

## Grau de preservação de nascentes litorâneas paraibanas utilizando técnicas de geoprocessamento

*Degree of preservation of coastal springs in paraíba using Geoprocessing techniques*

José Hugo Simplicio de Sousa<sup>1</sup>; Paulo Roberto Megna Francisco<sup>1</sup>; João Miguel de Moraes Neto<sup>1</sup>; George do Nascimento Ribeiro<sup>1</sup>; José Nilton Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande da Paraíba, Paraíba, Brasil

Contato: hugosimplicio123@gmail.com

### Palavras-Chave

SICAR  
APP  
ambiental  
modelagem

### RESUMO

Neste estudo, mapearam-se nascentes na região litorânea paraibana por meio de técnicas de geoprocessamento e avaliou-se o grau de preservação. Dados em formato raster de cobertura vegetal foram obtidos no Mapbiomas, shapefiles de Áreas de Proteção Ambiental e dados de diversos trabalhos foram processados no software QGIS® 3.4.2 no entorno das nascentes, utilizou-se um buffer de linha vetorial de 50 m. Para a elaboração do mapa de grau de preservação, realizou-se inicialmente um recorte espacial utilizando a ferramenta Diferença do módulo de geoprocessamento, seguido de classificação das áreas conforme seu estado de conservação. No tratamento estatístico, foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio®. A região litorânea apresentou 819 nascentes identificadas. A bacia do Mamanguape apresentou 404 nascentes devido sua maior área localizada em sua maioria sob os Podzólicos Vermelhos Amarelos. O grau de preservação na classe Preservada seguiu a ordem das bacias Mamanguape < Camaratuba < Abiaí. O grau Moderadamente Preservada não ultrapassou 8,02% das áreas das bacias. Quanto ao grau Moderadamente Degradada, seguiu a ordem Guaju < Gramame < Miriri ocorrendo em relação ao uso da terra. Os graus Degradada e Muito Degradada apresentaram área de 3,47 km<sup>2</sup>. A estatística demonstrou desvio padrão de 0,68 nas classes de graus mais preservadas e valores negativos na curtose nas classes de grau Degradadas.

### Keyword

SICAR  
EPA  
environmental  
modeling

### ABSTRACT

*In this study, springs in the coastal region of Paraíba were mapped using geoprocessing techniques and their degree of preservation was assessed. Raster data on vegetation cover was obtained from Mapbiomas, shapefiles of Environmental Protection Areas, and data from various studies were processed using QGIS® 3.4.2 software in the vicinity of the springs, using a 50 m vector line buffer. To prepare the preservation degree map, a spatial cutout was initially performed using the Difference tool of the geoprocessing module, followed by classification of the areas according to their state of conservation. In the statistical treatment, descriptive data analysis and normality testing were performed using RStudio® software. The coastal region had 819 identified springs. The Mamanguape basin had 404 springs due to its larger area, mostly located under Red-Yellow Podzolic soils. The degree of preservation in the Preserved class followed the order of the Mamanguape < Camaratuba < Abiaí basins. The Moderately Preserved degree did not exceed 8.02% of the basin areas. As for the Moderately Degraded degree, it followed the order Guaju < Gramame < Miriri in relation to land use. The Degraded and Very Degraded degrees presented an area of 3.47 km<sup>2</sup>. The statistics showed a standard deviation of 0.68 in the most preserved degree classes and negative values in the kurtosis in the Degraded degree classes.*

### Informações do artigo

Recebido: 16 de abril, 2025

Aceito: 12 de julho, 2025

Publicado: 30 de agosto, 2025

## Introdução

A qualidade dos biomas e ecossistemas influencia diretamente os recursos hídricos (UNESCO, 2018). No entanto, a deterioração das áreas florestais, o uso intensivo do solo e a perda de biodiversidade impactam negativamente a integridade das fontes superficiais e subterrâneas de água. Globalmente, a demanda hídrica é impulsionada pelo crescimento populacional, urbanização, segurança alimentar e políticas energéticas (UNESCO, 2015). Esse cenário intensifica a exploração de áreas próximas a nascentes, acarretando mudanças na paisagem e impactos ambientais negativos em toda a bacia hidrográfica (ROCHA et al., 2024).

Essa pressão é especialmente crítica nos trópicos áridos e semiáridos, onde já existe um conflito entre demanda e oferta hídrica (RAHMATI et al., 2019). Nessas regiões, as áreas próximas às nascentes dos rios são essenciais para a manutenção e o prolongamento da vida útil dos cursos d'água. No entanto, o avanço das atividades agropecuárias e urbanas contribui significativamente para a redução da proteção desses ecossistemas sensíveis, gerando degradação (EUGÊNIO et al., 2011; FRANÇA et al., 2020; SILVA et al., 2021).

Em ambientes naturais, ocorrem diversas interações essenciais para o equilíbrio ecológico. Pequenos fluxos de escoamento dão origem a corpos d'água, os quais sustentam as necessidades vitais de animais e plantas por meio de seus múltiplos usos. Para garantir a qualidade ambiental, é fundamental que as áreas de vegetação nativa sejam adequadamente conservadas (SILVA et al., 2017). Portanto, a gestão sustentável da terra e da água torna-se uma necessidade urgente, exigindo ações integradas que conciliem preservação e uso racional dos recursos naturais. Nesse contexto de crescente pressão sobre os recursos hídricos, as nascentes emergem como importantes mananciais, singulares e de grande complexidade, essenciais para a formação dos corpos hídricos (SANTANA et al., 2016). Por essa razão, seu monitoramento e conservação são cruciais (JESUS et al., 2018). O regime hidrológico das nascentes está diretamente relacionado à variabilidade ambiental, em especial em relação à geologia e ao clima. A sazonalidade climática influencia diretamente as relações hidrogeológicas e, consequentemente, a permanência da exfiltração nas nascentes (FELIPPE & MAGALHÃES JÚNIOR, 2020). Áreas com estações secas muito marcadas e com menores volumes pluviométricos irão apresentar, predominantemente, fluxos intermitentes, ou até efêmeros (SOUZA & ALMEIDA, 2015).

As nascentes são fundamentais para manutenção do equilíbrio hidrológico das bacias hidrográficas, constituindo-se como as principais fontes de água de um rio (FELLIPE & MAGALHÃES JÚNIOR, 2020).

Portanto, devem ser preservadas e monitoradas. Diferentes fatores podem contribuir para a manutenção de uma nascente como, por exemplo, a vegetação em seu entorno.

