4	564,4
2002	392,1	105,4	137,7	126,2	54,0	66,1	11,5	0,0	1,0	0,0	0,0	45,4	939,4
2003	161,0	98,7	240,5	52,3	119,3	12,2	3,0	0,0	19,0	0,0	9,0	2,4	717,4
2004	519,7	190,9	24,8	95,5	11,8	107,9	21,6	9,4	6,4	0,0	9,4	92,6	1090,0
2005	32,6	62,1	218,4	105,2	98,9	108,2	7,2	15,0	0,0	0,0	0,0	163,2	810,8
2006	0,0	79,8	253,1	529,8	169,8	64,8	3,0	3,2	20,1	8,0	11,2	0,0	1142,8
2007	6,0	370,8	81,6	101,4	88,2	12,2	17,4	9,2	0,0	0,0	0,0	7,8	694,6
2008	78,9	125,6	514,3	145,6	234,2	9,6	10,2	2,2	0,0	0,0	0,0	10,4	1131,0
2009	174,9	288,9	278,6	425,2	203,6	65,8	54,6	56,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1553,6
2010	60,6	11,0	143,8	172,2	22,2	86,8	0,0	0,0	0,0	87,6	0,0	116,6	700,8
2011	173,2	104,8	134,7	194,4	277,0	8,6	13,8	19,4	0,0	19,0	25,4	0,0	970,3
2012	15,2	100,4	25,8	13,0	0,0	23,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,6
2013	62,0	18,4	89,0	98,6	33,6	29,6	37,6	2,4	0,0	6,2	32,0	139,8	549,2
2014	13,2	117,8	411,8	135,6	129,4	23,6	9,8	13,0	4,6	14,8	34,6	72,8	981,0
2015	19,6	58,2	181,8	59,2	0,0	14,8	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	35,6	398,0
2016	309,6	41,2	307,2	95,4	32,8	3,6	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	795,0
2017	147,6	60,4	189,6	203,8	9,4	34,8	36,4	16,0	5,8	0,0	0,0	6,2	710,0
2018	58,6	230,7	136,7	197,9	34,2	8,0	3,4	0,0	0,0	0,0	11,0	75,2	755,7
2019	57,8	284,1	335,6	249,6	69,2	5,0	4,5	7,5	0,0	0,0	6,0	0,0	1019,3
2020	156,7	306,8	391,6	162,6	160,5	21,1	1,0	0,0	0,0	0,0	202,4	0,0	1402,7
2021	3,1	114,0	51,9	223,1	86,9	7,9	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	90,6	584,6
2022	136,0	61,1	217,6	68,1	63,1	52,4	41,4	23,0	0,0	0,0	218,4	89,8	970,9
2023	40,9	152,3	215,3	196,3	161,3	12,8	0,0						

Teixeira	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	109,74	128,81	203,81	155,88	87,70	32,91	16,88	8,22	5,44	5,34	24,35	46,80	824,41	
Mediana anual (mm)	61,3	105,1	192,35	138,2	66,15	18,35	14	2,4	0	0	6	19,4	795	
Máxima anual (mm)	519,7	370,8	514,3	529,8	277	108,2	54,6	56	86,8	87,6	218,4	168,8	1553,6	
Mínima anual (mm)	0	8,5	24,8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	177,6	
Desvio Padrão	118,22	93,79	112,94	110,14	75,57	31,79	14,43	11,58	16,20	16,30	52,39	52,46	286,96	
CV (%)	107,73	72,81	55,41	70,65	86,16	96,62	85,49	140,75	0,00	305,22	215,15	112,09	34,81	
Climatologia	66,9	142,5	215,4	162,9	57,1	24,9	11,2	3,3	2,6	4,8	11,8	32,6	714,6	
Diferença (Climatologia - média)	-42,84	13,69	11,59	7,02	-30,60	-8,01	-5,68	-4,92	-2,84	-0,54	-12,55	-14,20	-109,81	
Prob. 75% de ocorrer	15,2	41,2	89	68,1	13	7,9	3	0	0	0	0	0	584,6	
Valores baixo de 10 mm	3	1	0	1	4	9	12	20	26	25	17	12	130	36,62
Valores acima de 100 mm	13	17	24	20	11	2	0	0	0	0	2	4	93	26,197
Valores acima de 50 mm	19	24	28	28	18	9	1	1	1	1	2	11	143	40,282
Valores igual a zero mensal	1	0	0	1	2	0	4	10	19	21	14	7	79	22,254

Serra Negra do Norte													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2005	12,1	107,8	217,3	64,6	76,3	37,1	49	4,4	0	0	0	160,8	729,4
2006	0	144,8	155,5	129,9	216,1	34,8	0	0	0	24,7	0	48,2	754
2007	1,9	336,2	88,1	150,9	23,3	21,4	5,8	0	0	0	0	3,1	630,7
2008	53,7	127	465	320,3	167,7	39,3	16,9	1,9	0	0	0	115	1306,8
2009	61,9	130,2	237,1	381,4	366,2	44,1	39,4	30,1	0	0	0	10,1	1300,5
2010	229,1	105	133,7	196,1	11,6	98,5	7,2	0	0	121,2	0	146,4	1048,8
2011	144,5	301,9	71,8	339,7	121,6	22,5	31,7	5,6	0	34,8	25,4	0	1099,5
2012	46,3	115,4	87,3	18,9	3	18,4	0	0	0	0	0	3	292,3
2013	25,2	24,2	57,7	166	54	79,3	41,3	0	0	5	59	74,2	585,9

