



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

PETERSON OLIVAL FERREIRA TENÓRIO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DO RIO PARAÍBA DO MEIO -
ALAGOAS, DURANTE O ANO HIDROLÓGICO DE 2013**

Maceió
2023

PETERSON OLIVAL FERREIRA TENÓRIO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DO RIO PARAÍBA DO MEIO -
ALAGOAS, DURANTE O ANO HIDROLÓGICO DE 2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Petter Medeiros.

Maceió
2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

- T312a Tenório, Peterson Olival Ferreira.
Avaliação do processo de eutrofização do rio Paraíba do Meio - Alagoas, durante o ano hidrológico de 2013 / Peterson Olival Ferreira Tenório. – 2023.
45 f. : il. : color.
- Orientador: Paulo Ricardo Petter Medeiros.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia: Bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente. Maceió, 2023.
- Bibliografia: f. 42-45.
1. Paraíba do Meio, Rio (AL e PE). 2. Eutrofização. 3. Qualidade da água. I. Título.

CDU: 911.2:556(813.5)

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Fátima Maria Ferreira Tenório (*in memoriam*).

A minha avó Maria José Carnáuba Tenório.

A minha família, por acreditarem em minha capacidade.

Ao meu orientador, prof. dr. Paulo Ricardo Petter Medeiros, pela contribuição que me foi dada nesse momento de descobertas e crescimento pessoal.

Aos professores do IGDEMA - Ufal, por terem fornecido base teórica, sem a qual este trabalho não seria possível;

Aos colegas do curso de Geografia, pelo apoio prestado ao longo do curso e pelos bons momentos compartilhados, aos amigos Nayara Barreto e Ivan Aarão, por tamanha contribuição.

E em especial a Dra. Tatiana Salvador, pelo grande incentivo.

RESUMO

Os rios são importantes recursos hídricos para a sobrevivência da humanidade e todos os seres vivos do planeta, já que eles são fundamentais, seja para a manutenção da vida no planeta Terra ou para fins sociais e econômicos. Nesse sentido, é incontestável que a uso racional dos recursos hídricos é necessária, pois o seu uso inadequado, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo-os em suas diferentes formas de usos. Assim, em decorrência do uso irracional dos recursos hídricos, destaca-se a eutrofização, considerada um problema ambiental que passa a se propagar. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa, foi avaliar o grau de eutrofização do rio Paraíba do Meio, que banha os estados de Pernambuco e Alagoas, no Brasil. O setor selecionado para pesquisa se encontra contido no estado de Alagoas tendo como referência, o ano hidrológico de 2013. Para isso, foi usado o Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson proposto em 1977, relacionando-o com a sua vazão e precipitação do rio Paraíba do Meio em comparação a outros rios tropicais. Se fez necessário determinar também, a concentração de nutrientes Clorofila *a* e Fósforo (P) com base em dados coletados mensalmente no ano de 2013 pelo Laboratório de Hidroquímica um dos que fazem parte dos Laboratórios Integrados de Ciências do Mar e Naturais (Labmar - Ufal) e do Laboratório de Geoquímica Ambiental do IGDEMA - Ufal. Para os dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos foram analisados dados digitais do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) por meio do *Portal HidroWeb*. Para precipitação pluvial foi utilizado o Banco de dados Hidrometeorológicos (BDHM) da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH – AL). Portanto, ao analisar o IET obtido, pode-se classificar o rio Paraíba do Meio com estado trófico eutrófico, na qual a qualidade da sua água passou por grandes alterações em parâmetros como Fósforo Total (P) e Clorofila *a*, sendo o enriquecimento de fósforo fator determinante para seu atual estágio de eutrofização.

Palavras Chave: Rio Paraíba do Meio. Eutrofização. Qualidade da água.

