



Influência da precipitação na qualidade da água em uma bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro

Influence of precipitation on water quality in a watershed of Northeastern Brazil

Influencia de la innovación en la calidad del agua en una cuenca fluvial del noreste de Brasil

Ana Lara Araújo Santos E-mail: analarah.santos@gmail.com

Ronaldo Guilherme Santos Lima E-mail: ronaldomuri424@gmail.com

Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas E-mail: aatlucas@academico.ufs.br

Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE, Brasil

Marcus Aurélio Soares Cruz E-mail: marcus.cruz@embrapa.br

Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, Brasil

Denise Conceição de Gois Santos Michelan E-mail: denise_gois@yahoo.com.br

Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE, Brasil

Ludmilson Abritta Mendes E-mail: lamendes@academico.ufs.br

Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE, Brasil



Resumo: Embora a água seja um recurso fundamental à vida humana, bilhões de pessoas ainda enfrentam condições de vulnerabilidade hídrica. Assim, o monitoramento da qualidade da água, aliado à análise de seus padrões de variabilidade, constitui ferramenta essencial para subsidiar a tomada de decisão no âmbito da gestão de recursos hídricos. Nesta perspectiva, o estudo objetivou analisar a correlação da precipitação com a qualidade da água do curso principal do rio Piauitinga em Sergipe, localizado no Nordeste brasileiro, por meio de oito parâmetros físico-químicos e biológicos, além do Índice de Qualidade da Água. Com um nível de confiança de 95%, utilizou-se a matriz de correlação com o coeficiente de Spearman, na qual foram identificadas correlações estatisticamente significativas, positivas e negativas, entre os parâmetros estudados, além do Teste U de Mann-Whitney em que foi possível observar que os parâmetros turbidez e condutividade elétrica são estatisticamente significativos no período seco e no úmido. Estudos como este visam contribuir para o acervo no tocante ao comportamento da qualidade ambiental de água superficial no estado de Sergipe, embasando futuras séries históricas.

Palavras-chave: monitoramento ambiental; sazonalidade; parâmetros desconformes; Rio Piauitinga; recursos hídricos superficiais.

Abstract: Although water is a fundamental resource for human life, billions of people still face conditions of water vulnerability. Therefore, monitoring water quality, coupled with the analysis of its variability patterns, is an essential tool to support decision-making in water resource management. From this perspective, this study aimed to analyze the correlation between precipitation and water quality in the main course of the Piauitinga River in Sergipe, located in the Brazilian Northeast, using eight physicochemical and biological parameters, in addition to the Water Quality Index. With a 95% confidence level, a correlation matrix with Spearman's coefficient was used, identifying statistically significant positive and negative correlations between the studied parameters. The Mann-Whitney U test also showed that turbidity and electrical conductivity parameters are statistically significant in both the dry and wet seasons. Studies like this aim to contribute to the body of knowledge regarding the environmental quality of surface water in the state of Sergipe, providing a basis for future historical series.

Keywords: environmental monitoring; seasonality; non-compliant parameters; Piauitinga River; surface water resources.



Resumen: Aunque el agua es un recurso fundamental para la vida humana, miles de millones de personas aún enfrentan condiciones de vulnerabilidad hídrica. Por lo tanto, el monitoreo de la calidad del agua, junto con el análisis de sus patrones de variabilidad, es una herramienta esencial para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos. Desde esta perspectiva, este estudio tuvo como objetivo analizar la correlación entre la precipitación y la calidad del agua en el curso principal del río Piauitinga en Sergipe, ubicado en el noreste de Brasil, utilizando ocho parámetros fisicoquímicos y biológicos, además del Índice de Calidad del Agua. Con un nivel de confianza del 95%, se utilizó una matriz de correlación con el coeficiente de Spearman, identificando correlaciones positivas y negativas estadísticamente significativas entre los parámetros estudiados. La prueba U de Mann-Whitney también mostró que los parámetros de turbidez y conductividad eléctrica son estadísticamente significativos tanto en la estación seca como en la lluviosa. Estudios como este buscan contribuir al conocimiento sobre la calidad ambiental del agua superficial en el estado de Sergipe, proporcionando una base para futuras series históricas.

Palabras clave: monitoreo ambiental; estacionalidad; parámetros no conformes; Río Piauitinga; recursos hídricos superficiales.

Introdução

A água é fundamental para a manutenção dos ecossistemas e para as atividades econômicas [Ejiohuo *et al.*, 2025], além de ser indispensável à sobrevivência e à dignidade humana [Damasceno, 2023]. Nesse contexto, a United Nations (UN) estabeleceu, em 2015, a Agenda 2030, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável em suas dimensões social, econômica e ambiental. Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destaca-se o ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos [UN, 2024].

Apesar de a água ser um elemento essencial para a preservação da vida, de acordo com a Organização Mundial da Saúde [WHO, 2019], aproximadamente 2,2 bilhões de habitantes vivem em regiões de vulnerabilidade hídrica e 4,2 bilhões não têm serviço de esgoto sanitário. Essas condições contribuem para a presença de situações de risco que impactam no nível de saúde da população [Santos; Batista, 2020].

Para a utilização da água em seus múltiplos usos é requerido que ela apresente qualidade apropriada, e tal qualidade é um resultado das ações humanas e naturais [Medeiros *et al.*, 2019]. Sendo assim, ela pode ser afetada diretamente por diversos fatores, sejam humanos, como o lançamento de resíduos líquidos e sólidos, retirada da vegetação, mudança do uso e ocupação do solo das margens do manancial, ou por fatores naturais, como a pluviosidade da região [Santos; Batista, 2020; Silva *et al.*, 2020].

No que concerne às precipitações, mecanismo fundamental pelo qual a água retorna à superfície no ciclo hidrológico, eventos de pluviosidade podem influenciar na qualidade da água da bacia hidrográfica, uma vez que, condicionado ao uso e ocupação do solo, as chuvas, via escoamento superficial, causam carreamento de materiais potencialmente poluidores para as fontes de recursos hídricos [Cruz *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2019].

Diante das variações na qualidade da água, o monitoramento e a análise de seus parâmetros tornam-se essenciais à gestão sustentável dos recursos hídricos [Aryal, 2024]. As informações geradas por esse processo constituem instrumentos importantes para o gerenciamento ambiental, subsidiando ações de planejamento, licenciamento, fiscalização, enquadramento dos corpos d'água e outorga, de modo a atender às demandas dos diferentes usuários em uma bacia hidrográfica [Libos; Pinheiro; Girardi, 2023].

Apesar da possível influência da precipitação sobre a qualidade da água, ainda existem lacunas na compreensão das relações entre variabilidade pluviométrica e alterações simultâneas em múltiplos parâmetros físico-químicos e biológicos em bacias hidrográficas do Nordeste brasileiro, especialmente em sistemas com diferentes níveis de cobertura e eficiência de saneamento, como a bacia do rio Piauitinga, em Sergipe.