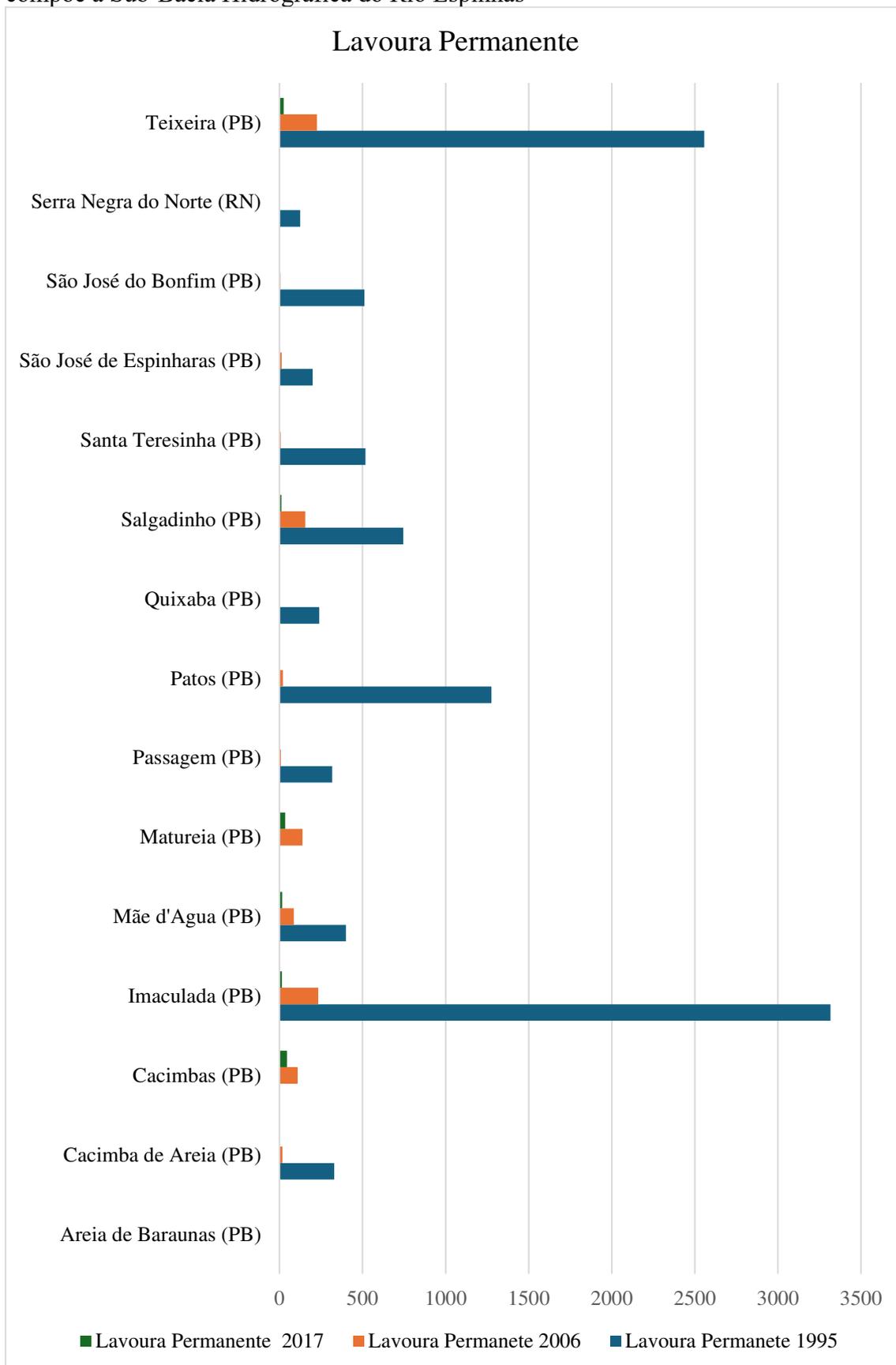
2014	3	113,5	329,6	176,5	108,4	8,7	6,6	0	5,2	0	74	0	825,5	
2015	65,2	95,3	212,2	176	19,8	3,7	58,3	0	0	0	0	36,3	666,8	
2016	244,3	101,3	179,5	43,3	8,8	23,6	0	0	0	0	0	17	617,8	
2017	22,2	205,3	181,3	80,5	14,7	19,2	43,6	0	0	0	0	0	566,8	
2018	68,8	88,3	123	373,3	67,9	12,2	9,2	0	0	0	5,3	56,1	804,1	
2019	211	171,2	198	103,4	95,4	5,3	40	3	0	0	0	0	827,3	
2020	55,3	170,1	433,8	321	164,5	55,9	1,4	0	3,2	0	81,2	2,3	1288,7	
2021	10,2	161,2	125,2	240,5	60,2	0	20,8	5,5	0	8	0	119,1	750,7	
2022	190	59,9	298,2	176,7	297,5	103,6	25,8	18	0	0	83,8	115,8	1369,3	
2023	42,5	61,9	248,1	178,9	18,5								549,9	
Serra Negra do Norte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado	
Média anual (mm)	78,27368	137,921	202,232	191,5	99,7632	34,86667	22,056	3,80556	0,4667	10,76	18,261	50,41	842,88	
Mediana anual (mm)	53,7	115,4	181,3	176,5	67,9	23,05	18,85	0	0	0	0	26,65	754	
Máxima anual (mm)	244,3	336,2	465	381,4	366,2	103,6	58,3	30,1	5,2	121,2	83,8	160,8	1369,3	
Mínima anual (mm)	0	24,2	57,7	18,9	3	0	0	0	0	0	0	0	292,3	
Desvio Padrão	79,92124	75,1028	111,438	108	99,925	30,311	18,867	7,68443	1,3614	28,4	30,951	55,31	298,95	
CV (%)	102,1049	54,4535	55,1043	56,42	100,162	86,93403	85,543	201,927	0	263,9	169,49	109,7	35,467	
Climatologia	não tem													
Prob. 75% de ocorrer	22,2	101,3	125,2	129,9	19,8	18,4	6,6	0	0	0	0	3	630,7	
Valores baixo de 10 mm	3	0	0	0	2	4	8	16	18	15	13	7	86	24,225
Valores acima de 100 mm	5	14	15	15	7	1	0	0	0	1	0	5	63	17,746
Valores acima de 50 mm	10	18	19	17	12	4	1	0	0	1	4	7	93	26,197
Valores igual a zero mensal	1	0	0	0	0	1	3	11	16	13	12	4	61	17,183