De acordo com Skorupa (2003), nas áreas de nascentes e em regiões circunvizinhas, a vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o impacto direto sobre o solo e a sua compactação. Dessa forma, ela colabora para que o solo permaneça poroso e capaz de absorver a água das chuvas, alimentando os lençóis freáticos. Adicionalmente, evita que o escoamento superficial excessivo de água carregue partículas de solo e resíduos tóxicos provenientes das atividades agrícolas para o leito dos cursos d'água. Esses resíduos podem afetar a qualidade da água e as partículas de solo podem causar o assoreamento e diminuir a vida útil dos reservatórios (FELIPPE et al., 2014).

Dessa forma, Souza e Fernandes (2000) relacionam a proteção das nascentes com as práticas corretas do manejo integrado de bacias hidrográficas. Esse manejo envolve a elaboração de diagnósticos que levantam os problemas da bacia hidrográfica, identificam os conflitos e indicam as possíveis soluções em todos os níveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação do meio ambiente (SILVA & RAMOS, 2001).

Conforme Donadio et al. (2005), a legislação vigente no Código Florestal Brasileiro determina que as áreas de nascentes, mesmo as intermitentes e os olhos d'água, devem ter em seu entorno uma área de mata preservada de, no mínimo, 50 metros, contando a partir das margens, que são geralmente desrespeitadas em função da ocupação desordenada proveniente de atividades agrícolas.

Como as nascentes são fontes primordiais de água, elas devem ser preservadas para que a sua quantidade seja mantida. Essa preservação se dá por diversas maneiras, sendo uma delas a manutenção da vegetação no seu entorno auxiliando nos processos de movimentação da água, como a infiltração e a percolação (TEIXEIRA & RIZZATTI, 2022).

No Brasil existe um vasto acervo de informações sobre nascentes, em especial os registros do Cadastro Ambiental Rural - CAR. O CAR representa hoje o maior instrumento de regularização ambiental nas terras agrícolas, sendo também uma ferramenta essencial para o planejamento e gestão ambiental dessas áreas (DIAS, 2022). O CAR é um registro eletrônico autodeclaratório, de domínio público, que tem por finalidade quantificar os imóveis rurais do país, bem como atuar como ferramenta de gestão ambiental e fiscalização da vegetação nativa em propriedades privadas (BRASIL, 2012).

Devido à ampla distribuição espacial das nascentes, o sensoriamento remoto e as geotecnologias têm se tornado o centro das análises ambientais sobre o tema, em especial as análises exploratórias, cadastrais e de avaliação na escala de abordagem de bacias hidrográficas (CÂNDIDO et al., 2015; BOSQUILIA et al., 2016; VENDRUSCULO & ZOLIN, 2019). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) e as técnicas de sensoriamento remoto têm se mostrado ferramentas eficientes para estudos de bacias hidrográficas (GHOSH & GOPE, 2021).

O uso das geotecnologias, oferecem flexibilidade e precisão na determinação de resultados, aliadas à capacidade de manipulação e armazenamento de dados com alta resolução espacial. Essa tecnologia permite a avaliação e o monitoramento quantitativo e qualitativo de fenômenos e eventos ambientais, fornecendo informações essenciais que subsidiam a tomada de decisões por órgãos públicos e privados (DOMINGUES et al., 2020; CRISPIM et al., 2021; SERVIDONI et al., 2021; ESTEVES et al., 2023).

Pesquisas na região Litorânea do Estado da Paraíba, quanto à avaliação ambiental das nascentes foram realizados por Costa (2011), Bonfim et al. (2015), Silva (2015), Soares (2015), Araújo et al. (2016), Silva et al. (2016), Queirós (2019), Amorim et al. (2023) e Diniz et al. (2024).

Portanto, neste trabalho teve-se por objetivo, avaliar o grau de preservação e mapear áreas de nascentes de região litorânea paraibana por meio de técnicas de geoprocessamento.

## Material e Métodos

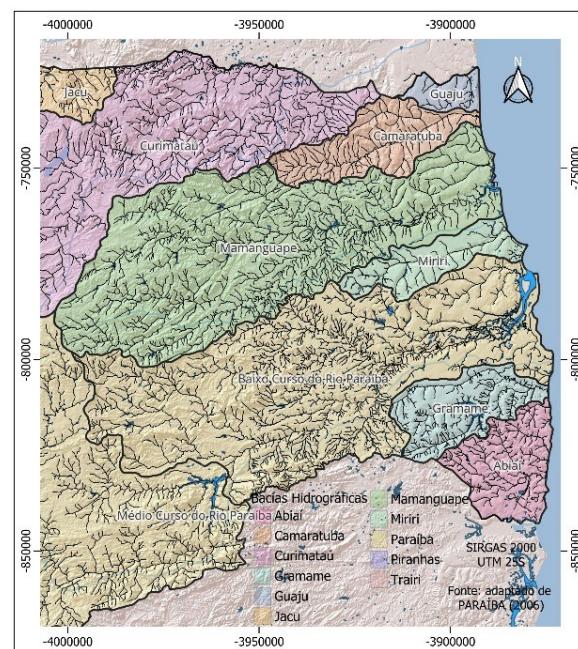
### Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas Litorâneas Paraibana, de acordo com PARAÍBA (2006), composta pelas bacias do Guaju ( $152,62 \text{ km}^2$ ), Camaratuba ( $637,16 \text{ km}^2$ ), Mamanguape ( $3.522,69 \text{ km}^2$ ), Miriri ( $436,19 \text{ km}^2$ ), Baixo Curso do Rio Paraíba ( $3.925,40 \text{ km}^2$ ), Gramame ( $589,38 \text{ km}^2$ ) e Abiaí ( $585,51 \text{ km}^2$ ), perfazendo um total de  $9.848,95 \text{ km}^2$  de área aproximadamente. A drenagem desta área ocorre em sentido Oeste a Leste (Figura 1). Conforme Caniello e Rodrigues (2022), na Paraíba, os rios litorâneos nascem na Serra da Borborema e seguem em direção ao litoral para desaguar no Oceano Atlântico.