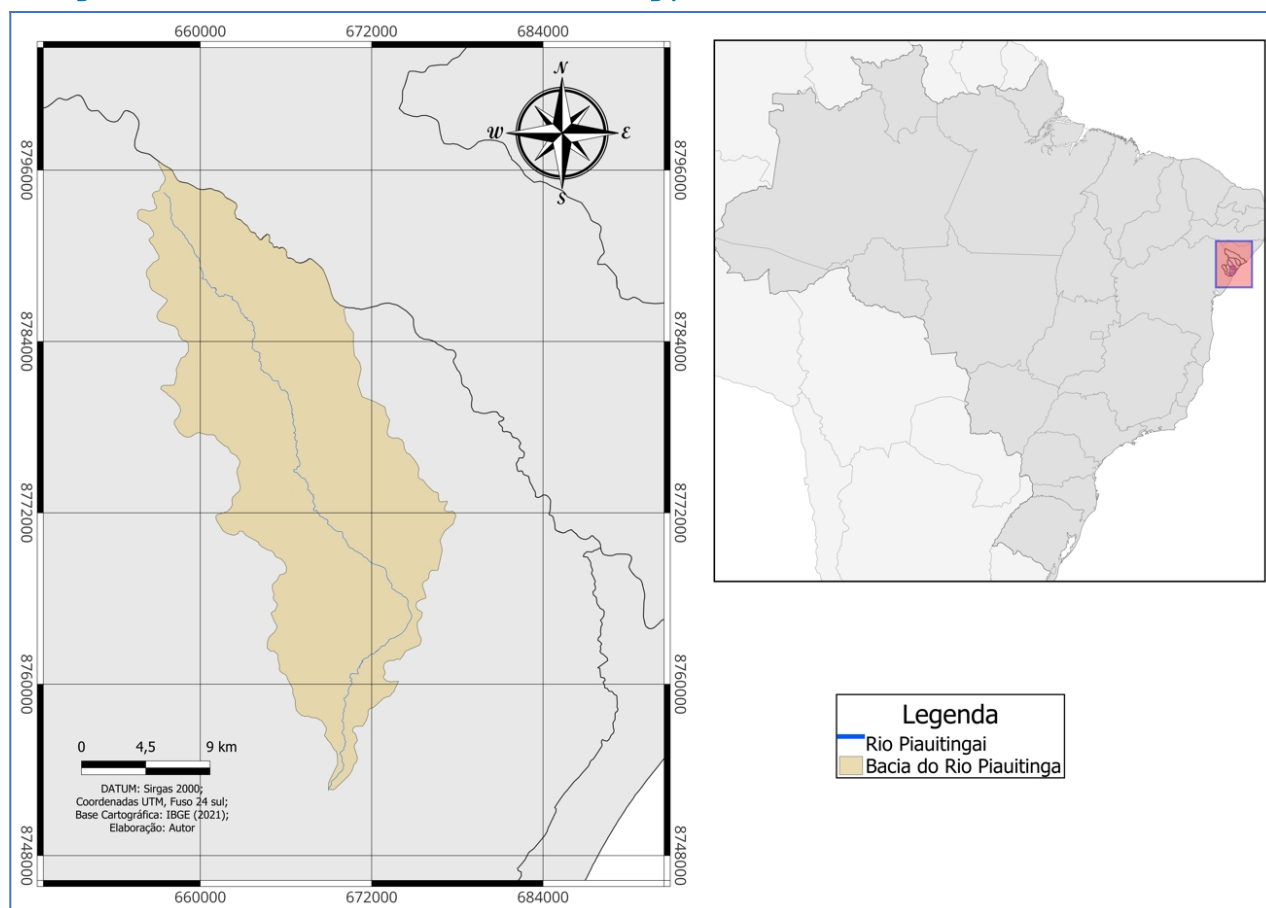
Desse modo, este estudo teve como objetivo analisar a influência da precipitação na qualidade da água do curso principal do rio Piauitinga, no estado de Sergipe, por meio da avaliação de oito parâmetros físico-químicos e biológicos, bem como do Índice de Qualidade da Água (IQA). O estudo avaliou como a precipitação influencia parâmetros físico-químicos da qualidade da água em uma bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro, especialmente durante períodos sazonais distintos. Para tal, foram utilizados dados provenientes de duas estações fluviométricas, monitoradas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas (SEMACE), e de duas estações pluviométricas, operadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no período de 2017 a 2022. Os resultados visam contribuir para o aprimoramento do monitoramento da qualidade da água e para a gestão dos recursos hídricos na região.

Metodologia

Caracterização da bacia estudada

A bacia do rio Piauitinga abrange aproximadamente, 413 km² e fica situada na Bacia Hidrográfica do rio Piauí, localizada entre as latitudes - 10°53'42" e - 11°16'01" S e longitudes - 37°34'37" e - 37°22'48", no Centro Sul do estado de Sergipe, região dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil [Figura 1]. Contempla parcialmente cinco municípios do estado de Sergipe, quais sejam: Lagarto, Boquim, Estância, Itaporanga D'Ajuda e Salgado [Magalhães *et al.*, 2012].

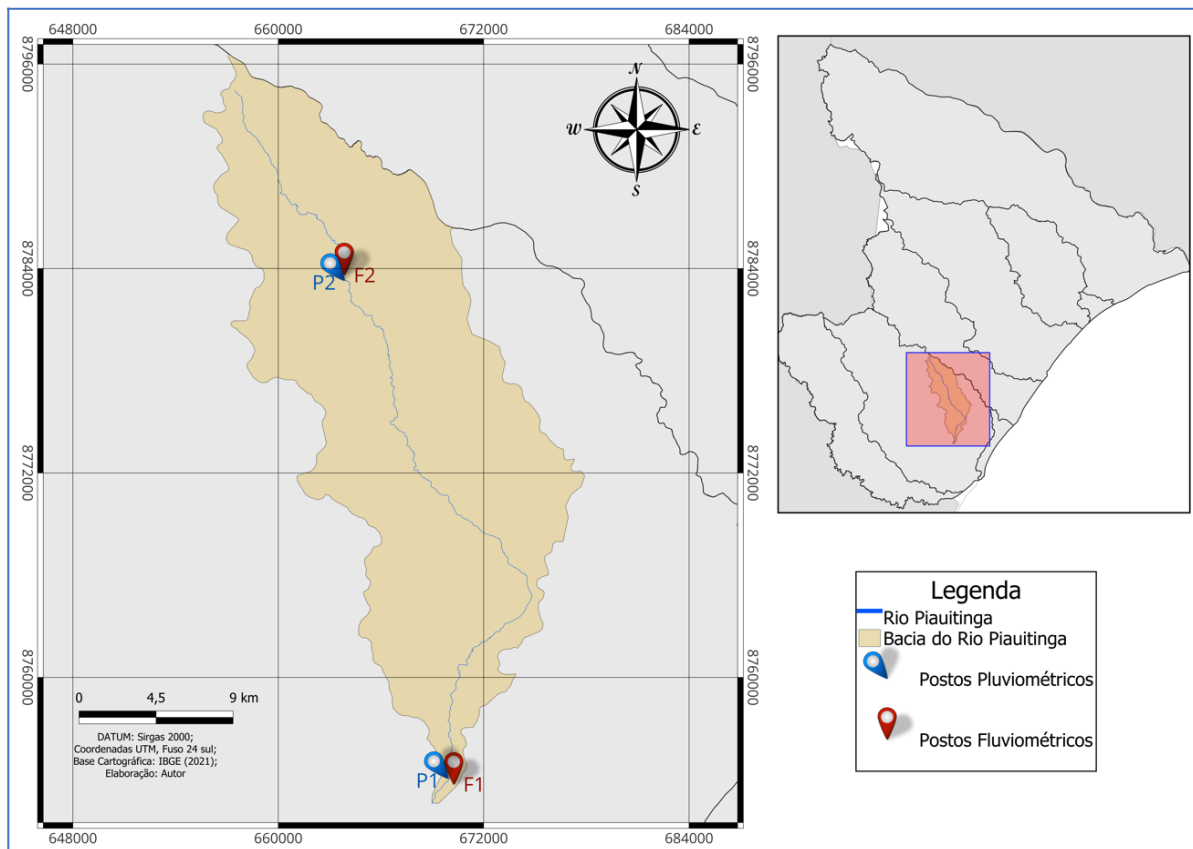
Figura 1. Representação geográfica da Bacia hidrográfica do rio Piauitinga, pertencente à Bacia Hidrográfica do rio Piauí, localizada no estado de Sergipe, Brasil



Fonte: Autores [2026]

A bacia tem altitude máxima e mínima, respectivamente, correspondentes a 190 m e 20 m, com declividade média de 8,09% [Martins *et al.*, 2022]. Com base nos dados da Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade das Águas [REQUA] administrada pela SEMAC e ANA, foram utilizadas, para este estudo, as estações pluviométricas e fluviométricas monitoradas na Bacia Hidrográfica do rio Piauitinga, conforme ilustrado na Figura 2 e na Tabela 1.

Figura 2. Localização das estações de monitoramento no curso principal do rio Piauitinga, em Sergipe, Brasil



Fonte: Autores [2026]

Tabela 1. Coordenadas das estações de monitoramento utilizadas no estudo

Código	Sigla Adotada	Tipo	Latitude	Longitude	Município/SE
1137017	P1	Pluviométrica	-11,267	-37,4431	Estância
50230000	F1	Fluviométrica	-11,270	-37,440	Estância
1137001	P2	Pluviométrica	-11,003	-37,500	Salgado
50194000	F2	Fluviométrica	-11,000	-37,500	Salgado

Fonte: ANA [2023] e SERGIPE [2023]

Na cidade de Salgado, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022a), a população estimada no ano de 2022 totalizava 20.279 habitantes, abrangendo uma área de 247,579 km². Quanto ao atendimento adequado referente ao esgotamento sanitário, este foi de 7,94% em 2022. O município de Estância, de acordo com IBGE [2022b], em 2022 teve a população estimada em 65.078 habitantes, distribuídos na área territorial de 647,344 km², e o registro de cobertura por rede de esgotamento sanitário de 34,34% em 2022. Tanto para o município de Salgado quanto para o município de Estância, as informações supracitadas são consideradas as mais atuais até o momento de conclusão do estudo.

A vegetação da área é típica do bioma Mata Atlântica, com precipitação média anual de aproximadamente 1.300 mm. A região tem temperatura média anual de 28 °C e destaque para os solos Argissolo e Cambissolo [Magalhães *et al.*, 2012].

De acordo com Lima, Amorim e Mendes [2022], considerando os dados do período de 1945 a 2020, as estações do ano estão definidas como período úmido e seco. A estação úmida da Bacia do rio Piauitinga ocorre entre os meses de abril e setembro, enquanto a seca ocorre entre outubro e março, sendo estes os períodos adotados neste estudo.