ABSTRACT

Rivers are important water resources for the survival of humanity and all living beings on the planet, since they are fundamental, whether for the maintenance of life on planet Earth or for social and economic purposes. In this sense, it is indisputable that the rational use of water resources is necessary, as their inappropriate use causes changes in their quality, compromising them in their different forms of use. Thus, as a result of the irrational use of water resources, eutrophication stands out, considered an environmental problem that begins to spread. In this sense, the objective of this research was to evaluate the degree of eutrophication of the Paraíba do Meio river, which flows through the states of Pernambuco and Alagoas, in Brazil. The sector selected for research is contained in the state of Alagoas, having the hydrological year of 2013 as a reference. For this, the Carlson Trophic State Index (TSI) proposed in 1977 was used, relating it to its flow and precipitation. of the Paraíba do Meio river compared to other tropical rivers. It was also necessary to determine the concentration of nutrients Chlorophyll a and Phosphorus (P) based on data collected monthly in 2013 by the Hydrochemistry Laboratory, one of which is part of the Integrated Laboratories of Marine and Natural Sciences (Labmar - Ufal) and from the Laboratory of Environmental Geochemistry at IGDEMA - Ufal. For data on river levels, flows, rainfall, climatology, water quality and sediments, digital data from the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) website were analyzed through the HidroWeb Portal. For rainfall, the Hydrometeorological Database (BDHM) of the State Secretariat for the Environment and Water Resources of Alagoas (SEMARH – AL) was used. Therefore, when analyzing the TSI obtained, one can classify the Paraíba do Meio River with a eutrophic trophic state, in which the quality of its water underwent major changes in parameters such as Total Phosphorus (P) and Chlorophyll a, with phosphorus enrichment being determining factor for its current stage of eutrophication.

Keywords: Paraíba River. Eutrophication. Water quality.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Recursos hídricos.....	11
2.2	Ciclo hidrológico.....	12
2.3	Rios: conceito e caracterização	13
2.4	Eutrofização nos ambientes aquáticos.....	14
2.5	O Índice do Estado Trófico (IET)	17
3	CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA	18
3.1	Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio	18
3.2	Sínteses dos aspectos físico-naturais	20
3.3	Síntese dos aspectos sociodemográficos	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1	Obtenção de dados.....	25
4.1.1	Plano de amostragem.....	27
4.1.2	Parâmetros medidos em laboratório	27
4.1.3	Verificação do Estado Trófico por meio do IET	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1	Estudos Realizados no Rio Paraíba do Meio.....	29
5.2	Precipitação e vazão no período estudado.....	31
5.3	Fósforo total e clorofila <i>a</i>	34
5.4	Estado trófico da água do rio Paraíba do Meio através do Índice do Estado Trófico (IET) para o ano de 2013.....	36
5.5	Relação do IET com a precipitação e vazão.....	38
5.6	Comparação do índice de estado trófico encontrado com outros rios tropicais	40
6	CONCLUSÃO	
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

1 INTRODUÇÃO

Com o grande aumento populacional do mundo, os rios são submetidos constantemente a ação antrópica, que geram impactos de grandes proporções, como a construção de imensas obras sem o devido estudo, desmatamento e também, o descarte de metais pesados e diversas substâncias. Como é afirmado por Souza et al. (2014, p. 27), “A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais”. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins.

Nesse sentido, é válido destacar que a qualidade da água se constitui como um aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. “Este uso tem sofrido restrições significativas em função de prejuízos nos rios provenientes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano” (SOUZA et al., 2014, p. 27). E conseqüentemente, o elevado aumento de concentração de nutrientes, podem causar danos a um ecossistema, decorrente do processo de eutrofização, que pode ser natural ou artificial. O ecossistema aquático de acordo com seu nível de nutrientes é classificado em ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico. É válido mencionar que, o processo de eutrofização é considerado um grande problema existente em vários ecossistemas aquáticos do mundo, sendo declarado como um problema ambiental.

Portanto, o referido estudo tem o intuito de analisar especificamente os dados referentes a Clorofila a e Fósforo Total do Rio Paraíba do Meio, e conseqüentemente, medir seus graus de trofia durante o referido ano hidrológico, por ser considerado um grande fator que afeta diretamente os ecossistemas aquáticos continentais. Sendo assim, conforme Wiegand e Araújo (2016, p. 419), “[...] os nutrientes quando depositados em elevada concentração podem ocasionar o aumento do grau de trofia do corpo hídrico, ou seja, a eutrofização, que é caracterizada pelo enriquecimento de nutrientes em um ecossistema, principalmente por fósforo e nitrogênio, tendo como resultado o crescimento excessivo dos produtores primários, como as macrófitas e algas planctônicas”. Diante disso, como a água dos rios são necessárias para a vida, somada a sua imensa diversidade de recursos naturais, e por se tratarem dos principais sistemas de transporte de matéria orgânica, sedimentos e nutrientes, que seguem o curso d’água do continente a região costeira em virtude de seu fluxo unidirecional, se faz necessário ampliar os estudos destes, com o intuito de identificar a qualidade da água e possíveis prejuízos ambientais.