O clima da região Litorânea caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a  $30^\circ\text{C}$ ) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações ( $< 700 \text{ m}$ ). Conforme Francisco et al. (2015), a distribuição da precipitação pluviométrica (Figura 2), ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual

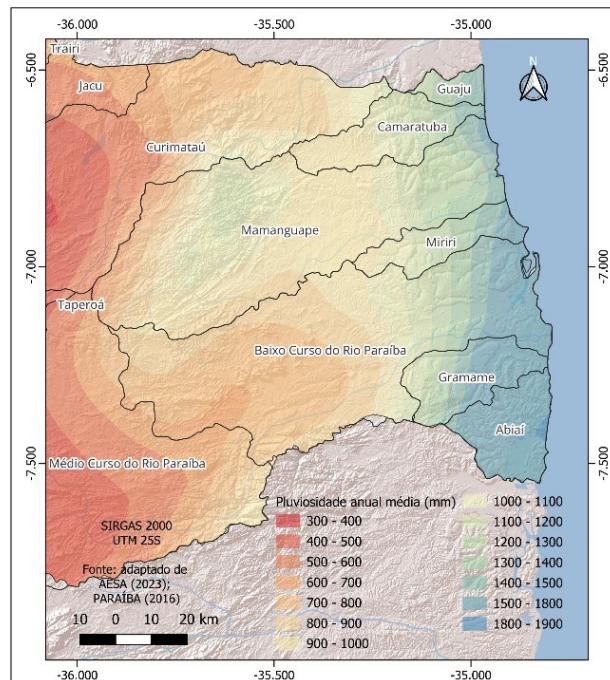
demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação, em que a média varia entre 1.200 a  $1.600 \text{ mm}$ , região mais úmida que, de acordo com Varejão-Silva et al. (1984), pode ultrapassar aos  $1.600 \text{ mm}$ .

Figura 1. Bacias hidrográficas e drenagem principal.



Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

Figura 2. Pluviosidade média anual da região Litorânea.

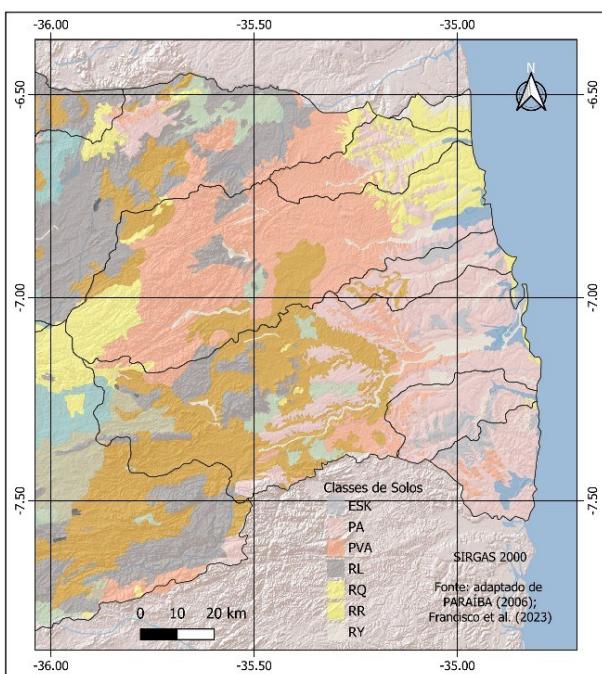


Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2024).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta o clima ‘Aw’ e o clima tipo ‘Am’ no Litoral Norte e no Sul, respectivamente, o tipo climático ‘As’ em região parcial do Litoral (FRANCISCO et al., 2015).

Segundo Francisco (2010), é uma região geográfica formada pelas Várzeas e Tabuleiros. Nas áreas de Várzeas e baixadas litorâneas, com exceção das Dunas e dos Mangues, a terra é intensivamente ocupada pela cana-de-açúcar, coqueiros, fruteiras diversas e culturas de subsistência. Nas áreas de Tabuleiros, os solos são originados de sedimentos argilosos da Era Terciária - Formação Grupo Barreiras ao Sul (Latossolos e Argissolos), e ao Norte, por sedimentos arenosos desta mesma formação (Neossolos Quartzarenicos) (Figura 3). Nos Tabuleiros Costeiros os solos são comumente pobres e ácidos. Apesar da baixa fertilidade dos solos, pela correção e adubação química, estas áreas são hoje, amplamente ocupadas pela agricultura da cana-de-açúcar, além de abacaxi, inhame e mandioca.

Figura 3. Solos da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2023); PARAÍBA (2006).

## Procedimentos

Dados em formato *raster* de cobertura vegetal do ano de 2022, provenientes do satélite Sentinel-2 (10 metros de resolução), foram obtidos no Mapbiomas (2025). Utilizando o software QGIS® 3.4.2, esses dados foram geoespecializados e recortados com base no *shape* das bacias hidrográficas (PARAÍBA, 2006).

O MapBiomas® é uma ferramenta de geotecnologias com um sistema de validação e refinamento com imagens de alta resolução (MAPBIOMAS, 2019), em que, todo o processamento é feito na nuvem e as classificações supervisionadas são feitas por algoritmos de aprendizagem de máquina na plataforma *Google Earth Engine* (GORELICK et al., 2017).

Dados em formato *shape* de Área de Proteção Ambiental (APP), em que constam nascentes e olhos d'água da região de estudo, foram obtidos no SICAR (2024) e gerada a linha vetorial de contorno de 50 metros ao entorno das nascentes (BRASIL, 2002) com a utilização da ferramenta *buffer*.

Vários pontos georreferenciados de nascentes foram obtidos em diversos trabalhos, como os de Costa (2011), Silva et al. (2013), Souza et al. (2014), Santos e Toscano (2015), Silva (2015), Silva et al. (2016), Oliveira et al. (2016), Leite (2017), Santos (2018), Queirós (2019), Borges et al. (2019), Oliveira e Neiman (2020), Silva (2023), Targino (2024), Diniz et al. (2024), Freire et al. (2024).

Na modelagem para a elaboração do mapa de grau de preservação, o arquivo do Mapbiomas foi recortado utilizando o *shape* de contorno das nascentes por meio da ferramenta diferença do módulo geoprocessamento, e após reclassificado utilizando-se a ferramenta do GRASS® 8.4 *r.reclass* de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros da classificação do grau de preservação das nascentes

Tipo de Vegetação	Grau de Preservação
Floresta	Preservada
Formação natural não Florestal	Moderadamente preservada
Agricultura	Moderadamente degradada
Pastagem	Degrada
Não vegetada	Muito degradada

Fonte: Adaptado de Mapbiomas (2024).

## Análise estatística

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio® v.2025. Para verificar se os conjuntos de dados extraídos das áreas classificadas por grau de preservação procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos Shapiro-Wilk (1965), Lilliefors (1967), Pearson (1892) e Jarque-Bera (1987). Para a tendência, foi realizado o teste de Man Kendall não paramétrico (MANN, 1945; KENDALL & STUART, 1967).

## Resultados e Discussão

### Distribuição das nascentes

Os resultados obtidos revelam que a bacia hidrográfica do Mamanguape, localizada na região central litorânea, apresenta o maior número de nascentes, conforme destacado na Tabela 2 e na Figura 4. Esse padrão pode ser atribuído à sua maior extensão territorial e às características geográficas únicas, como a presença do Planalto da Borborema, região do Brejo com maior altitude. Os solos na região são os Podzólicos Vermelhos Amarelos, com predominância no litoral dos Neossolos Quartzarênicos.