Obtenção de dados

Os dados fluviométricos aplicados na área de estudo, estão disponíveis na base de dados da SEMAC. Desta forma, foram extraídos os dados referentes à qualidade da água no período de 2017 a 2022 para os pontos de monitoramento com códigos 50230000 e 50194000 (F1 e F2), os quais possuem periodicidade mensal de monitoramento [SERGIPE, 2023]. Os parâmetros que fizeram parte do estudo foram: Turbidez [uT], Cor Verdadeira [uH], Potencial Hidrogeniônico [pH], Condutividade Elétrica – CE [$\mu\text{S cm}^{-1}$], Nitrato [mg L^{-1}], Coliformes Termotolerantes – CT [UFC 100 mL⁻¹], Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO [mg L^{-1}] e IQA. Para o ponto F1 foram analisados ao total 19 dados para cada parâmetro avaliado, enquanto, para o ponto F2, foram analisados 16 dados para cada parâmetro.

Para obtenção do IQA, o qual se fundamenta no cálculo do produto de nove parâmetros de forma ponderada para retratar a qualidade de água, os parâmetros que integram o referido índice são oxigênio dissolvido, CT, pH, DBO, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total [CETESB, 2013]. Os valores de IQA analisados no presente estudo também estão disponíveis na base de dados da SEMAC.

Quanto às informações pluviométricas, a ANA disponibiliza no *site* do HidroWeb dados e informações sobre recursos hídricos no Brasil. Desta forma, foram utilizadas as estações pluviométricas com códigos 1137017 e 1137001 (P1 e P2) [ANA, 2023] cujos dados de precipitação apresentam periodicidade mensal e correspondem ao período de 2017 a 2022, coincidente com o monitoramento da qualidade da água realizado no estudo.

Ressalta-se que, os pontos de monitoramento F1 e F2 foram selecionados por representarem diferentes trechos do curso principal do rio Piauitinga, permitindo a análise espacial da qualidade da água ao longo da bacia. A escolha dos parâmetros analisados considerou sua relevância para avaliação de impactos associados ao uso e ocupação do solo e à influência de cargas poluidoras de origem difusa e pontual. Os dados foram organizados em série temporal e analisados por meio de métodos estatísticos descritivos e de correlação entre os parâmetros e a precipitação, com o objetivo de identificar possíveis relações entre variabilidade pluviométrica e qualidade da água.

Legislação Vigente

A legislação que dispõe quanto à classificação dos mananciais de água doce, orientações ambientais para seu enquadramento e condições de lançamento de efluentes é estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA], por meio da Resolução nº 357 [CONAMA, 2005] e da Resolução nº 430 [CONAMA, 2011], que altera e complementa a Resolução nº 357 sobre os padrões e critérios de lançamento de efluentes.

Os limites dos parâmetros analisados no presente estudo para o enquadramento dos corpos de água, de acordo com o CONAMA nº 357, estão dispostos na [Tabela 2](#). Ressalta-se que a classe 4 não foi inserida na [Tabela 2](#), pois essa classe é para corpos hídricos destinados apenas para navegação e harmonia paisagística [CONAMA, 2005].

Tabela 2. Parâmetros analisados e seus respectivos limites de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005

Parâmetros	Classes		
	1	2	3
Turbidez [uT]	40	100	100
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Nitrato [mg L ⁻¹]	10	10	10
DBO [mg L ⁻¹]	3	5	10
Cor verdadeira [uH]	Nível de cor natural	75	75
CT [UFC 100 mL ⁻¹]	200	1.000	4.000

Fonte: Adaptado de [CONAMA \(2005\)](#)

Quanto ao IQA, esse índice foi desenvolvido pela Fundação Nacional Sanitária pertencente aos Estados Unidos em 1970, o qual foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], que avalia a qualidade da água por meio das características físicas, químicas e biológicas, classificando-as conforme os parâmetros de qualidade estabelecidos [CETESB, 2013]. Desta forma, este índice varia de acordo com os valores na [Tabela 3](#).

Tabela 3. Classificação do Índice de qualidade da Água [IQA]

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: Adaptado de [CETESB \(2013\)](#)

Com relação à CE, as águas naturais devem enquadrar-se entre 10 e 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$; quando apresentam CE entre 100 e 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$; segundo [Brasil \(2014\)](#), existe uma tendência de poluição de efluentes industriais ou domésticos.

Análise de dados

Foi realizada a estatística descritiva para as precipitações dos períodos seco e úmido, sendo avaliadas as medidas de dispersão [desvio padrão] e de tendência central [média aritmética]. Ressalta-se que também foi realizada avaliação de conformidade dos parâmetros segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 [Tabela 2], para o curso de água Classe 2, tendo em vista que o artigo nº 42 desta resolução ressalta que quando não aprovado o respectivo enquadramento, as águas doces serão consideradas classe 2 [CONAMA, 2005].

Com o intuito de relacionar e prever o comportamento das variáveis, foram realizados tratamentos estatísticos com nível de confiança de 95%, utilizando o software R.

Seguiu-se a metodologia de [Naghettini e Pinto \(2007\)](#) quanto aos testes desenvolvidos e adotados. Na avaliação da correlação entre os parâmetros estudados e as precipitações, para verificar a tendência de crescimento, foi utilizada a matriz de correlação com o coeficiente de Spearman (ρ), entre os dados obtidos das estações de monitoramento P1 e F1 e entre os dados obtidos das estações de monitoramento P2 e F2, justificados por serem pontos contíguos entre si e referentes à mesma finalidade. Para verificar se os parâmetros no período seco e úmido de F1 e F2 possuíam diferenças estatísticas, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney.

Outrossim, foram elaborados gráficos do tipo histograma para melhor análise da variação dos parâmetros analisados e visualização dos valores em desconformidade com a legislação.

Resultados e discussão

Precipitação

Com base nos dados de precipitação referentes às estações de monitoramento P1 e P2, na [Tabela 4](#) há informações de média e desvio padrão, para o período seco e úmido, ao longo do período de estudo (2017 a 2022).

Tabela 4. Valores das precipitações nos períodos secos e úmidos para as estações de monitoramento P1 e P2 na Bacia do rio Piauitinga, em Sergipe, Brasil

		P1				P2	
Anos	Período	Média [mm]	Desvio Padrão [mm]	Anos	Período	Média [mm]	Desvio Padrão [mm]
2017	Seco	52,45	50,75	2017	Seco	37,1	43,35
	Úmido	238,78	76,27		Úmido	212,83	79,65
2018	Seco	59,40	34,97	2018	Seco	49,88	47,22
	Úmido	135,93	90,09		Úmido	106,53	61,45
2019	Seco	64,15	58,71	2019	Seco	46,27	56,77
	Úmido	202,80	143,52		Úmido	180,5	190,00
2020	Seco	84,77	88,88	2020	Seco	125,18	165,26
	Úmido	212,40	110,09		Úmido	222,87	137,21
2021	Seco	87,67	57,01	2021	Seco	77,55	41,33
	Úmido	207,30	81,49		Úmido	162,03	122,75
2022	Seco	91,43	52,22	2022	Seco	54,52	46,58
	Úmido	158,70	54,47		Úmido	105,75	40,78

Fonte: Autores (2026)

O menor índice pluviométrico para o período seco em P1 ocorreu em 2017 (52,45 mm), o mesmo ocorrendo em 2017 para P2 (37,10 mm). As maiores médias no período úmido para P1 foi no ano de 2017 (238,78 mm), enquanto para P2 foi em 2020 (222,87 mm).

Considerando P1, os anos de 2019 e 2020 foram os que apresentaram maior desvio padrão para os períodos analisados. Considerando P2, o ano de 2020 foi o que apresentou maior desvio padrão, tanto para o período seco, quanto para o úmido, sendo um indicativo de que nesses anos ocorreu o maior grau de variação no conjunto de elementos analisados.

[Santos *et al.* \(2022\)](#) simularam o Índice de Saúde Vegetal voltado ao diagnóstico nordestino do Brasil quanto às secas. Analisaram uma série temporal entre os anos de 1982 e 2019, e verificaram que a seca iniciada em 2012 durou até 2017, o que ocasionou um efeito devastador ao Nordeste nesses anos, com diversos prejuízos econômicos e socioambientais na região.

Batista e Albuquerque [2022] ao analisarem, entre os anos de 2006 e 2020, os impactos agrícolas associados às categorias de secas em territórios do estado de Sergipe, observaram que um dos anos que apresentou redução da seca foi o ano de 2020, devido às maiores precipitações no período chuvoso, situação que corroborou a produção elevada de grãos no estado.