O trabalho teve como objetivo geral, avaliar o grau de eutrofização do rio Paraíba do Meio para o ano de 2013 com base no Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson em 1977.

Dentre os objetivos específicos, buscou-se:

- a) relacionar o IET com a vazão e precipitação do rio Paraíba do Meio;
- b) comparar o IET e o IET com a vazão e precipitação o rio Paraíba do Meio com outros rios tropicais;
- c) determinar a concentração de nutrientes Clorofila *a* e Fósforo (P) do rio Paraíba do Meio

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Recursos hídricos

Conforme inúmeros estudos realizados acerca desta temática, a água é um elemento essencial não apenas para fins socioeconômicos, mas sobretudo, para manutenção da vida em todo o planeta. Como recurso hídrico, é notável alterações relacionadas a quantidade, qualidade, o que, conseqüentemente, tem tornado esse recurso impróprio para o uso da sociedade. Quanto a sua importância como elemento natural, ela possui o papel vital para manutenção da vida, como dito anteriormente.

Assim, o rio Paraíba do Meio está inserido nessa realidade, onde a degradação ambiental realizada pela ação antropogênica, provoca alterações, na qualidade e quantidade da água. Ribeiro e Rolim (2017, p. 10) destacam que a água é “[...] responsável pela variação climática, pela manutenção dos rios, lagos e oceanos e cria condições para o desenvolvimento de plantas e animais. É um recurso essencial”.

Sendo a água indispensável e inserida nos processos ecológicos essenciais, como o da fotossíntese, o da quimiossíntese e o da respiração. E também servindo como habitat de inúmeros organismos e espécies animais e vegetais. “Sua mobilidade, seu poder de solubilidade, sua variação de densidade, sua característica de regulador térmico e especialmente sua tensão superficial são atributos que respondem por sua extraordinária função ecológica” (SILVA, 2007, p. 120). Segundo Hirata (2008, p. 422) “[...] a água como substância está presente em toda parte, mas o recurso hídrico, entendido como um bem econômico e que pode ser aproveitado pelo ser humano dentro de custos financeiros razoáveis, é mais escasso”.

2.2 Ciclo hidrológico

Conforme uma grande gama de estudiosos que fazem menção aos estudos referentes a as mudanças no estado físico da água, ocorridas no ciclo hidrológico e sua característica como é confirmado por Tundisi (2008, p 39), onde descreve, que “[...] o Ciclo da água é o modelo pelo qual se representam a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases líquidas, sólida e gasosa” (**Figura 1**). Além disso, “[...] a água na biosfera faz parte de um ciclo denominado ciclo hidrológico que se constitui, basicamente, em um processo contínuo de transporte de massas d’água do oceano para a atmosfera e desta, através de precipitações, escoamento (superficial e subterrâneo) novamente ao oceano”. (ESTEVEZ, 1998, p .8).

Figura 1 - Ciclo Hidrológico



Fonte: United States Geological Survey – USGS (2019). Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese>. Acesso em: 05 de abr. de 2023.

Sendo assim, é válido destacar que os elementos que constituem todo esse processo dinâmico, sofrem variações em suas características hidrológicas e geoquímicas, conforme sua localização regional e condições climáticas. Embora a evaporação e a precipitação sejam os elementos mais importantes do ciclo hidrológico, a evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial e subterrâneo são outros elementos que podem assumir grande importância, especialmente a nível regional. “Daí a necessidade de se observar, em muitas regiões, as variações do ciclo hidrológico em função de características locais, como clima e topografia”, (ESTEVEVES, 1998 p. 9).

2.3 Rios: conceito e caracterização

De acordo com Tundsi (2008 p. 355), “[...] os rios são ecossistemas aquáticos de fluxo permanente, e interação também permanente e intensa com as bacias hidrográficas nas quais se inserem, e com a fauna dominada por invertebrados bentônicos e peixes”. A biota aquática

desses sistemas lóticos é adaptada ao fluxo unidirecional da água e à estrutura do sedimento do fundo, ou seja, seu tipo e sua composição química. Sendo estes, imensos sistemas de transporte de matéria orgânica e inorgânica. São afetados diretamente por impactos causados pelas atividades humanas, o que chamamos de ação antrópica, como o descarte de materiais pesados, desmatamento e até construção de imensas obras como hidroelétricas.