Tabela 2. Distribuição das nascentes

Bacia/Sub-bacia	Quantidade
Abiaí	134
Baixo Curso do Rio Paraíba	133
Camaratuba	31
Gramame	98
Guajú	11
Mamanguape	404
Miriri	8
<b>Total</b>	<b>819</b>

Já a bacia do Abiaí, localizada ao sul do Estado, região com maior índice de pluviosidade, apresenta 134 nascentes, seguida da região do Baixo Curso do Rio Paraíba, com 133 nascentes identificadas, onde nestas predominam os Podzólicos Amarelos. Ao leste da bacia do Baixo Curso, predominam os Luvissolos e Neossolos Litólicos. Caracterizam-se por serem rasos, com baixa capacidade de infiltração em razão das características do clima e da geomorfologia (SANTOS et al., 2018). A bacia do Gramame apresenta 98 nascentes identificadas, estas associadas a Podzólicos Amarelos, predominantemente.

Na região litorânea norte, as bacias Camaratuba e Guaju apresentam 31 e 11 nascentes, respectivamente. Estas nascentes se encontram em sua maioria em Neossolos Quartzarênicos.

Esses solos são caracterizados por baixa coesão, elevada permeabilidade e capacidade reduzida de retenção hídrica (SOUZA, 2022).

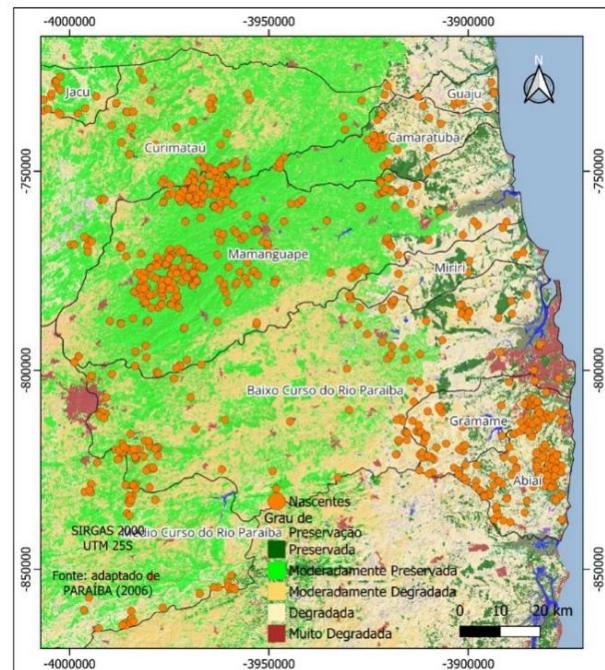
Tabela 3. Distribuição espacial do grau de preservação de nascentes

Grau de Preservação	Abiaí		Gramame		Baixo Curso do Rio Paraíba		Camaratuba		Guajú		Mamanguape		Miriri	
	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%
Preservada	7,25	73,22	4,04	54,01	5,42	57,26	1,78	75,08	0,42	50,18	23,53	83,98	0,36	58,27
Moderadamente Preservada	0,12	1,24	0,004	0,05	0,23	2,44	0,19	8,02	0,03	3,63	1,88	6,71	-	-
Moderadamente Degradada	2,51	25,35	3,25	43,42	2,29	24,12	0,34	14,52	0,39	46,19	0,94	3,37	0,26	41,25
Degrada	0,02	0,19	0,19	2,52	1,40	14,81	0,06	2,38	-	-	1,47	5,24	0,003	0,48
Muito Degrada	-	-	-	-	0,13	1,37	-	-	-	-	0,20	0,70	-	-
<b>Total</b>	<b>9,90</b>	<b>100</b>	<b>7,48</b>	<b>100</b>	<b>9,47</b>	<b>100</b>	<b>2,36</b>	<b>100</b>	<b>0,84</b>	<b>100</b>	<b>28,02</b>	<b>100</b>	<b>0,62</b>	<b>100</b>

As demais bacias apresentam valores acima de 50% de preservação. As análises das bacias hidrográficas revelam um quadro preocupante de degradação ambiental.

Na bacia do Miriri, região central litorânea, localizam-se somente 8 nascentes identificadas neste trabalho.

Figura 4. Distribuição espacial das nascentes quanto ao grau de preservação.



Fonte: Adaptado de Mapbiomas (2024); SICAR (2024); PARAÍBA (2006).

### Grau de preservação de nascentes

Pela Tabela 3, verifica-se a distribuição espacial das áreas que perfazem o raio de 50 metros como de Preservação Ambiental, em que, a maior área proporcional de grau da classe Preservada localiza-se na bacia hidrográfica do Mamanguape, com 83,98%, também apresentando área de 28,02 km², em relação à demais, seguida de Camaratuba e Abiaí com 75,08 e 73,22%, respectivamente.

Nas bacias de Guaju, Gramame e Miriri, observa-se que 41,25 a 46,19% das Áreas de Preservação Permanente (APPs) encontram-se na classe Moderadamente

Degrada, enquanto nas demais bacias esse índice não ultrapassa 25,35%.

Essa situação se agrava quando se considera as classes Degrada e Muito Degrada, que somam 3,47 km<sup>2</sup> em todas as bacias estudadas, demonstrando a urgência de medidas de recuperação conforme previsto no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012).

Em estudo realizado por Ferreira (2011) na sub-bacia do rio Poxim, constatou que 90% das 20 nascentes analisadas apresentavam significativa antropização, sendo 65% classificadas como altamente degradadas.

A ocupação do solo nessas áreas era marcada principalmente por atividades agrícolas (50%) e pastagens (35%), com apenas duas nascentes (10%) mantendo condições adequadas de preservação, caracterizadas por um raio mínimo de 50 metros de vegetação no entorno. Esses dados corroboram com as observações de Gomes et al. (2005) e Fonseca e Gontijo (2019), que identificaram a interferência antrópica como principal fator de degradação, especialmente em áreas próximas a residências e estabelecimentos humanos, resultando em problemas como presença de lixo, assoreamento, compactação do solo e contaminação hídrica.

Diante desse cenário, diversas pesquisas apontam medidas eficazes para recuperação dessas áreas. O isolamento imediato das nascentes em um raio de 50 metros surge como ação prioritária (PINTO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2017), seguido do cercamento e reflorestamento do entorno (RANGEL et al., 2006; RAMOS & SANTOS, 2018). No entanto, como destacam Lamb e Lawrence (1993), essas intervenções devem considerar também os aspectos socioeconômicos locais, pois o sucesso das ações depende diretamente do envolvimento das comunidades e proprietários de terras.