Ressalta-se que significativos índices de pluviosidade aumentam o escoamento superficial na região, o que gera, como consequência, aumento de vazão dos rios, favorecendo o carreamento de matéria orgânica e diversos poluentes, o que, possivelmente, pode atuar como fontes de poluição na bacia hidrográfica [Silva *et al.*, 2010].

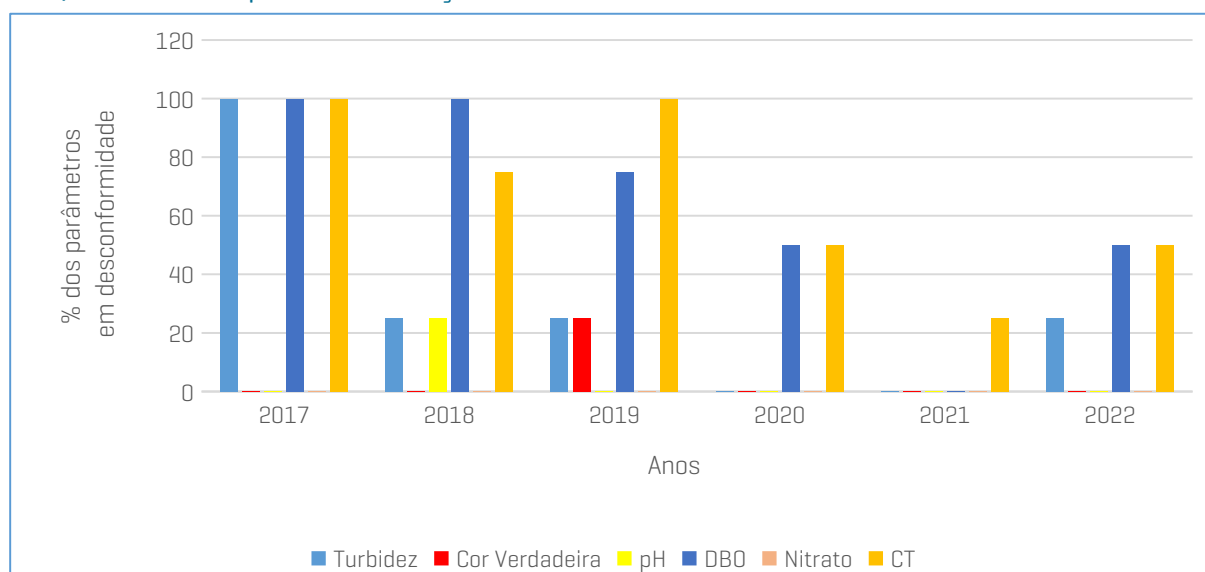
Parâmetros de qualidade da água e legislação

Na avaliação de conformidade com base em Conama [2005], determinaram-se os percentuais dos parâmetros que não se enquadraram aos valores limites preconizados para mananciais de água doce classe 2 no período analisado.

Os parâmetros CT e DBO apresentaram maior incidência de desconformidades no transcorrer dos anos nos dois pontos de monitoramento. De acordo com Conama [2005], CT correspondem às bactérias presentes em fezes humanas e de animais, caracterizadas pela atividade da enzima galactosidase que podem fermentar a lactose e produzir ácido, gás e aldeído. De acordo com Von Sperling [1996], DBO caracteriza a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica a uma forma inorgânica estável por meio de microrganismos aeróbicos.

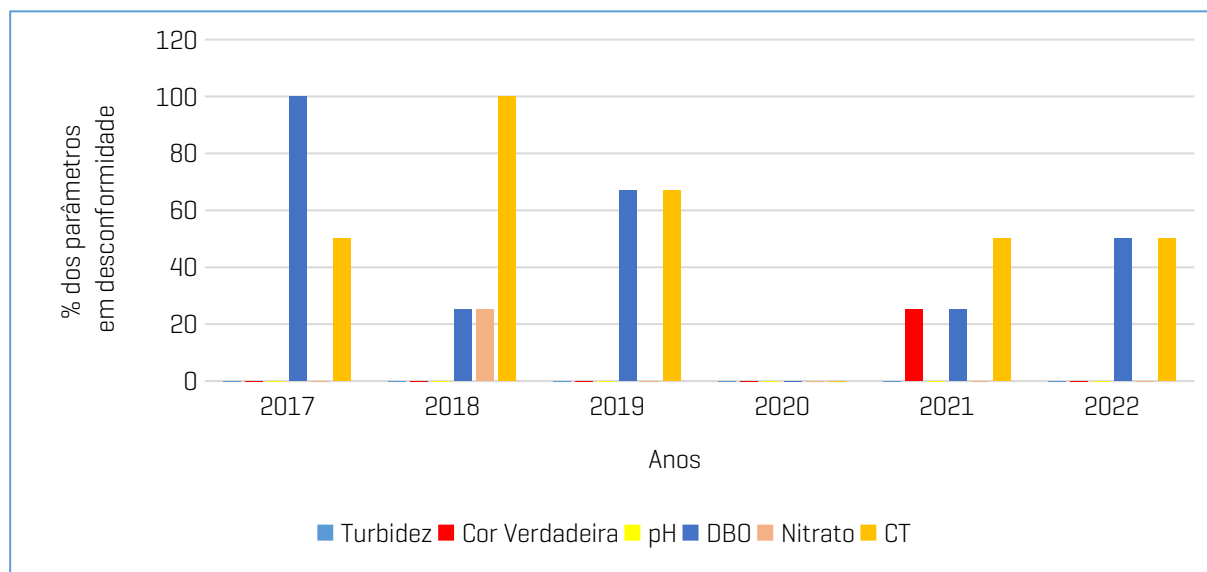
Em contrapartida, os parâmetros pH, cor verdadeira, nitrato e turbidez apresentaram percentuais menores de desconformidades, com base na legislação brasileira [Figuras 3 e 4], respectivamente para as estações fluviométricas F1 e F2. De acordo com Von Sperling [1996], o parâmetro pH está relacionado com a concentração de íons hidrogênio na água, a cor verdadeira está associada com a presença de sólidos dissolvidos na água após a centrifugação, a turbidez representa o grau de interferência da propagação da luz por meio da água, enquanto o nitrato é referente a uma das formas do ciclo do nitrogênio na biosfera.

Figura 3. Dados em desconformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em F1, para classificação como classe 2



Fonte: Autores [2026]

Figura 4. Parâmetros em desconformidade com os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em F2, para classificação como classe 2



Fonte: Autores [2026]

Considerando F1, os parâmetros CT e DBO apresentaram valores fora dos limites estabelecidos citados na Tabela 2 para todos os anos analisados, com exceção do ano de 2021, no qual o parâmetro DBO apresentou todos os valores enquadrados nos limites. O parâmetro turbidez também apresentou dados fora dos limites da legislação, com exceção dos anos de 2020 e 2021, que não apresentaram valores em desconformidade.

Possivelmente, esses fatores ocorreram devido ao aumento da diluição ocasionada pela pluviometria da região, sendo 2020 um dos anos que apresentaram maiores precipitações em F1 no período úmido [Tabela 4]. Frisa-se que, *Silva et al. [2008]*, ao avaliarem a influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus no estado do Amazonas, também constataram o comportamento de diluição da turbidez com o aumento da pluviosidade, para estes, tal comportamento ocorreu devido ao tamanho das partículas em suspensão presentes no solo, o que pode ter afetado o valor da turbidez.

O parâmetro pH para o ano de 2018 mostrou 25% dos dados em desconformidade, sendo inferior a 6, corroborando a ideia da presença de substâncias ácidas. Esse comportamento pode ocorrer uma vez que há elevação na concentração de matéria orgânica, devido a fatores como o aumento do volume de água causado pela precipitação e lançamento de esgoto no corpo hídrico, que pode proporcionar significativas quantidades de ácido no meio aquático, decorrente da decomposição da matéria orgânica através dos microrganismos e o consumo de oxigênio do meio [*Branco, 1986; Maier; Takino; Tolentino, 1986*].

Em F2 os parâmetros DBO e CT ao longo dos anos apresentaram valores que estavam desconformes com os limites estabelecidos para classe 2, com exceção do ano de 2020 em que não foi obtido nenhum valor desconforme, sendo 2020 o ano que apresentou maior índice pluviométrico em P2 em ambos os períodos (úmido e seco), o que provavelmente ocasionou mudança na leitura dos parâmetros na amostra, como constatado por *Silva et al. [2008]*. Em 2018 houve desconformidade também para o parâmetro nitrato em cerca de 25% dos dados analisados. Em 2021, a cor verdadeira também apresentou desconformidade em cerca de 25% dos dados analisados.

Ressalta-se que quanto ao parâmetro CE, todos os valores analisados em F1 e F2, tanto no período seco quanto no período úmido, foram superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, o que indica ambiente impactado negativamente, pois quando eles se enquadram entre 100 e $1.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, segundo Brasil [2014], existe tendência de poluição de efluentes industriais ou domésticos.