O crescimento populacional no mundo, nos últimos anos, tem configurado um cenário de intensa transformação no meio ambiente, afetando negativamente os ambientes aquáticos, uma vez que as mudanças no uso do solo, o desmatamento, a expansão da agricultura e a produção de energia e alimentos têm contribuído significativamente para a poluição de águas fluviais através da deposição de esgotos sanitários, resíduos sólidos e produtos altamente poluentes que levam ao aumento do aporte do fluxo de macronutrientes nessas águas, como o fósforo (F) e o nitrogênio (N), os quais passam, nesse caso, de nutrientes a poluentes. (MEDEIROS, 2003, p.59).

Assim, sua característica é muito bem definida, pois tem seu movimento das águas direcionado permanentemente para apenas uma direção. Em decorrência desse movimento unidirecional que exerce controle sob a estrutura do corpo d'água e seus sedimentos, toda a conjuntura do rio passa a se adaptar, desde a biota aquática, a fauna e a flora. Tundisi (2008, p. 356) destaca que “[...] as características físicas que interferem no transporte de material e na carga são: largura e profundidade do canal do rio, velocidade da corrente, rugosidade do sedimento, grau de sinuosidade do rio e seus principais tributários”.

Outro fator que tende a influenciar na velocidade das águas é a declividade, que tem variação em determinados trechos do rio. Já suas características espaciais, dependem de sua interação com suas bacias hidrográficas. O sedimento transportado é proveniente das erosões causadas nas margens ou no solo das bacias hidrográficas, que por sinal, ocorre em diversas localidades do rio. É válido destacar que, o tamanho das partículas transportadas depende exclusivamente da velocidade da corrente d'água do rio e de sua morfologia.

Há de se mencionar, a ocorrência de rios intermitentes, que são localizados em regiões áridas e semiáridas, que em períodos de altas precipitações, há a existência de um elevado nível do fluxo de água em seu curso. Já os rios perenes, são os que não ocorrem nenhuma interrupção no fluxo de água anualmente.

2.4 Eutrofização nos ambientes aquáticos

O conceito de eutrofia, está relacionado ao aumento de fertilidade no ecossistema aquático em sua cadeia produtiva, com a elevação de nutrientes. “Conceito que nasce em berço Alemão, através de atividades realizadas por piscicultores, onde foram observados dados como a elevação de nutrientes” (ESTEVES, 1998, p. 203).

O termo eutrofia, atribuindo conotação de aumento na fertilidade de ecossistemas aquáticos continentais, foi utilizado originalmente por piscicultores alemães, que adicionavam carbonato de cálcio aos tanques de piscicultura construídos em solos ácidos. A adição de carbonato de cálcio, promovia não só a elevação de pH do meio, mas também, na maioria dos casos, melhoria acentuada no nível de produção global do sistema. Quando os tanques de piscicultura tinham sua produtividade aumentada, eram considerados como eutrófico ('Eutrophic'), e o processo denominado eutrofia ('Eutrophie'). Mais tarde, os próprios alemães passaram a utilizar o termo 'Eutrophierung' e os ingleses 'Eutrophication', os quais têm o mesmo significado de eutrofia. (ESTEVES, 1998 p. 203-204).