**Anexos 5.** Rebanho Efetivo do Censo de 1995, 2006 e 2017, dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinhas



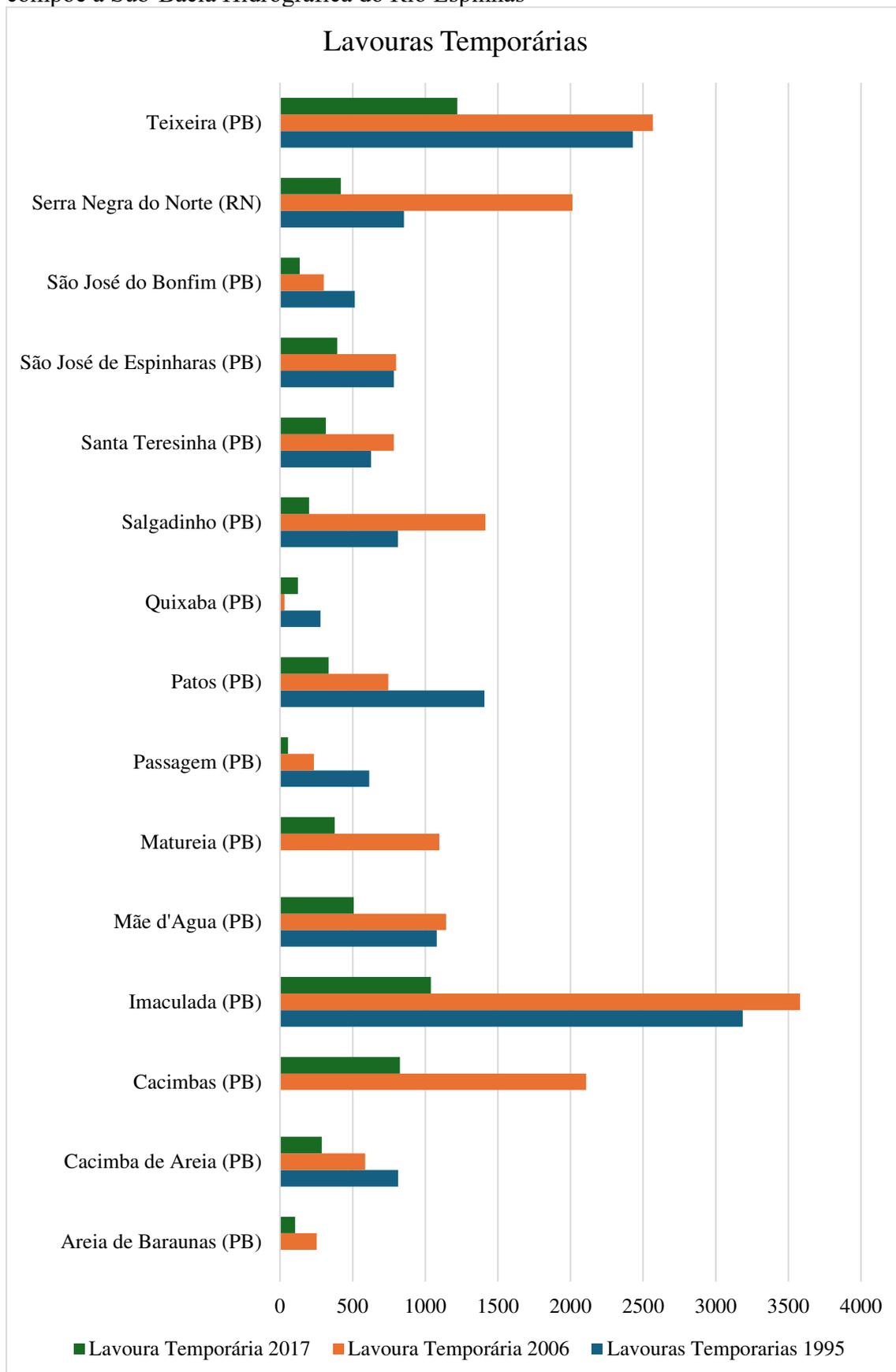
Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

**Anexo 6.** Lavouras Permanentes do Censo de 1995, 2006 e 2017, dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinhas

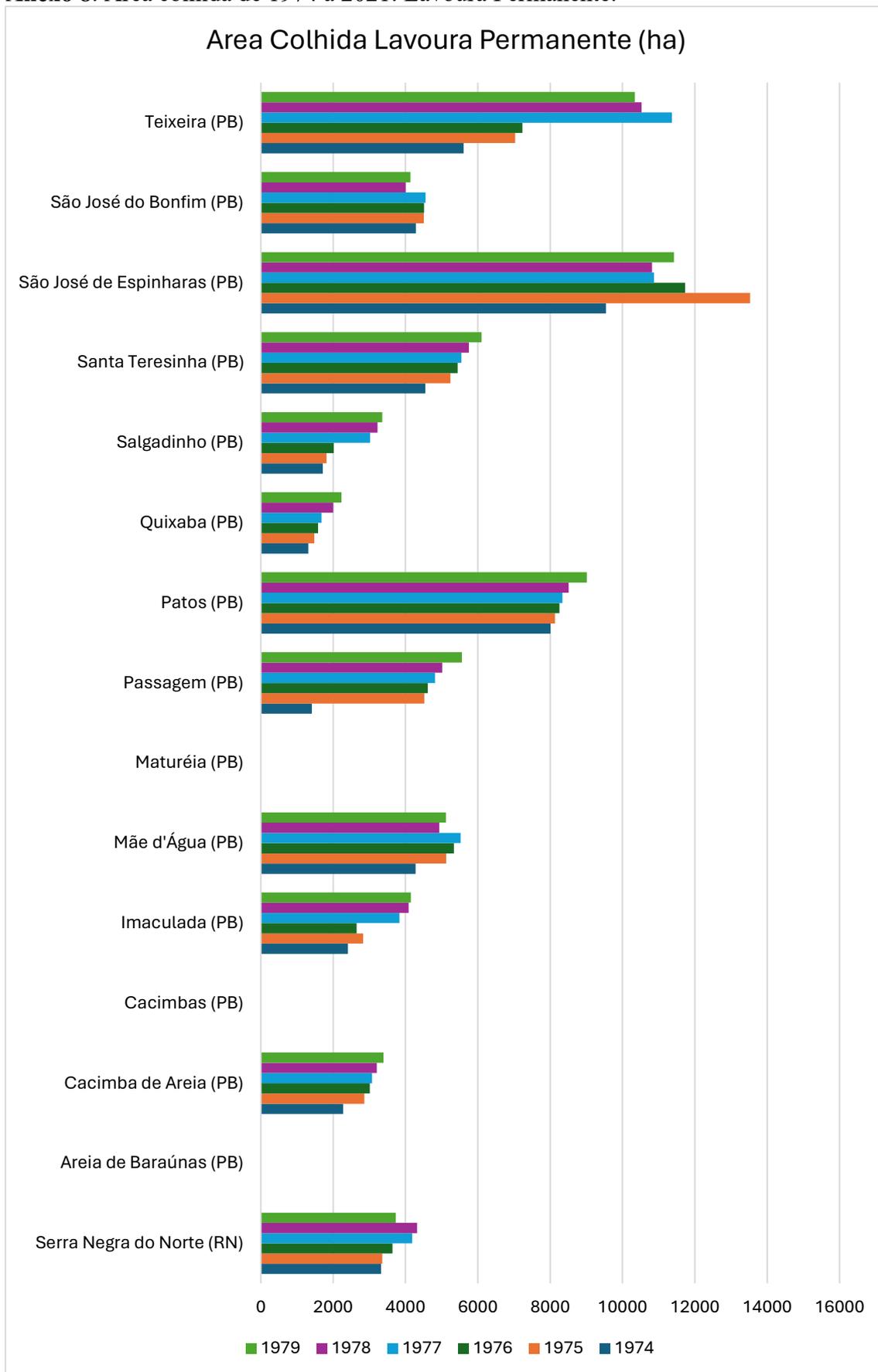


Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

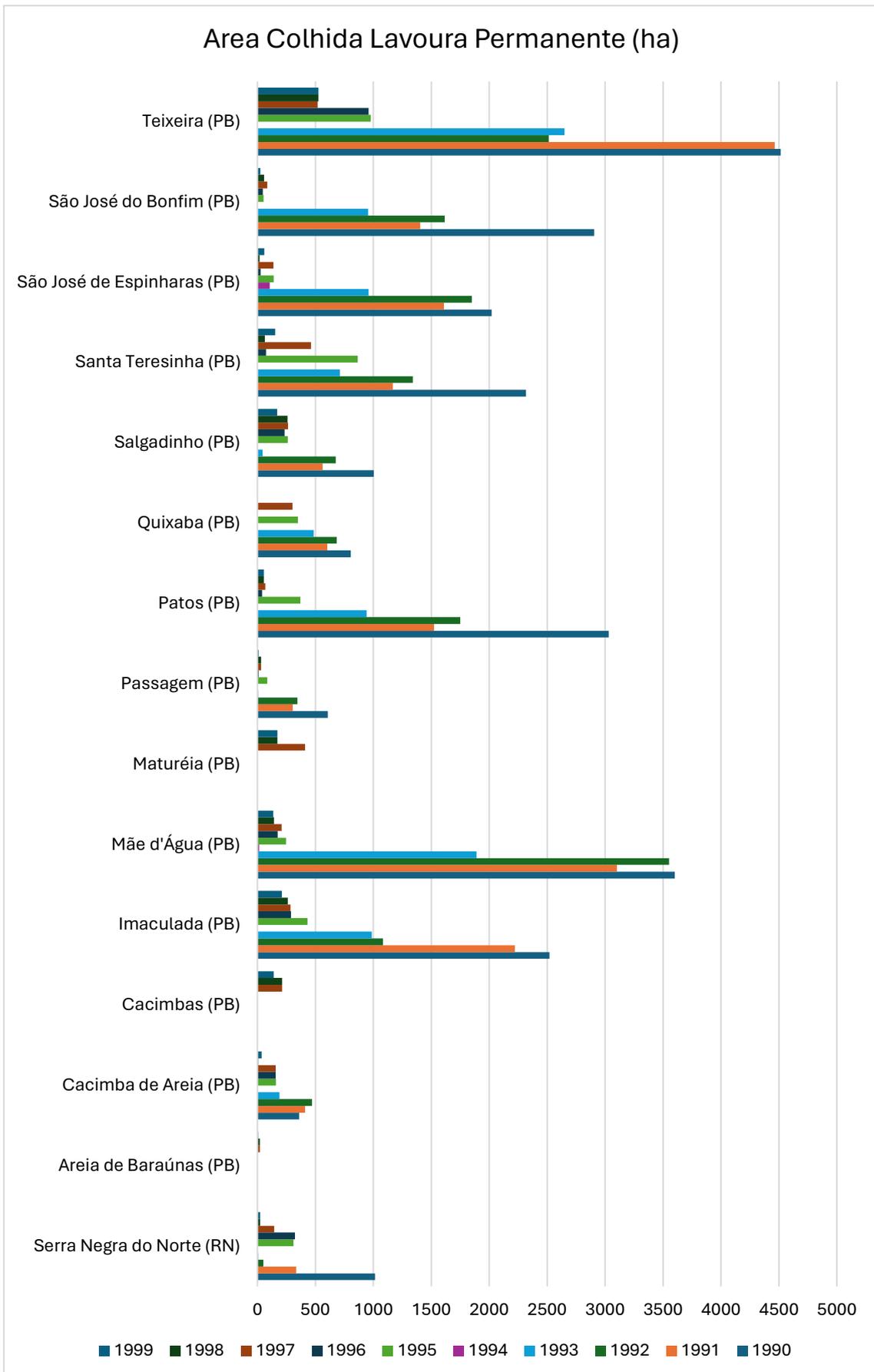
**Anexo 7.** Lavouras Temporárias do Censo de 1995, 2006 e 2017, dos municípios que compõe a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinhas

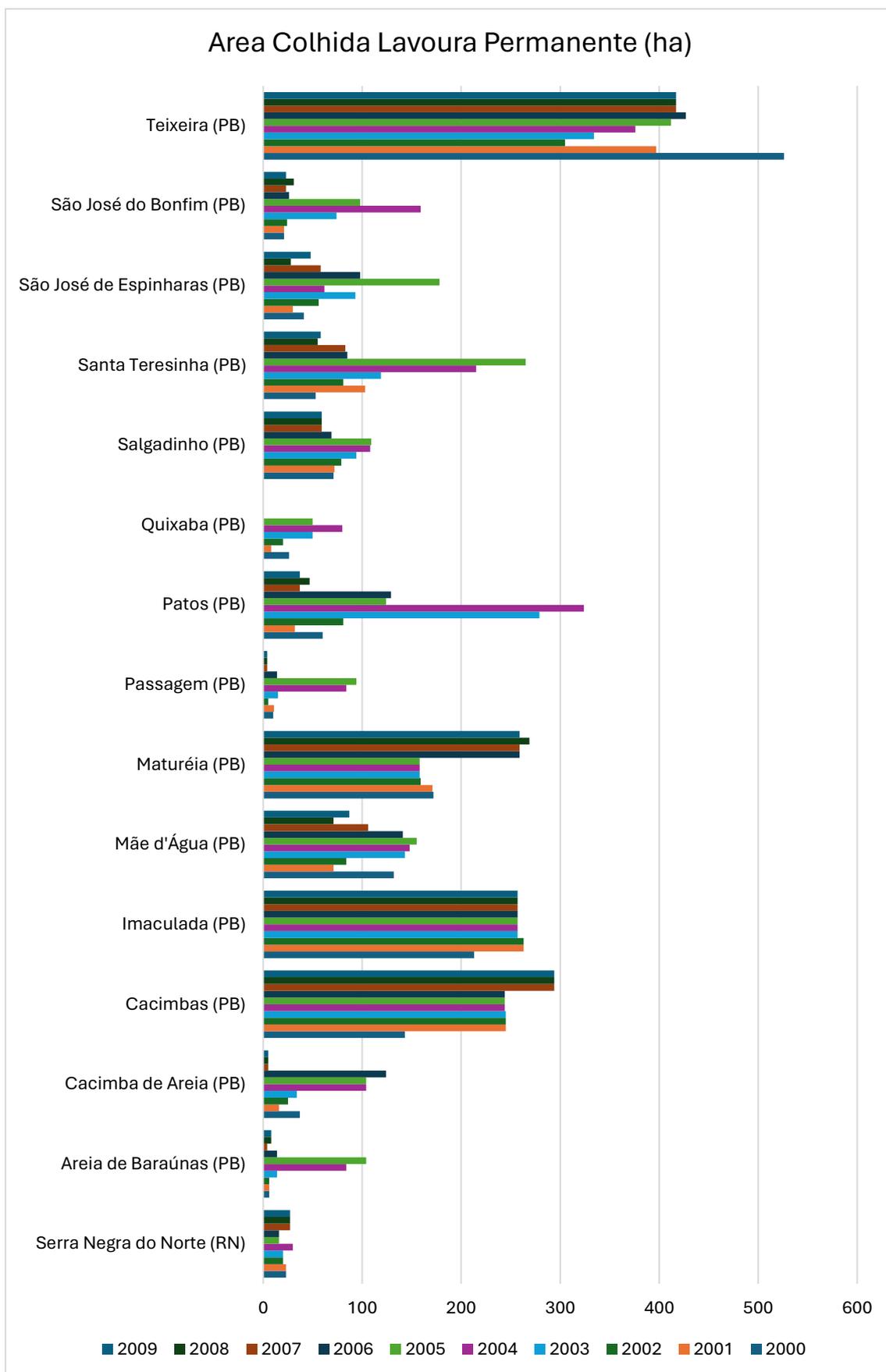


Fonte: Adaptado do IBGE (2023)