No que se refere ao IQA, todos os valores analisados em F1 e F2, tanto no período seco quanto no período úmido, ficaram classificados quanto a categoria como Boa, de acordo com CETESB [2013].

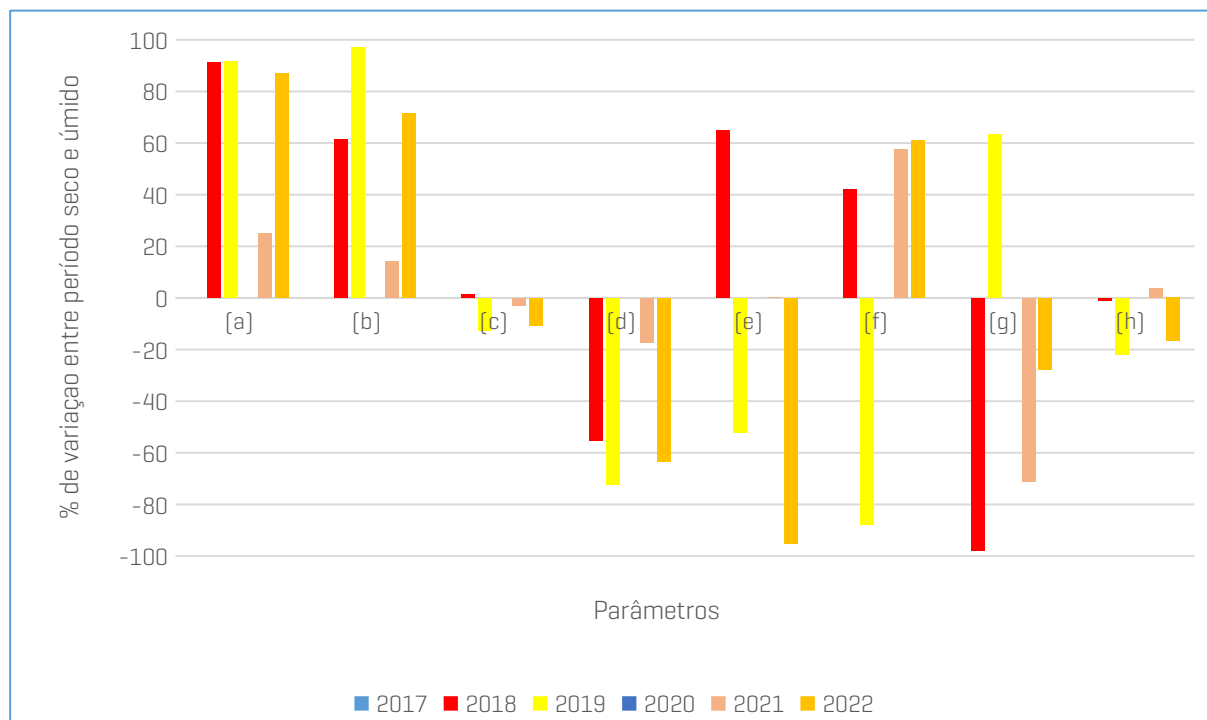
Segundo Pereira [2020], o aumento expressivo da população e da urbanização contribui substancialmente para a degradação do ambiente local, pois várias ações se somam para a deterioração cada vez mais acentuada das fontes de água próximas dos centros urbanos, em especial devido à deposição inadequada de resíduos sólidos ou despejos industriais e domésticos, em sua maioria sem tratamento, fatores que aumentam a exposição dos moradores a diversas ameaças ambientais correlacionadas com riscos sociais.

Além disso, de acordo com Santos *et al.* [2017], as atividades agrícolas no rio Piauitinga, podem provocar a contaminação da água que abastece a população dos municípios inseridos na bacia. Assim, na utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes que possuem o elemento químico nitrato, ele pode ser acumulado no solo e eventualmente atingir a água por meio do arraste do escoamento superficial com o aumento das precipitações [EMBRAPA, 2002].

Variação dos parâmetros entre o período seco e úmido

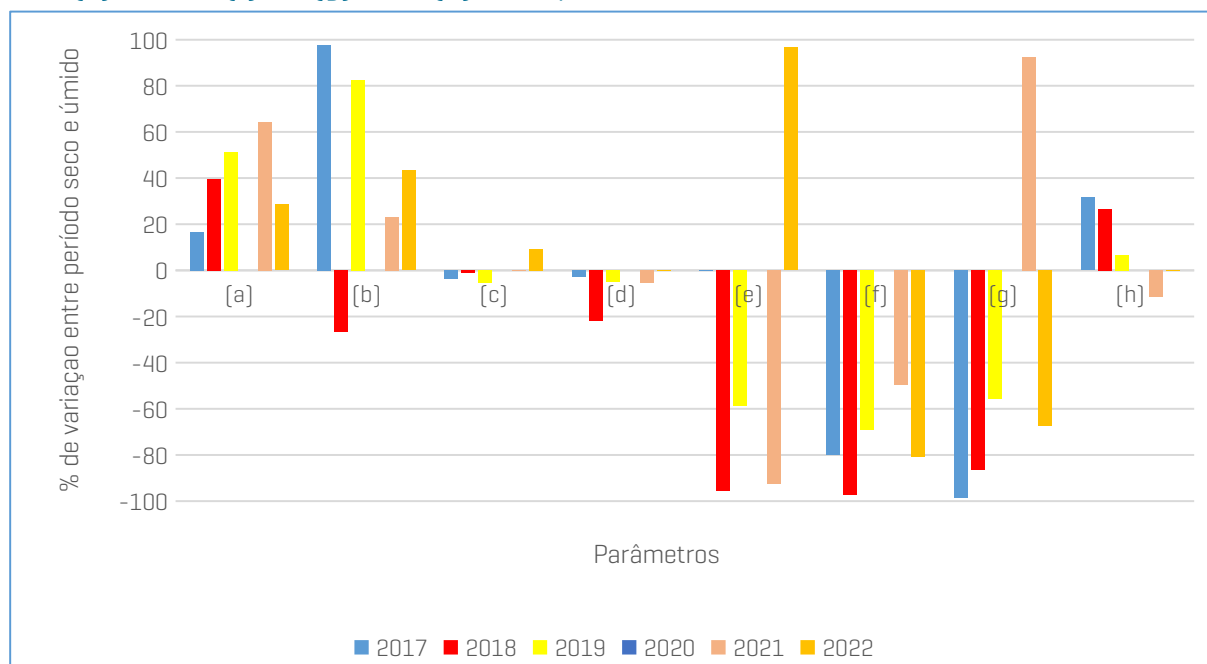
Nas Figuras 5 e 6 faz-se referência às observações e à análise da variação dos parâmetros entre o período úmido e seco, monitoramento F1 e F2, respectivamente.

Figura 5. Porcentagem de variação dos parâmetros Turbidez [a], Cor Verdadeira [b], pH [c], CE [d], DBO [e], Nitrato [f], CT [g] e IQA [h] entre período seco e úmido em F1



Fonte: Autores [2026]

Figura 6. Porcentagem de variação dos parâmetros Turbidez [a], Cor Verdadeira [b], pH [c], CE [d], DBO [e], Nitrato [f], CT [g] e IQA [h] entre período seco e úmido em F2



Fonte: Autores [2026]

Ressalta-se que os valores avaliados como “negativos” dizem respeito aos anos em que os valores dos parâmetros no período seco foram mais expressivos que no período úmido. Sendo assim, observa-se que na Figura 5, correspondente a F1, com exceção da cor verdadeira e turbidez, os demais parâmetros foram mais significativos no decorrer dos anos no período seco, em especial para os parâmetros CT, DBO, nitrato e IQA o que pode ter sido um fator ocasionado pela menor diluição dos parâmetros nas amostras de água.

Quanto ao F2 [Figura 6], o parâmetro nitrato no período seco foi mais expressivo que no úmido. No estudo de Santos *et al.* [2017], foi verificado que na região com altitude mais acentuada na Bacia do Piauitinga havia atividade agrícola maior que nas demais regiões, o que pode ocasionar a presença de produtos químicos utilizados nessas atividades no rio, o que possivelmente justifica o comportamento do CT, DBO, nitrato e do IQA.

Resultados estatísticos para a avaliação da influência da precipitação nos parâmetros de qualidade

Ao se utilizar uma matriz de correlação com os oito parâmetros analisados e a precipitação, verificaram-se quais correlações são estatisticamente significativas ao nível de confiança de 95% ao se adotar o coeficiente de Spearman (ρ). Ressalta-se que, de acordo com Cohen [1988], correlações a partir de 0,50 são consideradas fortes.

Os coeficientes (ρ) obtidos para as correlações dos parâmetros com a precipitação e os parâmetros entre si, seja no período seco ou no úmido, estão dispostos nas tabelas 5, 6, 7 e 8, para correlação entre F1 e P1 (período seco), F1 e P1 (período úmido), F2 e P2 (período seco) e F2 e P2 (período úmido), respectivamente.