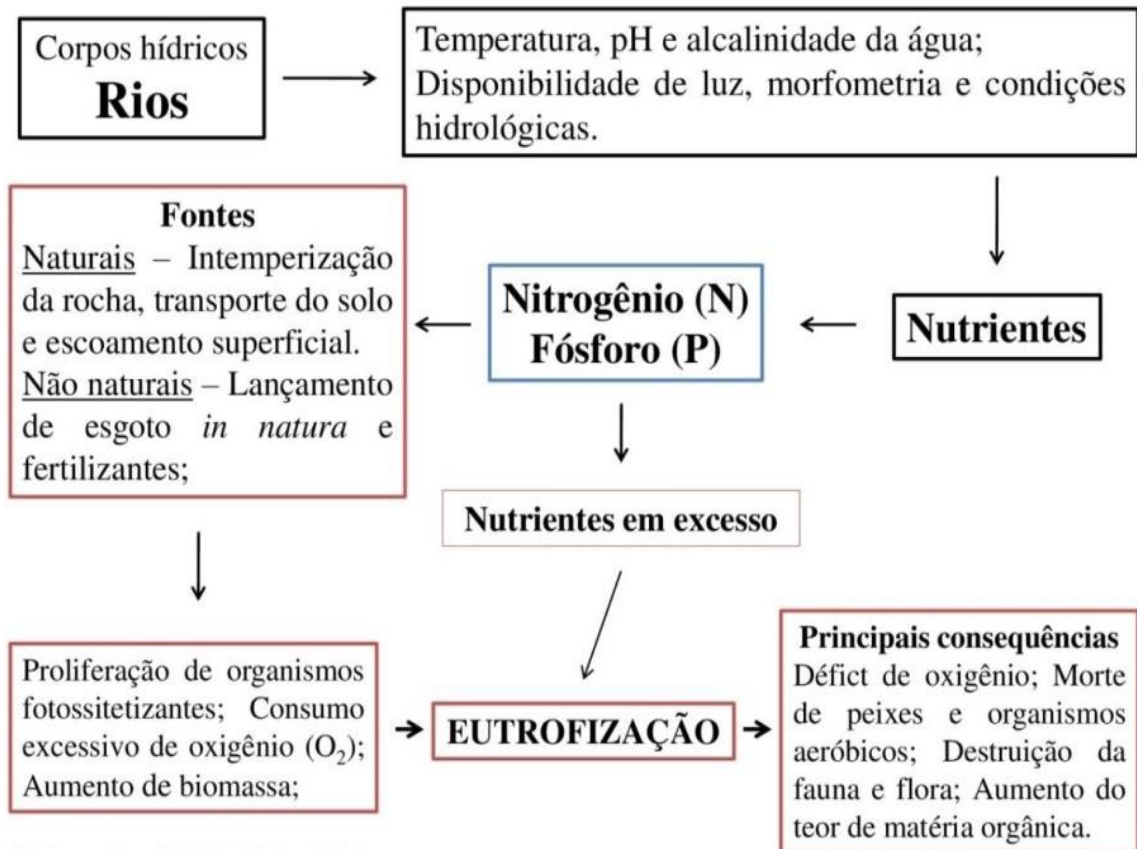
A eutrofização é o crescimento excessivo de nutrientes, a níveis que interferem diretamente na qualidade da água do corpo d'água.

Além disso, é importante mencionar algumas consequências dentre tantas, advindas do processo de eutrofização, pois, de acordo com o estado trófico que um corpo hídrico se encontra, este processo pode gerar grandes problemas, como o desequilíbrio no ecossistema em questão, que por sua vez, passa a produzir mudanças no metabolismo do ecossistema, como a redução do número indivíduos de diversas espécies, enquanto outras passam a ampliar em ganhar espaço. Frequentes florações de algas, crescimento excessivo de vegetação, mortalidade de peixes, maus odores e proliferação de mosquitos. Muitas espécies de produção secundária, apresentam redução no número de indivíduos ou desaparecem totalmente, decorrente do aumento das espécies de produção primária, sendo substituídas por outras que passam a dominar quantitativamente.

O processo de eutrofização artificial no seu estado inicial favorece o crescimento de diferentes grupos ecológicos de macrófitas aquáticas. No entanto, no decorrer do processo, observa-se, via de regra, relação inversa, porque nos lagos em adiantado estágio de eutrofização artificial, ocorre na região litorânea forte crescimento de algas filamentosas que reduzem a penetração da luz na água, que por sua vez impede o crescimento de macrófitas submersas e com folhas flutuantes. Mesmo as macrófitas emersas podem ter sua densidade reduzida, pois os brotos novos têm seu desenvolvimento prejudicado pela diminuição da luminosidade,. (ESTEVES, 1998, p. 209).

Figura 2 abaixo demonstra um esquema simplificado do processo de eutrofização em rios.