**Anexo 8.** Área colhida de 1974 a 2021: Lavoura Permanente.

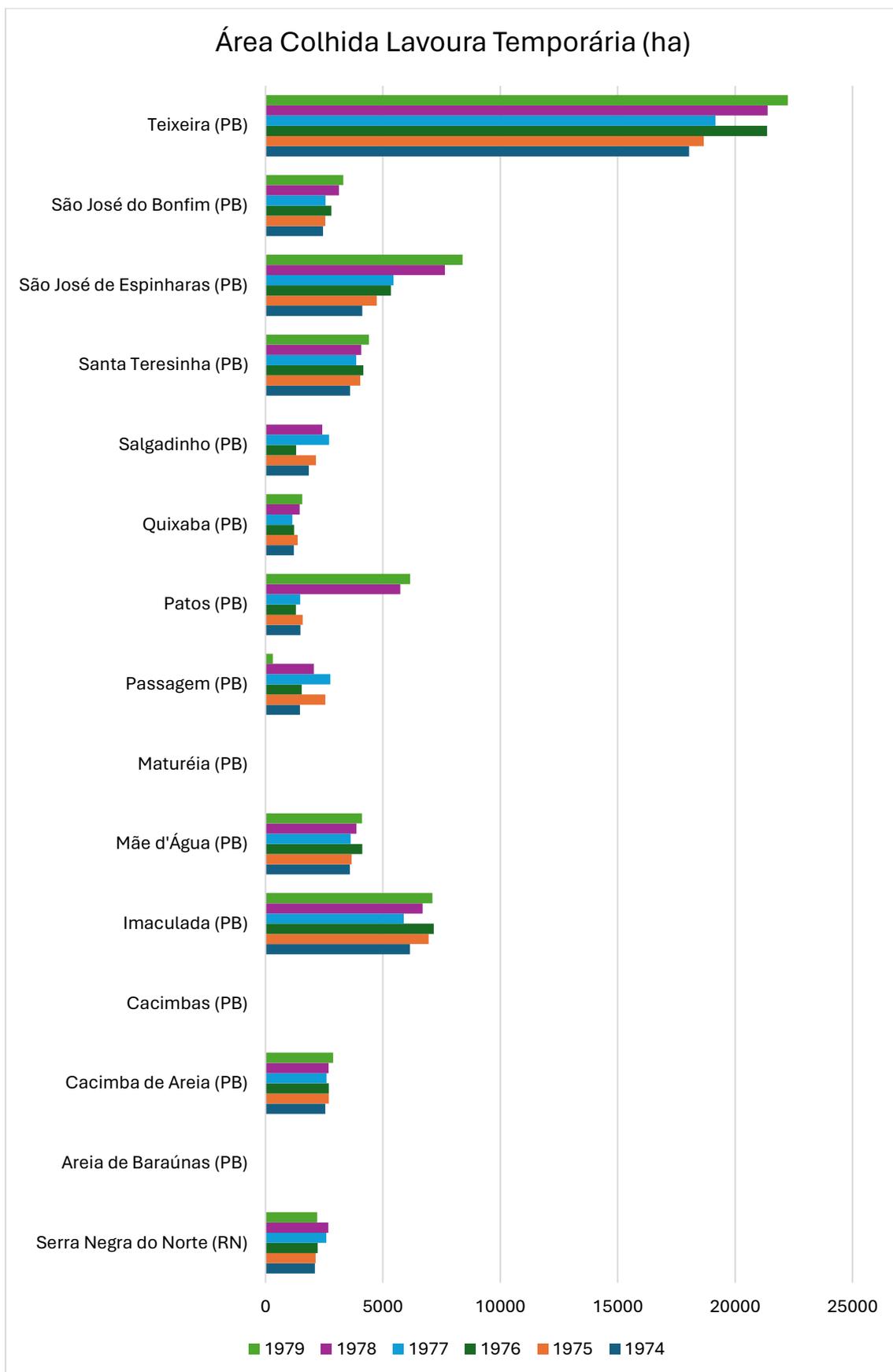


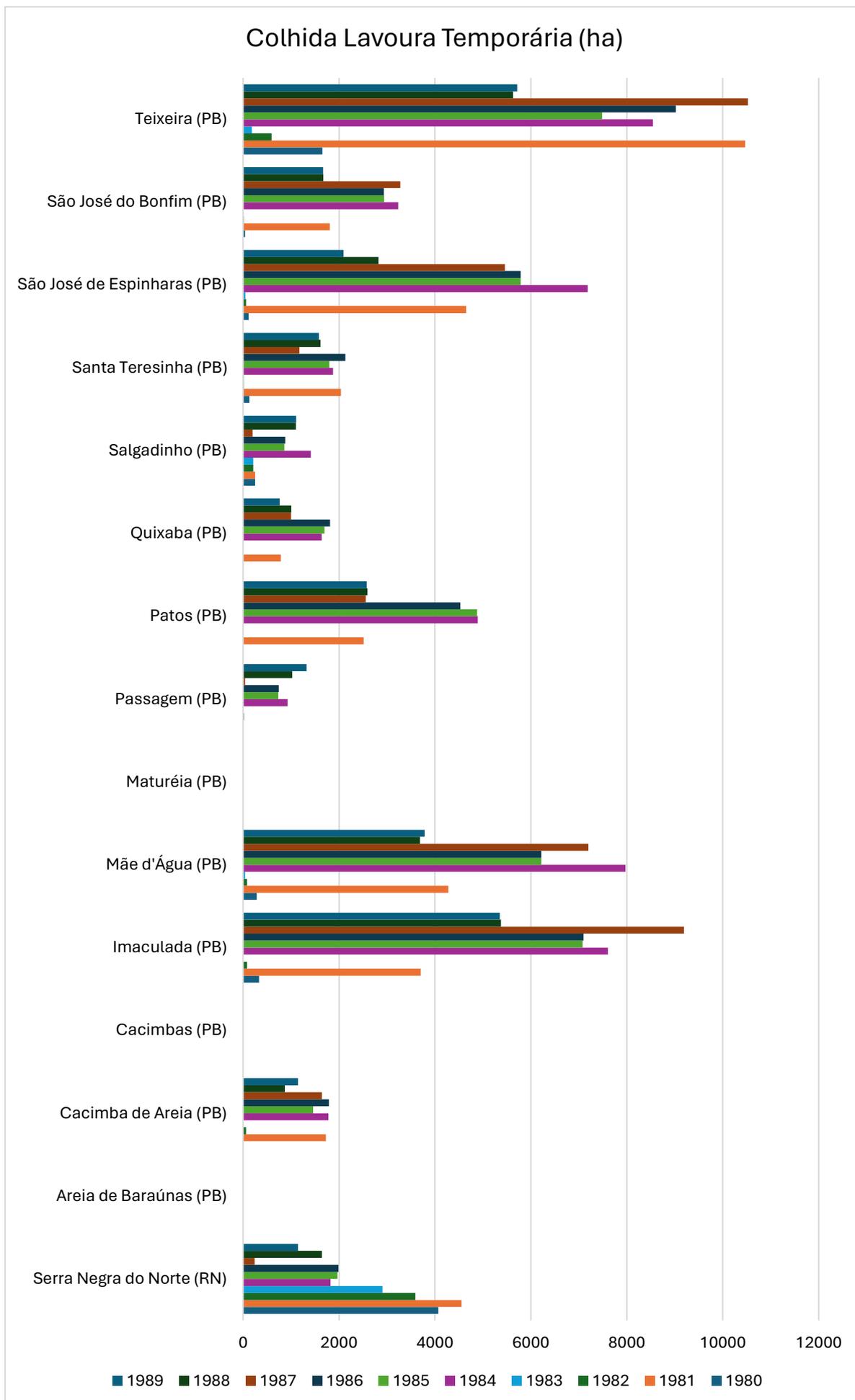