De acordo com as informações da [Tabela 5](#), é possível observar que, para a correlação entre F1 e P1, os parâmetros cor verdadeira e precipitação no período seco foram os únicos que apresentaram correlação estatisticamente significativa ($\rho = 0,90$), sendo forte e positiva, indicando tendência de crescimento ou decréscimo concomitante entre os parâmetros.

Tabela 5. Matriz de correlação entre os dados de F1 e P1, para o período seco, utilizando o coeficiente de Spearman (ρ)

Parâmetros	Precipitação	Turbidez	Cor Verdadeira	pH	CE	DBO	Nitrato	CT	IQA
Precipitação	1,00								
Turbidez	0,40	1,00							
Cor Verdadeira	0,90*	0,70	1,00						
pH	0,40	0,20	0,30	1,00					
CE	-0,60	-0,80	-0,70	0,00	1,00				
DBO	0,10	-0,70	-0,30	0,50	0,50	1,00			
Nitrato	0,10	0,30	0,00	0,70	-0,30	0,30	1,00		
CT	-0,30	-0,90	-0,60	-0,50	0,50	0,50	-0,40	1,00	
IQA	0,60	0,80	0,70	0,00	-1,00	-0,50	0,30	-0,50	1,00

Fonte: Autores [2026]

*significativo ($p < 0,05$)

As precipitações causam arraste de partículas do solo para os corpos hídricos, o que possibilita o aumento da concentração da cor verdadeira com o aumento da precipitação, tendo em vista que nos estudos de [Piratoba *et al.* \[2017\]](#), ao analisar os parâmetros relacionados à qualidade da água de Barcarena no Pará, também foi observada correlação positiva entre a precipitação e a cor verdadeira.

Considerando a correlação para o período úmido entre os dados de F1 e P1, de acordo com as informações da [Tabela 6](#) é possível observar que os parâmetros turbidez e CT, assim como DBO e CT, no período úmido apresentaram correlação estatisticamente significativa ($\rho = 0,90$), sendo forte e positiva, indicando tendência de crescimento ou decréscimo concomitante entre os parâmetros.

O parâmetro turbidez é considerado indicativo de possível contaminação por patógenos, o que pode estar associado com o aumento do parâmetro CT, devido ao baixo atendimento de esgotamento sanitário na região de Estância ([Von Sperling, 1996](#)). Estudos desenvolvidos por [Zonta *et al.* \[2008\]](#), sobre a qualidade das águas do rio Alegre no estado do Espírito Santo, demonstraram que devido à grande contaminação por esgoto doméstico foram obtidos valores elevados de CT e DBO.

Com base na correlação estatística, os parâmetros CT e IQA são inversamente proporcionais, com resposta de ligação forte e negativa ($\rho = - 0,90$), ou seja, quando um parâmetro estava em crescimento o outro parâmetro decrescia. Ressalta-se que, nos estudos de [Piratoba *et al.* \[2017\]](#), além da análise do parâmetro cor, também foi identificado que o parâmetro CT foi um dos fatores determinantes na diminuição dos valores de IQA, no qual maiores concentrações de CT ocasionadas por lançamentos de efluentes no corpo hídrico proporcionaram menores valores de IQA.

Tabela 6. Matriz de correlação entre os dados de F1 e P1, para o período úmido, utilizando o coeficiente de Spearman [ρ]

Parâmetros	Precipitação	Turbidez	Cor Verdadeira	pH	CE	DBO	Nitrato	CT	IQA
Precipitação	1,00								
Turbidez	0,30	1,00							
Cor Verdadeira	0,10	-0,10	1,00						
pH	-0,60	-0,50	-0,30	1,00					
CE	0,60	-0,10	-0,50	0,20	1,00				
DBO	-0,30	0,70	-0,60	0,10	-0,10	1,00			
Nitrato	-0,30	-0,80	0,60	0,10	-0,40	-0,80	1,00		
CT	0,10	0,90*	-0,50	-0,30	0,00	0,90*	-0,90	1,00	
IQA	-0,30	-1,00	0,10	0,50	0,10	-0,70	0,80	-0,90*	1,00

Fonte: Autores [2026]

*significativo [$p < 0,05$]

De acordo com as informações da Tabela 7, é possível observar que para F2 e P2 os parâmetros DBO e precipitação no período seco apresentaram correlação estatisticamente significativa, sendo forte e negativa [$\rho = -0,83$].

Conforme Silva *et al.* [2016], na Bacia do rio Piauitinga a taxa evapotranspiração é significativa devido à característica climática entre os meses de outubro a março, sendo assim, a diminuição na vazão do rio pode ocasionar aumento da concentração de partículas orgânicas na água.

Desta forma, o aumento no parâmetro CT ainda pode ser acentuado, em especial devido ao baixo atendimento adequado de esgotamento sanitário das regiões, fazendo com que sejam maiores as concentrações de CT [IBGE, 2022a; IBGE, 2022b].

Segundo Poersch *et al.* [2019], o pH pode interferir no comportamento dos microrganismos e desta forma na DBO. Neste estudo, os parâmetros DBO e pH também apresentaram correlação estatisticamente significativa, forte e positiva [$\rho = 0,89$], indicando tendência de crescimento ou decréscimo concomitante entre os parâmetros.

Tabela 7. Matriz de correlação entre os dados de F2 e P2, para o período seco, utilizando o coeficiente de Spearman [ρ]

Parâmetros	Precipitação	Turbidez	Cor Verdadeira	pH	CE	DBO	Nitrato	CT	IQA
Precipitação	1,00								
Turbidez	0,71	1,00							
Cor Verdadeira	0,77	0,77	1,00						
pH	-0,66	-0,31	-0,43	1,00					
CE	-0,37	-0,71	-0,14	0,14	1,00				
DBO	-0,83*	-0,54	-0,77	0,89*	0,14	1,00			
Nitrato	0,09	-0,31	0,31	-0,43	0,77	-0,49	1,00		
CT	-0,71	-0,77	-0,66	0,09	0,60	0,43	0,31	1,00	
IQA	0,71	0,77	0,66	-0,09	-0,60	-0,43	-0,31	-1,00	1,00

Fonte: Autores [2026]

*significativo [$p < 0,05$]

Considerando as correlações para o período úmido entre os dados de F2 e P2 (Tabela 8), é possível observar que os parâmetros pH, nitrato e CE apresentaram no período úmido correlação estatisticamente significativa ($\rho = 0,90$) com o parâmetro cor verdadeira, sendo forte e positiva, indicando tendência de crescimento ou decréscimo concomitante entre os parâmetros.

Sendo assim, na medida que os valores de cor verdadeira aumentavam, os parâmetros turbidez, pH, CE e nitrato aumentavam também. Tendo em vista a possível poluição devido ao lançamento de efluentes na região, esses parâmetros tendem a aumentar em especial no período úmido devido ao arraste e dissolução das partículas (Piratoba *et al.*, 2017).

Tabela 8. Matriz de correlação entre os dados de F2 e P2, para o período úmido, utilizando o coeficiente de Spearman (ρ)

Parâmetros	Precipitação	Turbidez	Cor Verdadeira	pH	CE	DBO	Nitrato	CT	IQA
Precipitação	1,00								
Turbidez	-0,20	1,00							
Cor Verdadeira	-0,40	0,90*	1,00						
pH	-0,70	0,80	0,90*	1,00					
CE	-0,30	0,70	0,90*	0,80	1,00				
DBO	0,16	0,00	0,32	0,00	0,47	1,00			
Nitrato	-0,70	0,80	0,90*	1,00	0,80	0,00	1,00		
CT	-0,60	0,40	0,20	0,50	-0,10	-0,79	0,50	1,00	
IQA	0,62	-0,82	-0,72	-0,87	-0,46	0,41	-0,87	-0,82	1,00

Fonte: Autores [2026]

*significativo ($p < 0,05$)

Teste U de Mann-Whitney

Os valores calculados pelo teste U de Mann-Whitney avaliam o grau de entrelaçamento dos dados de dois grupos. Para tal teste, uma maior separação dos dados em conjunto indica que as amostras são distintas, rejeitando-se a hipótese de igualdade das medianas, concluindo-se que as amostras são estatisticamente diferentes ao nível de confiança adotado (Naghetini; Pinto, 2007).