Os estudos de Cardoso e Aquino (2013) na microbacia do riacho do Roncador, no Maranhão, e de Silva et al. (2022) na sub-bacia do rio dos Monos, na Bahia, reforçam a relação direta entre o uso inadequado do solo e a degradação das nascentes. Em ambos os casos, as

áreas próximas a pastagens e atividades humanas intensivas apresentaram os piores índices de qualidade ambiental, com vegetação significativamente comprometida. Como concluem Corrêa et al. (1996) e Arana et al. (2018), a maioria dos impactos ambientais está intrinsecamente ligada à falta de proteção adequada das APPs, afetando toda a dinâmica hídrica da região.

Portanto, fica evidente a necessidade de implementação urgente de programas integrados de recuperação, que combinem ações técnicas comprovadas com políticas públicas eficientes e participação comunitária. Como sugere Holanda (2022), o planejamento adequado das atividades agrícolas e pecuárias é fundamental para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos, demonstrando que a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico podem e devem caminhar juntos.

A situação exige ações em múltiplas frentes: fortalecimento da fiscalização ambiental, implementação de programas de educação ambiental continuada, desenvolvimento de alternativas econômicas sustentáveis para as comunidades locais, e investimento em pesquisa aplicada para o desenvolvimento de técnicas inovadoras de recuperação. Somente através de uma abordagem integrada e multidisciplinar será possível garantir a proteção efetiva desses ecossistemas essenciais, assegurando a disponibilidade de recursos hídricos de qualidade para as atuais e futuras gerações.

## Dados estatísticos

Na Tabela 4, observa-se os dados obtidos das APPs quanto aos dados estatísticos, à classe Preservada, apresentam valor máximo de área de 23,53 km<sup>2</sup>, com o maior desvio padrão e maior alcance em relação às demais bacias, juntamente com a maior média e maior valor mínimo.

Tabela 4. Dados estatísticos

Grau de Preservação	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Alcance	Curtose
Preservada	0,36	23,53	6,11	4,04	8,10	23,17	0,14
Moderadamente Preservada	0,00	1,88	0,35	0,12	0,68	1,88	0,67
Moderadamente Degrada	0,26	3,25	1,43	0,94	1,23	2,99	-1,92
Degrada	0,00	1,47	0,45	0,06	0,68	1,47	-1,61
Muito Degrada	0,00	0,20	0,05	0,00	0,08	0,2	-1,14

As classes Moderadamente Preservada e Moderadamente Degrada apresentam um desvio padrão de 0,68 e com menor valor na classe Muito Degrada, ambas com valores negativos em sua curtose.

Na Tabela 5 dos testes estatísticos observa-se que a variável Moderadamente Degrada apresenta leve

diferença entre as demais variáveis e os testes realizados. No entanto, todos os testes são aceitos.

A Figura 5, que apresenta os *boxplots* dos graus de preservação, revela que a classe Preservada (Figura 5a) exibe uma média de 5 km<sup>2</sup> entre as bacias analisadas, com exceção da bacia do Mamanguape, que se destaca com o maior valor.

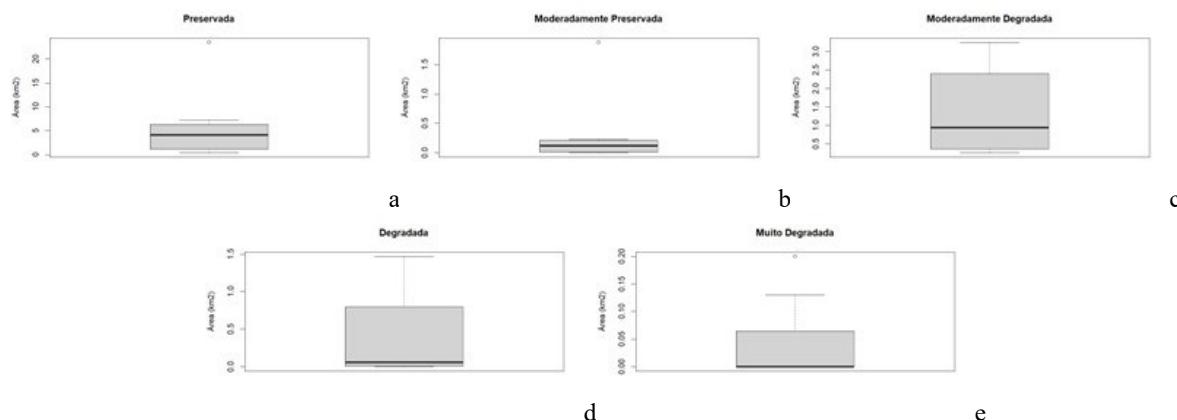
Tabela 5. Testes estatístico

Variável/Teste	Shapiro-Wilk		Pearson		Mann-Kendall		Lilliefors		Jarque-Bera	
	W	p-valor	P	p-valor	tau	p-valor	D	p-valor	X <sup>2</sup>	p-valor
Preservada	0,7358	0,0090	8	0,0183	-0,4290	0,2296	0,3014	0,0539	35,756	0,1673
Moderadamente preservada	0,5742	0,0001	8	0,0183	0	1	0,4271	0,0003	5,671	0,0587
Moderadamente degradada	0,8549	0,1363	22,857	0,3189	-0,6190	0,0715	0,2284	0,3278	0,8419	0,6564
Degrada	0,6761	0,0020	13,714	0,0011	-0,0976	0,8793	0,3630	0,0058	1,349	0,5094
Muito degradada	0,6507	0,0010	13,714	0,0011	0,1970	0,7038	0,4292	0,0003	1,576	0,4548

Por outro lado, a classe Moderadamente Degradada (Figura 5c) demonstra uma menor variação da média entre as bacias, indicando que essas classes apresentam pouca dispersão nos dados em comparação com as outras classes, como a Preservada.