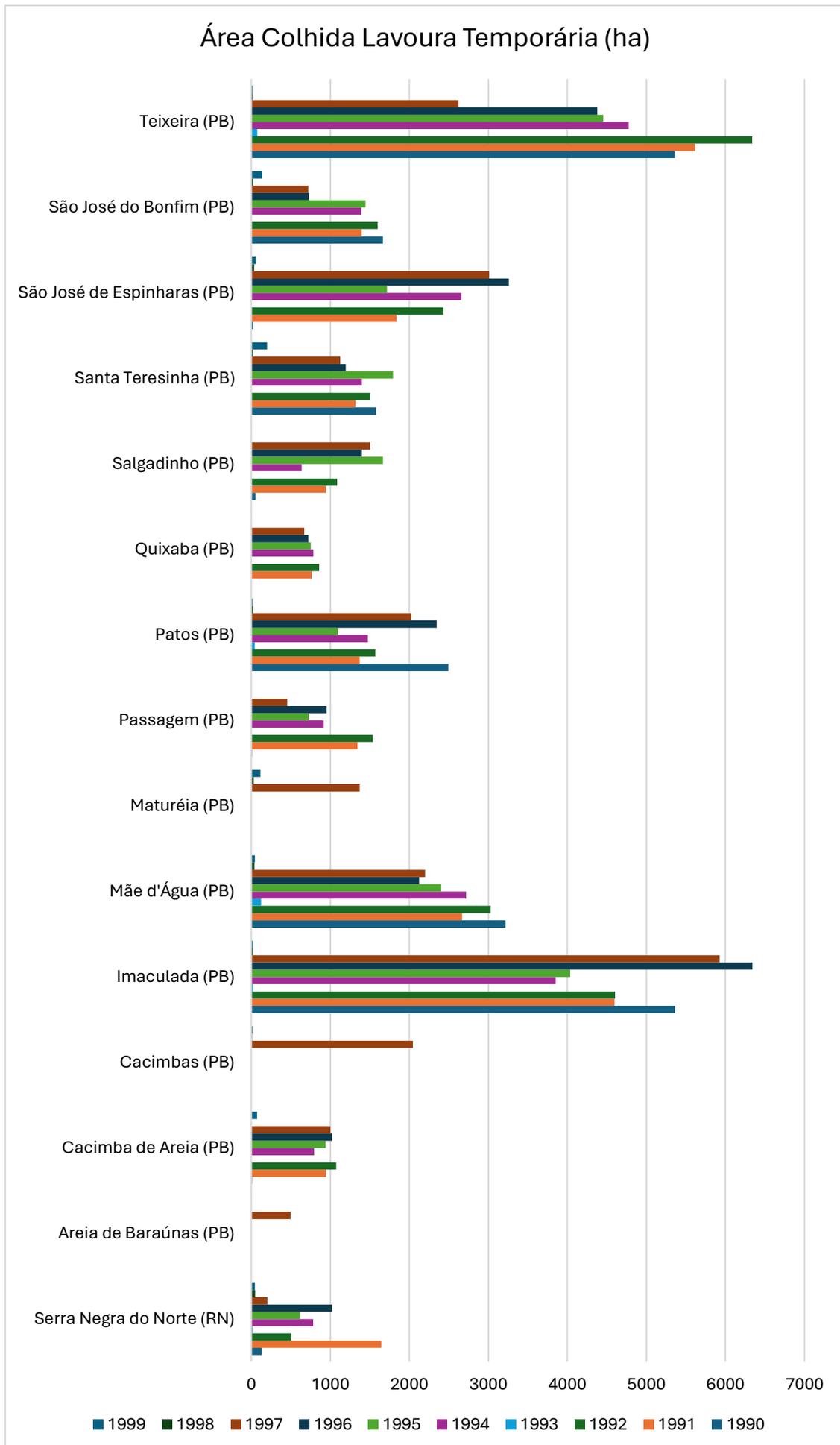




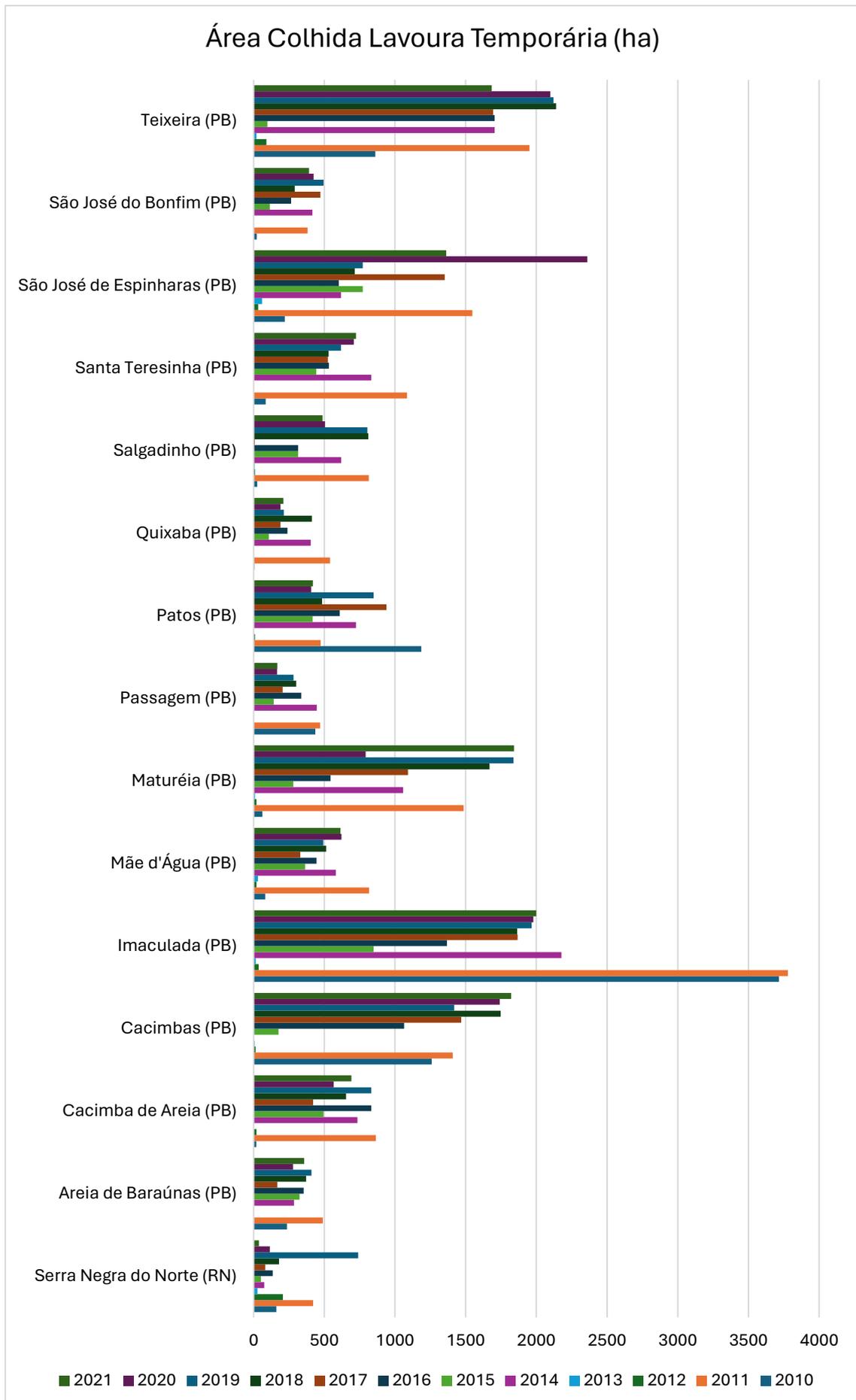
**Anexo 9.** Área colhida de 1974 a 2021: Lavoura temporária.