Sendo assim, realizou-se o teste para os dados de F1 e F2 comparando os resultados dos parâmetros no período seco e úmido ao nível de confiança de 95%. Os resultados dessa análise estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9. Valor-p do teste U de Mann-Whitney para os dados de qualidade de F1 e F2 entre o período seco e úmido

Parâmetros	F1	F2
	Valor-p	Valor-p
Turbidez	0,029*	0,095
Cor verdadeira	0,200	0,222
pH	0,081	0,674
CE	0,029*	0,151
DBO	0,772	0,461
Nitrato	1,000	0,056
CT	0,686	0,421
IQA	0,486	0,172

Fonte: Autores [2026]

Na [Tabela 9](#) mostra-se que apenas os parâmetros CE e turbidez de F1 foram estatisticamente diferentes entre os períodos seco e úmido. Ressalta-se que na localidade de F1 há maior influência demográfica que F2, além de possuir também cobertura de esgotamento sanitário pouco significativa, o que pode ter contribuído para a diferença significativa entre o período úmido e seco, tendo em vista que no período úmido há aumento na diluição das substâncias presentes na água ([IBGE, 2022b](#); [Silva *et al.*, 2016](#)).

[Lima *et al.* \(2020\)](#) analisaram os índices de qualidade da água no semiárido brasileiro entre os anos de 2004 a 2018, e identificaram que entre os períodos chuvosos [úmido] e secos não foi apresentada influência da precipitação sobre os valores dos parâmetros de qualidade de água, como a temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, CT, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez e o IQA. No entanto, os autores verificaram que houve deterioração da qualidade da água com a redução do volume disponível no reservatório, bem como da profundidade média, sugerindo influência das condições hidrológicas do sistema sobre os parâmetros avaliados.

[Barbosa *et al.* \(2023\)](#) analisaram sistemas hídricos inseridos em uma região do Nordeste do Brasil em contexto de semiárido circundante com enclaves de brejos de altitude e ressaltaram que a precipitação desempenha papel relevante na dinâmica desses ambientes, influenciando a exportação de água e o aporte de nutrientes, salientando ainda que variações pluviométricas afetam parâmetros como condutividade elétrica, transparência, pH e fósforo, os quais impactam diretamente a qualidade da água e aumentam a vulnerabilidade desses sistemas à eutrofização, especialmente em contextos de fragilidade climática e ausência de critérios técnicos de gestão.

Além disso, [Silveira *et al.* \(2024\)](#), ao avaliarem a influência das mudanças climáticas na bacia do rio Terra Nova, no semiárido pernambucano, destacaram que a irregularidade das precipitações, associada às elevadas temperaturas e à evapotranspiração, pode intensificar problemas relacionados à disponibilidade e à qualidade da água. Os autores também observaram tendências de alterações em parâmetros físico-químicos, como oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo, ressaltando a importância do monitoramento contínuo para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos e formulação de políticas públicas.

[Carvalho *et al.* \(2024\)](#) observaram, no Açude Taquara, localizado na bacia do rio Acaraú, em região semiárida do estado do Ceará, influência significativa sobre parâmetros físico-químicos e biológicos, como oxigênio dissolvido, fósforo total e turbidez, além de desconformidades com os limites legais, indicando que variações sazonais e possíveis fontes antrópicas podem comprometer a qualidade da água do sistema.

Em conjunto, tais evidências indicam que a interação entre variabilidade pluviométrica, sazonalidade e pressões antrópicas constitui um fator determinante para a degradação da qualidade da água em sistemas hídricos do semiárido brasileiro, reforçando a necessidade de estratégias de monitoramento e gestão que considerem essas dinâmicas de forma integrada.

Considerações finais

O estudo confirmou a influência da precipitação na qualidade da água em uma determinada região a fim de expor o panorama norteador e referencial às ações voltadas a políticas públicas. Desta forma, foi possível observar que apesar de não ter ocorrido expressivas variações em todos os parâmetros de qualidade analisados na bacia do Piauitinga, estes obtiveram percentuais de desconformidade com a legislação brasileira no período estudado para um rio classe 2.

Para a correlação entre F1 e P1, no período seco, os parâmetros que tiveram correlação estaticamente significativos foram cor verdadeira com a precipitação [$\rho = 0,90$], já para o período úmido foram os parâmetros turbidez com CT [$\rho = 0,90$], DBO com CT [$\rho = 0,90$] e CT com IQA [$\rho = - 0,90$].

Quanto a correlação entre F2 e P2 no período seco, os parâmetros que tiveram correlação estaticamente significativos foram DBO com a precipitação [$\rho = - 0,83$] e DBO com pH [$\rho = 0,89$], já para o período úmido foram os parâmetros cor verdadeira e turbidez [$\rho = 0,90$], e os parâmetros pH, nitrato e CE com a cor verdadeira [$\rho = 0,90$]. Ressalta-se também que os parâmetros CE e turbidez de F1 foram estatisticamente diferentes entre o período seco e úmido com um nível de confiança de 95% com valor-p de 0,029.

Ademais, também foi possível observar que locais com cobertura de rede adequada de esgotamento sanitário são impactadas tanto no período úmido quanto no seco, tendo diversas oscilações nos parâmetros de qualidade.

Esses resultados evidenciam que a precipitação exerceu influência direta e indireta sobre a dinâmica dos parâmetros de qualidade da água na bacia do Piauitinga. Tais achados reforçam a vulnerabilidade do sistema hídrico às condições climáticas e ao uso e ocupação do solo, especialmente em áreas com infraestrutura de saneamento ainda insuficiente.

Sendo assim, são necessárias medidas intervencionistas na bacia para que seja possível melhoria contínua da qualidade das águas, a exemplo do controle do uso e ocupação do solo, além do aumento do atendimento de esgotamento sanitário, tendo em vista que a água é um recurso fundamental para todos os seres vivos, sendo necessária que esta esteja no meio ambiente em quantidade e com qualidade.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **HidroWeb**. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2023.

ARYAL, M. Transforming water quality monitoring for advancements in sustainable resource management. **International Aquatic Research**, v. 16, n. 4, p. 293-316, 2024. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/3249140297/ADCF478923E4ED7PQ/1?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

BARBOSA, L. G.; CARNEIRO, K. A. A.; MORO, L.; SANTOS, J. P. O.; MACEDO, R. S. Seasonal precipitation and anthropogenic pressure affect the water quality of reservoirs in the highland humid forest enclaves. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 35, e35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3723>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/fqXFK7hbfZxctZLTNHL4LXs/?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

BATISTA, D. F.; ALBUQUERQUE, T. M. A. Impacto da seca na agricultura dos territórios Agreste Central, Alto Sertão e Centro-Sul de Sergipe. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, p. 81-88, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863710001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/VFKKC4hGShKr4BHvt4Pbn5b/?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 616 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

CARVALHO, B. A. F.; ELOI, W. M.; ALEXANDRE, D. M. B.; CHAVES, M. T. R.; RIBEIRO FILHO, J. C. Efeito da sazonalidade na qualidade da água do Açude Taquara, Ceará, Brasil. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 17, n. 3, p. 780-798, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.3.87666>. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/87666>. Acesso em: 1 jul. 2026.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices de qualidade da água**: série de relatórios, apêndice C. São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2023.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. 567 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 13 maio 2011.

CRUZ, M. A. S.; GONÇALVES, A. A.; ARAGÃO, R.; AMORIM, J. R. A.; MOTA, P. V. M.; SRINIVASAN, V. S.; GARCIA, C. A. B.; FIGUEIREDO, E. E. Spatial and seasonal variability of the water quality characteristics of a river in Northeast Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, n. 68, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8087-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12665-019-8087-5.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2026.

DAMASCENO, J. B. Água: bem vital, direito essencial e de apropriação incondicional. **Revista da EMERJ**, v. 25, n. 1, p. 40-54, 2023. Disponível em: <https://ojs.emerj.com.br/index.php/revistadaemerj/article/view/521>. Acesso em: 1 jul. 2026.

EJIOHUO, O.; ONYEAKA, H.; AKINSEMOLU, A.; NWABOR, O. F.; SIYANBOLA, K. F.; TAMASIGA, P.; AL-SHARIFY, Z. T. Ensuring water purity: mitigating environmental risks and safeguarding human health. **Water Biology and Security**, v. 4, n. 2, 100341, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2024.100341>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772735124001136?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2022a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/salgado/panorama>. Acesso em: 28 abr. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2022b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/estancia/panorama>. Acesso em: 28 abr. 2026.

LIBOS, N. M. C.; PINHEIRO, A.; GIRARDI, R. Análise espacial de dados de monitoramentos de qualidade de água em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 2, p. 672-687, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p672-687>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/256161>. Acesso em: 1 jul. 2026.

LIMA, G. R. R.; SOUZA, S. O.; ALENCAR, F. K. M.; ARAÚJO, A. L.; SILVA, F. J. A. O que comunicam os índices de qualidade de água e de estado trófico em um reservatório do semiárido brasileiro? **Geociências**, v. 39, n. 1, p. 181-190, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i1.14206>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14206>. Acesso em: 1 jul. 2026.

LIMA, R. G. S.; AMORIM, D. L. N. F.; MENDES, L. A. Modelo chuva-vazão baseado no método dos resíduos ponderados: resultados preliminares. // SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 16.; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 15., 2022, Caruaru. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHIDRO, 2022. p. 1-10. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14280>. Acesso em: 1 jul. 2026.