As classes Degrada e Muito Degrada (Figuras 5d e 5e) apresentam valores de variação baixos,

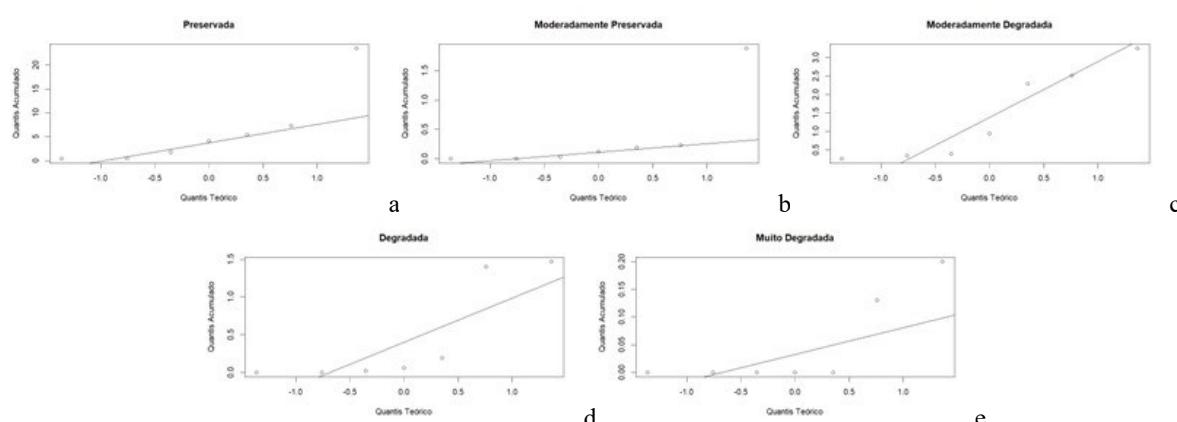
Figura 5. Boxplot dos graus de preservação (a) Preservada, (b) Moderadamente Preservada, (c) Moderadamente Degradada, (d) Degrada, (e) Muito Degradada.



Pela Figura 6, observa-se que os *quantis* das classes Degrada (Figura 6d) e Muito Degrada (Figura 6e), se apresentam com assimetria à direita da reta de distribuição dos valores, indicando que a maioria das áreas possui níveis moderados de degradação, enquanto poucas áreas apresentam valores extremamente altos de degradação, caracterizando uma distribuição desigual com

cauda alongada para a direita. Isso sugere que, embora a degradação seja predominante nessas classes, existem locais específicos com impactos ambientais significativamente mais severos, possivelmente devido a fatores como pressão antrópica intensa ou condições ambientais particulares.

Figura 6. Quantis dos graus de preservação (a) Preservada, (b) Moderadamente Preservada, (c) Moderadamente Degradada, (d) Degrada, (e) Muito Degradada.



## Conclusão

A classe "Preservada" mostrou maior variabilidade (com desvio padrão de 8,10), enquanto as áreas degradadas apresentaram distribuição assimétrica, indicando que embora a maioria tenha níveis moderados de degradação, existem pontos críticos com danos extremos. Esses achados reforçam a necessidade urgente de ações diferenciadas por bacia hidrográfica, priorizando as regiões mais afetadas. A pesquisa comprovou ainda a eficácia das geotecnologias como ferramenta essencial para o diagnóstico preciso e monitoramento contínuo desses ecossistemas frágeis.

A recuperação e preservação das nascentes litorâneas paraibanas exigem uma estratégia integrada e complexa. Medidas imediatas como o cercamento das áreas e reflorestamento com espécies nativas devem ser implementadas segundo os parâmetros legais de 50 metros de raio de proteção. Paralelamente, é fundamental estabelecer um sistema permanente de monitoramento baseado nas geotecnologias testadas neste estudo, capaz de gerar alertas precoces sobre processos de degradação.

## Referências Bibliográficas

- AMORIM, R.F.; SOUZA, J.O.P.; SOUSA, S.B. Condição ambiental de nascentes perenes e intermitentes no Nordeste brasileiro - bacias no RN e na PB. *Revista Contexto Geográfico*, v.8, n.17, p.36-50, 2023.
- ARANA, A.R.A.; BEZERRA, J.P.P.; GONÇALVES, D.L.; LEAL, A.C. Gestão das águas e planejamento ambiental: áreas de preservação permanente no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio - SP. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.11, n.02 p.674-686, 2018.
- ARAÚJO, A.P.S.; DANTAS, A.Q.N.; OLIVEIRA, C.L.; GALDINO, V.A.; ROCHA, G.D.C.; BARBOSA, E.C.A. Análise ambiental das nascentes do Parque Zoobotânico Arruda Câmara, município de João Pessoa-PB, utilizando ferramentas de geoprocessamento. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 4, 2016, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2016.
- BORGES, D.W.S.; SILVA, F.R.; SILVA, I.C. Território das águas: Avaliação ambiental da nascente do Rio Camaratuba entre os municípios de Duas Estradas/PB e Serra da Raiz/PB. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, v.21, n.2, p.1268-1276, 2019.
- BOSQUILIA, R.W.D.; FIORIO, P.R.; DUARTE, S.N.; BARROS, P.P.S. Diferentes imagens de satélite no mapeamento visual de drenagens e nascentes em amostras circulares. *Interciência*, v.41, n.4, p.254-259, 2016.
- BONFIM, E.O.; GADELHA, C.L.M.; FILGUEIRA, H.J.A.; AMORIM, J.F.; AMORIM, D.S. Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame no Estado da Paraíba, Brasil. *Sociedade & Natureza*, v.27, n.3, p.453-468, 2015.
- BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 03 de março de 2025.
- BRASIL. **Ministério da Saúde. Conselho Nacional do Meio Ambiente**. 2002. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, nº 90, Seção 1, p.68, 13 mai. 2002.
- CANIELLO, M.; RODRIGUES, E.S. **Geografia e Infraestrutura**. In: CANIELLO, M. (Org.). A Paraíba vista pelo NEPP-PB. 1.a ed. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2022. 328p.
- CRISPIM, D.L.; BEZERRA, P.E.S.; LIMA, G.V.B.A.; FERNANDES, L.L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas no município de Ananindeua, Pará. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.11, n.1, p.01-10, 2021.
- CÂNDIDO, A.K.A.A.; SILVA, N.M.; PARANHOS FILHO A.C. Imagens de alta resolução espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo. *Anuário do Instituto de Geociências*, v.38, n.1, p.147-156, 2016.
- CARDOSO, J.A.; AQUINO, C.M.S. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). *Boletim Goiano de Geografia*, v.33, n.3, p.133-148, 2013.
- COSTA, F.F. **Avaliação ambiental em áreas de nascentes na bacia hidrográfica do Alto Rio Gramame-PB**. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.
- CORREA, T.; COSTA, C.; SOUZA, M.G.; BRITES, R.S. Delimitação e Caracterização de Áreas de Preservação Permanente, por Meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 1996, Salvador. Anais...Salvador, 1996.
- DINIZ, F.S.S.; SILVINO, G.S.; ARAUJO, W.O.; SILVA, B.S.; DRONELAS, C.S.M.; SANTANA, J.V.T. Identificação e caracterização morfométrica de nascentes no município de Alagoinha, Paraíba, com uso de geotecnologias. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v.7, n.14, e141258, 2024.
- DIAS, R.M. **Cadastro Ambiental Rural como instrumento de regularização ambiental: diagnóstico da implementação da região do alto rio Corrente**. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estudos Geoambientais e Licenciamento). Instituto Federal do Piauí. Corrente, 2022.
- DOMINGUES, G.F.; BARBOSA, R.A.B.; CORRÊA, C.C.S.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVEIRA, L.J.; DIAS, H.C.T. Caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pardo. *Revista Ifes Ciência*, v.6, n.2, p.03-16, 2020.
- DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.1, p.115-125, 2005.
- ESTEVES, L.V.; ESTEVES, A.M.S.L.; ALVES, E.M.; PAZ, D.H.F. Caracterização morfométrica como instrumentos de planejamento e gestão da sub-bacia hidrográfica do rio Cajabuçu em Pernambuco. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v.9, n.6, p.1088-1097, 2023.
- EUGÊNIO, F.C.; SANTOS, A.R.D.; LOUZADA, F.L.R.D.O.; PIMENTEL, L.B.; MOULIN, J.V. Identificação das áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. *Cerne*, v.17, n.4, p.563-571, 2011.
- FREIRE, J.N.; SILVINO, G.S.; DINIZ, F.S.; SILVA, A.T.S.; LEÓN, M.J.; ARAÚJO, W.O. Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação dos sensores ALOS PALSAR e SRTM em estudos ambientais do município de Areia-PB. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v.7, n.15, e151261, 2024.
- FRANCISCO, P.R.M.; SOUSA, J.H.S.; RIBEIRO, G.N.; SILVA, J.N.; RODRIGUES, R.C.M. Modeling by ordinary krigage in determining rainfall in Paraíba State between 2000 and 2022. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.14, n.1, p.911-920, 2024.