## Anexo. Animais 2017

	2017	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Aves	Coelhos	Total
Serra Negra do Norte (RN)	10204	-		342	200	86	2389	4743	1381	16131	X	35476
Areia de Baraúnas (PB)	808	-		35	38	9	2467	314	208	2641	-	6520
Cacimba de Areia (PB)	3002	-		90	71	14	1642	1008	358	6220	-	12405
Cacimbas (PB)	1337	X		60	183	47	5200	747	725	29384	X	37683
Imaculada (PB)	3949	-		171	117	19	2211	678	478	30572	X	38195
Mãe d'Água (PB)	1502	-		70	77	27	2202	348	233	6360	X	10819
Maturéia (PB)	872	-		49	53	9	755	109	370	6956		9179
Passagem (PB)	822	-		57	26	9	2508	1299	161	2456	-	7338
Patos (PB)	8844	-		550	212	80	3098	2099	1139	45431	X	61453
Quixaba (PB)	1439	-		61	47	12	1930	495	196	12661	X	16841
Salgadinho (PB)	1021	-		30	70	15	2690	410	343	9564	-	14143
Santa Teresinha (PB)	4253	-		179	105	19	1870	1534	542	17086	-	25588
São José de Espinharas (PB)	14299	-		472	248	110	3128	3678	1423	13992	-	37350
São José do Bonfim (PB)	1259	-		111	70	6	1608	478	320	11604	-	15456
Teixeira (PB)	2117	-		53	163	33	2234	299	1151	25674	X	31724
Acumulado	55728		0	2330	1680	495	35932	18239	9028	236732		6 360170

## Anexo.2006

	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Aves	Coelhos	Total	
Areia de Baraúnas (PB)	1018		9	46		3168	559	329	...		5129	
Cacimba de Areia (PB)	785		22	25		1043	893	71	...	3	2842	
Cacimbas (PB)	400	x	15	109		2159	214	422	...		3319	
Imaculada (PB)	3664		66	96		1961	830	543	...	3	7163	
Mãe d'Água (PB)	562		26	32		1433	118	228	...		2399	
Maturéia (PB)	3756		14	28		1086	61	181	...		5126	
Passagem (PB)	716		18	15		3186	1060	29	...	2	5026	
Patos (PB)	1714		75	85		1179	2307	92	...	4	5456	
Quixaba (PB)	337		14	5		1182	667	7	...	1	2213	
Salgadinho (PB)	767		21	53		1973	450	213	...		3477	
Santa Teresinha (PB)	2537		20	11		1130	1805	86	...		5589	
São José de Espinharas (PB)	2232		73	50		1236	2801	94	...	3	6489	
São José do Bonfim (PB)	1471		22	33		2016	923	82	...	1	4548	
Serra Negra do Norte (RN)	808		16	6		1120	2280	121	...		4351	
Teixeira (PB)	1752		16	64		1395	197	422	...		3846	
Acumulado	22519	0	427	658	0	25267	15165	2920		0	17	66973

## Anexo 1995

	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Aves	Coelhos	Total
Areia de Baraúnas (PB)											0
Cacimba de Areia (PB)	3583	-	69	85	10	1163	1098	246	6255	-	12509
Cacimbas (PB)		-									0
Imaculada (PB)	5273		124	229	35	1981	595	686	22128	-	31051
Mãe d'Água (PB)	1649	-	103	315	64	2158	148	287	10615	-	15339
Maturéia (PB)		-									0
Passagem (PB)	2603		114	352	21	2878	1964	226	5780	-	13938
Patos (PB)	13322	-	460	473	81	1769	2740	238	38869	61	58013
Quixaba (PB)	2534	-	115	74	7	933	610	53	11104	-	15430
Salgadinho (PB)	1779	-	42	321	4	2131	173	367	6397	-	11214
Santa Teresinha (PB)	6936	-	234	253	11	999	1417	352	76062	-	86264
São José de Espinharas (PB)	16971	-	477	337	64	1176	3062	200	6678	-	28965
São José do Bonfim (PB)	3336	-	88	122	10	1188	1011	218	25825	-	31798
Serra Negra do Norte (RN)	14908	-	292	607	107	1175	6614	728	36570	-	61001
Teixeira (PB)	2809	-	54	454	19	2396	164	711	27646	-	34253
Acumulado	75703	0	2172	3622	433	19947	19596	4312	273929	61	399775

Municípios	Bovinos			Caprino			Ovinos		
	1995	2006	2017	1995	2006	2017	1995	2006	2017
Areia de Baraúnas (PB)		1018	808		3168	2467		559	314
Cacimba de Areia (PB)	3583	785	3002	1163	1043	1642	1098	893	1008
Cacimbas (PB)		400	1337		2159	5200		214	747
Imaculada (PB)	5273	3664	3949	1981	1961	2211	595	830	678
Mãe d'Água (PB)	1649	562	1502	2158	1433	2202	148	118	348
Maturéia (PB)		3756	872		1086	755		61	109
Passagem (PB)	2603	716	822	2878	3186	2508	1964	1060	1299
Patos (PB)	13322	1714	8844	1769	1179	3098	2740	2307	2099
Quixaba (PB)	2534	337	1439	933	1182	1930	610	667	495
Salgadinho (PB)	1779	767	1021	2131	1973	2690	173	450	410
Santa Teresinha (PB)	6936	2537	4253	999	1130	1870	1417	1805	1534
São José de Espinharas (PB)	16971	2232	14299	1176	1236	3128	3062	2801	3678
São José do Bonfim (PB)	3336	1471	1259	1188	2016	1608	1011	923	478
Serra Negra do Norte (RN)	14908	808		1175	1120	2389	6614	2280	4743
Teixeira (PB)	2809	1752	2117	2396	1395	2234	164	197	299
Total	75703	22519	45524	19947	25267	35932	19596	15165	18239