MAGALHÃES, L. T. S.; GOMES, J. B. V.; VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; FERREIRA, R. A. Caracterização geo-pedológica das áreas de nascentes na Bacia Hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 7, n. 1, p. 169-181, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.767>. Disponível em: <https://ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/767>. Acesso em: 1 jul. 2026.

MAIER, M. H.; TAKINO, M.; TOLENTINO, M. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira: influência do uso do solo, da água e da descarga de efluentes sobre a qualidade da água [SP-Brasil]. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 13, n. 1, p. 153-178, 1986. Disponível em: https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/sumario_13_153-178. Acesso em: 1 jul. 2026.

MARTINS, C. F. V.; BAHIA, D. S. G.; DOLL, K. M.; SILVA, D. T. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 7, n. 2, p. 117-126, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.7.2.2022.4247.117-126>. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/4247>. Acesso em: 1 jul. 2026.

MEDEIROS, M. S.; GOULART, A. C.; PACHECO, I. S.; AMARAL, F. A.; CANOBRE, S. C. Análise multivariada aplicada a qualidade da água subterrânea de abastecimento em escolas do campo de Uberlândia-MG. **Periódico Tchê Química**, v. 16, n. 32, p. 833-847, 2019. Disponível em: https://web.archive.org/web/20210901143253id_/http://www.deboni.he.com.br/arquivos_jornal/2019/32/851_Periodico32.pdf. Acesso em: 1 jul. 2026.

MOREIRA, F. D. **Geotecnologia aplicada à sub-bacia hidrográfica do Rio Piauitinga e suas relações ambientais**. 2008. 121 f. Dissertação [Mestrado em Geografia] – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/5610>. Acesso em: 1 jul. 2026.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

PEREIRA, M. A. Desenvolvimento insustentável, degradação dos recursos hídricos e a magnitude das doenças emergentes. *In*: HAYASHI, C.; SARDINHA, D. S.; PAMPLIN, P. A. Z. [org.]. **Ciências Ambientais: Recursos Hídricos**. Alfenas, MG, 2020.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLmM6mbDX6K/?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

POERSCH, A. C. C.; SEBASTIEN, N. Y.; TABORDA, J.; COLOMBARI NETO, J.; CAOVIALLA, M. M.; FONSECA, C. A. A Demanda Bioquímica de Oxigênio [DBO] e possíveis fatores de influência nos processos em águas superficiais do Rio São Francisco Verdadeiro – Paraná. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 5, p. 45-51, 2019. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/pt_BR/article/view/23790. Acesso em: 1 jul. 2026.

SANTOS, C. T. B.; CORREIA FILHO, W. L. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO, D. B.; BATISTA, B. A. Evaluation of Vegetation Health Index behavior in the diagnosis of droughts in the Brazilian Northeast. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e54011427890, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27890>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27890>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SANTOS, T. M.; BATISTA, R. O. S. Saúde ambiental e territórios da pesca artesanal: a contaminação por veiculação hídrica no povoado São Brás no município de Nossa Senhora do Socorro/Sergipe. **Revista Geografar**, v. 15, n. 2, p. 285-299, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5380/geografar.v15i2.59269>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/59269>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SANTOS, W. A.; ALMEIDA, A. Q.; CRUZ, J. F.; MELLO, A. A.; SANTOS, R. B.; LOUREIRO, D. C. Conflito de uso da terra em áreas de preservação permanentes da bacia do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p. 19-24, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2281>. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2281>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas. **Dados de qualidade da água do estado de Sergipe**: Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade das Águas [REQUA]. Aracaju: SEMAC, 2023.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/aa/a/mwHP8HMv955dkZ984LmmGLr/?>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SILVA, A. F.; SOUZA, A. O.; FIGUEIREDO, D. C.; MENDONÇA, M. C. S.; GARCIA, C. A. B. Balanço hídrico climatológico da sub-bacia do Rio Piauitinga – SE. // SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Gravatá. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2016. p. 1-8. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=707>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SILVA, D. P.; PITALUGA, D. P. S.; SCALIZE, P. S.; SANTOS, H. O. Seasonal evaluation of surface water quality at the Tamanduá stream watershed [Aparecida de Goiânia, Goiás, Brazil] using the Water Quality Index. **Open Engineering**, v. 9, n. 1, p. 90-98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2019-0010>. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/eng-2019-0010/html>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SILVA, G. S.; MIOLA, S.; SILVA, G. S.; SOUSA, E. R. Avaliação da qualidade das águas do Rio São Francisco Falso, tributário do reservatório de Itaipu, Paraná. **Eclética Química**, v. 35, n. 3, p. 117-122, 2010. DOI: <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v35.3.2010.p117-112>. Disponível em: <https://revista.iq.unesp.br/ojs/index.php/eclética/article/view/212>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SILVA, I. R.; BROVINI, E. M.; PEREIRA, R. O.; GOMES, M. H. R. Influência da precipitação e do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia do Ribeirão Espírito Santo – Juiz de Fora/MG. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 22, n. 1, p. 35-51, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2020v22n1p35-51>. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/8333>. Acesso em: 1 jul. 2026.

SILVEIRA, N. T.; SOARES, G. A. S.; BANDIM, C. G. A.; SANTANA, S. H. C.; GALVÍNIO, J. D. Influência das mudanças climáticas na qualidade da água na bacia hidrográfica do Terra Nova, Pernambuco. **Scientia Plena**, v. 20, n. 9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.099901>. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/7874>. Acesso em: 1 jul. 2026.

UN. United Nations. **The Sustainable Development Goals Report 2024**. 2024. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/>. Acesso em: 21 abr. 2026.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. 243 p.

WHO. World Health Organization. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities**. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF): World Health Organization, 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/reports/progress-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2019>. Acesso em: 1 jul. 2026.

ZONTA, J. H.; ZONTA, J. B.; RODRIGUES, J. I. S.; REIS, E. F. Qualidade das águas do rio Alegre, Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 155-161, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/83775>. Acesso em: 1 jul. 2026.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

COMO CITAR ESTE ARTIGO SEGUNDO AS NORMAS DA REVISTA

ABNT: SANTOS, A. L. A.; LIMA, R. G. S.; LUCAS, A. A. T.; CRUZ, M. A. S.; MICHELAN, D. C. G. S.; MENDES, L. A. Influência da precipitação na qualidade da água em uma bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro. *Vértices [Campos dos Goitacazes]*, v. 28, n. 2, e28223683, 2026. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v28n22026.23683>. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/23683>.

APA: Santos, A. L. A., Lima, R. G. S., Lucas, A. A. T., Cruz, M. A. S., Michelan, D. C. G. S., & Mendes, L. A. (2026). Influência da precipitação na qualidade da água em uma bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro. *Vértices [Campos dos Goitacazes]*, 28(2), e28223683. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v28n22026.23683>

DADOS DO AUTOR E AFILIAÇÃO INSTITUCIONAL

Ana Lara Araújo Santos - Doutorado em andamento no Programa de Pós-Graduação em Recursos hídricos na Universidade Federal de Sergipe (UFS) – São Cristóvão/SE – Brasil. E-mail: analarah.santos@gmail.com.

Ronaldo Guilherme Santos Lima - Doutorado em andamento no Programa de Pós-Graduação em Recursos hídricos na Universidade Federal de Sergipe (UFS) – São Cristóvão/SE – Brasil. E-mail: ronaldomuri424@gmail.com.

Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas - Doutor em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo, Brasil [2007]. Professor no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe (DEAGRI/UFS) – São Cristóvão/SE – Brasil. E-mail: aatlucas@academico.ufs.br.

Marcus Aurélio Soares Cruz - Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil [2004]. Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros – Aracaju, SE – Brasil. E-mail: marcus.cruz@embrapa.br.

Denise Conceição de Gois Santos Michelan - Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina [2010]. Professora no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) – São Cristóvão/SE – Brasil. E-mail: denise_gois@yahoo.com.br.

Ludmilson Abritta Mendes - Doutor [2012] em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela EP-USP. Professor no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) – São Cristóvão/SE – Brasil. E-mail: lamendes@academico.ufs.br.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE), por meio de bolsa de pesquisa (Processo nº 019203.05507/2023-2).

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA NA PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Os autores declararam não haver dados disponíveis em repositórios.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Os autores declararam não ter havido utilização de ferramentas de inteligência artificial generativa na elaboração do manuscrito, na criação de figuras ou imagens, nem em qualquer outra etapa deste estudo.

DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL

Este documento é protegido por Copyright © 2026 pelos Autores

LICENÇA DE USO

Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons](#). Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

RESPONSABILIDADE PELA PUBLICAÇÃO

Essentia Editora, coordenação subordinada à PROPPIE do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da Essentia Editora.