FRANCISCO, P.R.M.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. N.; SILVA, V.F.; AYRES, G.D.J.; RODRIGUES, R.C.M. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do Estado da Paraíba utilizando Mapbiomas®. *Revista Geama*, v.9 n.3, p.56-65, 2023.

FELIPPE, M.F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. **O estudo hidrogeomorfológico de nascentes**. In: MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; BARROS, L.F.P. Hidrogeomorfologia - Formas, processos e registros sedimentares fluviais. 1<sup>a</sup> ed. Bertrand Brasil. 2020. 516p.

FRANÇA, B.G.; OLIVEIRA, Y.C.; DELMOND, K.A. Avaliação de nascentes do município de Santa Bárbara de Goiás utilizando o método IIAN: índice de impacto ambiental de nascentes. *Vita et Sanitas*, v.14, n.1, p.39-53, 2020.

FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, R.M.; SANTOS, D.; MATOS, R.M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

FELIPPE, M.F.; CARMO, L.G.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. *Boletim Goiano de Geografia*, v.34, n.2, p.275-293, 2014.

FERREIRA, R.A.; AGUIAR NETTO, A.D.O.; SANTOS, T.I.S.; SANTOS, B.L.; MATOS, E.L.D. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. *Revista Árvore*, v.35, n.2, p.265-277, 2011.

FRANCISCO, P.R.M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

GRASS-GIS. **Geographic Resource Analysis Support System**. 2025. Disponível em: <http://grass.osgeo.org>.

GHOOSH, M.; GOPE, D. Hydro-morphometric characterization and prioritization of sub-watersheds for land and water resource management using fuzzy analytical hierarchical process (FAHP): a case study of upper Rihand watershed of Chhattisgarh State, India. *Applied Water Science*, v.11, n.2, p.1-20, 2021.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v.202, n.1, p.18-27, 2017.

HOLANDA, D.M.C. **Espacialização e avaliação ambiental das nascentes de drenagens do alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti (Ceará, Brasil)**. 94f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2022.

JESUS, J.B.; OLIVEIRA, L.S.; GAMA, D.C. Composição florística e caracterização do estado de conservação de nascentes no centro-leste da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, semiárido da Bahia. *Floresta*, v.48, n.2, p.245-253, 2018.

JARQUE, C.M.; BERA, A.K. A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, v.55, n.2, p.163-172, 1987.

KENDALL, M.A.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. 2.a ed. Londres: Charles Griffin. 1967. 736p.

LEITE, J.P.R. **Monitoramento da qualidade da água do rio Cuiá, João Pessoa/PB**. 51f. Monografia (Graduação em Tecnologia Gestão Ambiental). Unidade Acadêmica de Design, Infraestrutura e Ambiente. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa, 2017.

LAMB, D.; LAWRENCE, P. Mixed plantations using high value rainforest trees in Australia. In: LIETH, H.; HOLMANN, M. (Org.) **Restoration of tropical forest ecosystems**. Netherlands: Kluver Academic Publishers, 1993. p.101-108.

LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.62, n.318, p.399-402, 1967.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil**. 2019. 49p. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatarios/MBI-relatoriodesmatamento-2019-FINAL5.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas. Coleção 2 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2014. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, v.13, n.3, p.245-259, 1945.

OLIVEIRA, L.; NEIMAN, Z. Educação ambiental no âmbito escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v.15, n.3, p.36-52, 2020.

OLIVEIRA, S.B.L.; PINHO, S.P.G.; SÁ, S.A.; GOMES, A.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.T.; FERREIRA, R.P.; TURQUIA, P.H.S. Proposta de subsídio para elaboração de um plano de manejo para os córregos Leão Deitado e Jacarandá, afluentes do Ribeirão Tribuna, Zona Rural de Ipatinga, MG. *Periódico Científico do Núcleo de Biociências*, v.7, n.14, p.127-139, 2017.

OLIVEIRA, C.L.; ARAÚJO, A.P.S.; DANTAS, A.Q.N.; GALDINO, V.A.; ROCHA, G.D.C.; BARBOSA, E.C.A. Análise ambiental das nascentes do Parque Zoobotânico Arruda Câmara, município de João Pessoa-PB, utilizando ferramentas de geoprocessamento. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2016, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2016.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; DAVIDE, A.C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Revista Árvore*, v.29, n.5, p.775-793, 2005.

PEARSON, K. The grammar of science. *Nature*, v.46, n.1185, p.247-247, 1892.

QGIS. Development Team. 2025. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

QUEIRÓS, J.C. **Problemas ambientais em três nascentes da cidade de João Pessoa-PB em decorrência da expansão urbana**. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

ROCHA, I.L.; SALOMÃO, L.C.; IWATA, B.F.; RODRIGUES, J.A.; SOUZA, D.A.M. Environmental quality of the Paraim River springs, far south of Piauí. *Region - Water Conservancy*, v.7, n.1, p. 66-80, 2024.

RStudio. **Posit Software**. 2023. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>. Acesso em: 24 de janeiro de 2025.

RAHMATI, O.; SAMADI, M.; SHAHABI, H.; AZAREH, A.; RAFIEI-SARDOOI, E.; ALILOU, H.; SHIRZADI, A. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, v.10, n.6, p.2167-2175, 2019.

- RAMOS, H.F.; SANTOS, D.C.R.M. O Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN) e o Grau de Preservação das Nascentes em Propriedades Rurais de Barra Mansa. In: **Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**, 2018, Juiz de Fora-MG. Anais... Juiz de Fora-MG, 2018.
- RANGEL, A.R.M.; OLIVEIRA, V.D.P.S.; MOREIRA, M.A.C. O programa rio rural no estado do rio de janeiro: a experiência na microbacia canal Jurumirim, município de Macaé. **Revista Monografias Ambientais**, v.15, n.1, p.302-322, 2006.
- SAGA. **System for Automated Geoscientific Analyses**. 2025. Disponível em: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>. Acesso em: 24 de janeiro de 2025.
- SICAR. **Sistema do Cadastro Ambiental Rural**. 2024. Disponível em: <https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>. Acesso em: 23 de novembro de 2024.
- SILVA, A.C.O. **Hidropolítica e conflitos por água: disputas territoriais e acesso à água no município de Dona Inês (PB)**. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2023.
- SOUZA, G.F. **Análise das alterações geomorfológicas da Bacia do Córrego do Cantagalo (SP)**. 69f. Monografia (Graduação em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2022.
- SILVA, T.O.; LACERDA, S.M.P.; OLIVEIRA, J.T.; FRANÇA, L.C.J.; SENA, S.R.; SOUZA, P.S.V.N.; LISBOA, G.S.; SILVA, V.A. Caracterização das nascentes na sub-bacia hidrográfica do rio dos Monos, Sudoeste da Bahia, Brasil. **Conjecturas**, v.22, n.2, p.1413-1429, 2022.
- SERVIDONI, L.E.; AYER, J.E.B.; ESTELLA, P.V.M.; OLIVEIRA, G.H.; MINCATO, R.L. Atributos morfométricos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, v.41, e169817, 2021.
- SILVA, V.D.A.; PEREZ FILHO, A.; MOREIRA, V.B.; LÄMMLE, L.; TORRES, B.A.; AYER, J.E.B.; SPALEVIC, V.; MINCATO, R.L. Characterization and geochronology of the deltaic system from Jequitinhonha River, Brazil. **Agriculture and Forestry**, v.67, n.3, p.121-134, 2021.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.
- SANTOS, M.L.F. **Identificação de áreas prioritárias para conservação da caatinga na bacia do Alto Curso do Rio Paraíba/PB através do uso das geotecnologias**. 132f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.
- SILVA, G.B.S.; BERGIER, I.; PRADO, R.; FERRAZ, R. **Diagnóstico dos serviços ambientais florestais nos biomas brasileiros de 2001 a 2011**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017. 17p.
- SANTANA, N.R.F.; AGUIAR NETO, A.O.; SILVA, M.G.; GARCIA, C.A.B. Índice de qualidade da água nas nascentes do rio Piauitinga-SE por análise multivariada e o uso na irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.6, p.999-1010, 2016.
- SILVA, P.L.F.; FIGUEIRÉDO NETO, N.G.; SILVA, B.O.T.; MONTEIRO, J.E.A.; XAVIER, H.F. Degradação, uso e ocupação do solo em áreas de nascentes na microbacia hidrográfica do rio Guarabira. **Acta Iguaçu**, v.5, n.4, p.42-53, 2016.
- SANTOS, M.L.F.; TOSCANO, G.L.G. Análise de área propícia para criação de corredor ecológico, no município de Mamanguape-PB. **Revista Ambiental**, v.1, n.3, p.34-45, 2015.
- SILVA, C.S. **Avaliação dos impactos ambientais causados na nascente do Rio da Prata/PB pelas plantações de cana-de-açúcar**. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira). Centro de Tecnologia em Desenvolvimento Regionais. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2015.
- SOARES, G.C.S. **Cadeia causal da degradação de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame - Paraíba**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2015.
- SOUZA, J.O.P.; ALMEIDA, J.D.M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. **Revista Okara**, v.9, n.1, p.108-122, 2015.
- SOUZA, A.S.; FRANCISCO, P.R.M.; MELO, J.A.B. Estudo do impacto socioambiental na Unidade de Conservação Parque do Poeta. **Polêm!ca**, v.13, n.1, p.980-995, 2014.
- SILVA, V.F.; FERREIRA, A.C.; LIMA, V.A.; BARACUHY, J.G.V. Diagnóstico da nascente pertencente à microbacia hidrográfica do riacho das Piabas-PB. In: **Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro**, 1, 2013, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2013.
- SKORUPA, L.A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2003.
- SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. **Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. 89p.
- SOUZA, E.R.; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, v.21, n.207, p.15-20, 2000.
- SHAPIRO, A.S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, n.4, p.591-611, 1965.
- TARGINO, L.S. **Das nascentes de um rio às nascentes de uma educação: relato de uma experiência sobre o rio Goiamunduba, Bananeiras-Paraíba**. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2024.
- TEIXEIRA, A.C.; RIZZATTI, M. Geotecnologias para avaliação de conflitos ambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim. **Ciência e Natura**, v.44, e8, 2022.
- UNESCO. **World Water Assessment Programme**. The United Nations world water development report. Naturebased solutions for water. Executive summary. Paris. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2018. p.12. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594>>. Acesso em: 02 de julho de 2025.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Água para um mundo sustentável: Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Sumário Executivo**. Roma: UNESCO, 2015. 122p. Disponível em: <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232272\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232272_por)>. Acesso em: 02 de julho de 2025.
- VENDRUSCULO, L.G.; ZOLIN, C. **Geotecnologias auxiliando a espacialização e individualização de árvores nativas e quantificação de nascentes**. In: FARIA NETO, A.L.; NASCIMENTO, A.F.; ROSSONI, A.L.; MAGALHÃES, C.A.S.; ITUASSU, D.R.; HOOGERHEIDE, E.S.S.; IKEDA, F.S.; FERNANDES JUNIOR, F.; FARIA, G.R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L.G.; MORALES, M.M.; CARNEVALLI, R.A. (Org.). EMBRAPA Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Brasília: Embrapa. 2019. 825p.
- VAREJÃO-SILVA, M.A.; BRAGA, C.C.; AGUIAR M.J.N.; NIETZCHE, M.H.; SILVA, B.B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande. 1984.