Figura 2 - Processo de eutrofização em rios



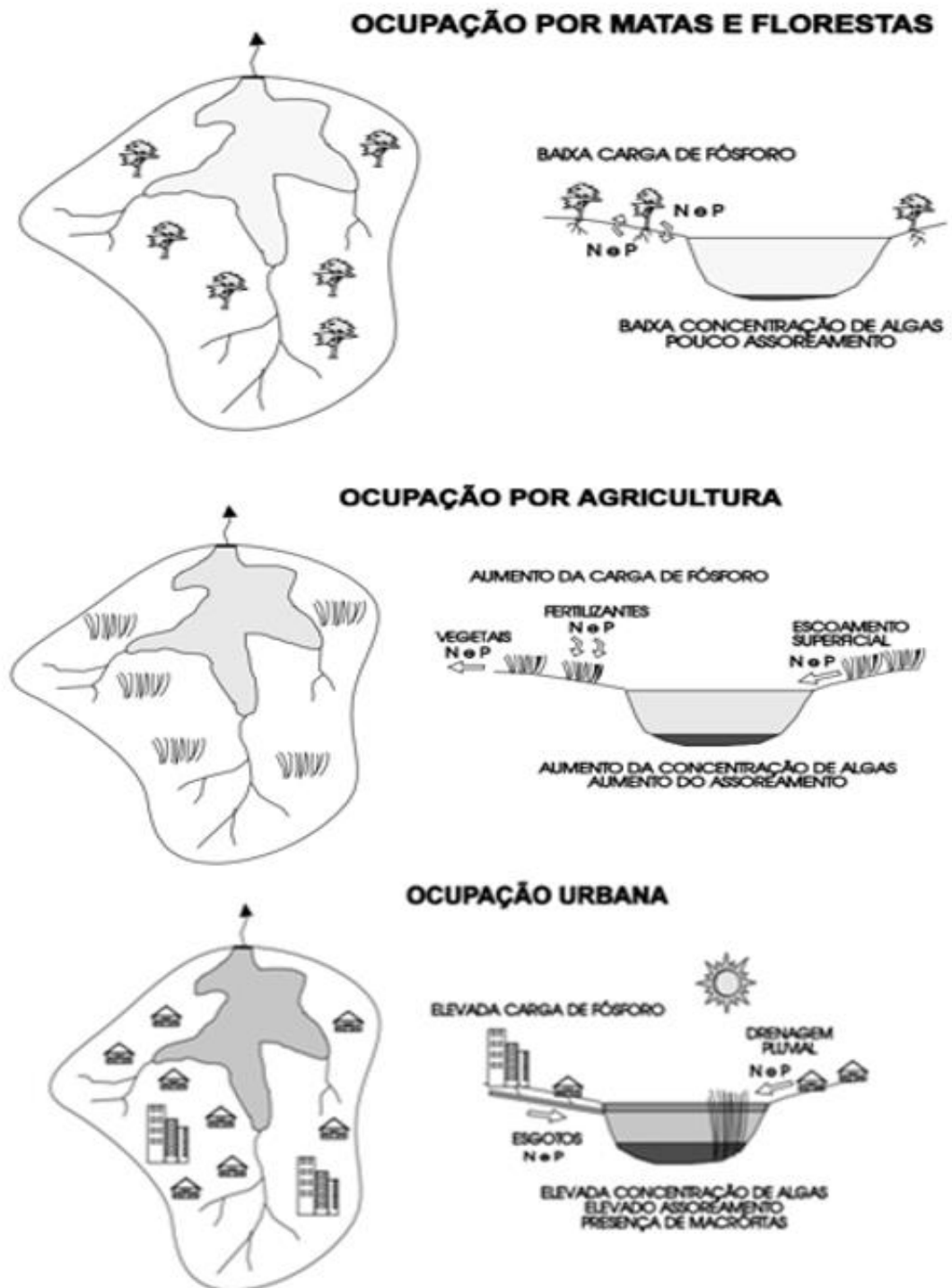
Elaboração: COSTA, N. B. (2021)

Fonte: Costa (2022).

Conforme é observado em diversos estudos relacionados ao tema “eutrofização”, que trata do nível excessivo de nutrientes no corpo d’água em estudo, principalmente nitrogênio e fósforo. Esse excesso de nutrientes, estão diretamente associados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Sendo assim, a figura 3 demonstra com clareza a evolução do processo de eutrofização de acordo com diferentes ocupações

Figura 3 - Evolução do processo de eutrofização



Fonte: Von Sperling (1996). Disponível em: <<http://klebereana.blogspot.com/2008/12/eutrofizacao-dos-corpos-dgua.html>>.

Acesso em: 05 de abr. de 2023.

Quanto ao grau de trofia, para se medir e classificar o estágio eutrófico que o corpo d'água se encontra, é necessário a coleta de amostras que venham possibilitar a caracterização e classificação. Deste modo, será definido o estado trófico conforme os seguintes níveis: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico. Nesse sentido, a Figura 4, descreve as tipicidades de cada nível.

Figura 4- Caracterização e classificação Eutrófico

Item	Classe de trofia				
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Biomassa	Bastante baixa	Reduzida	Média	Alta	Bastante alta
Fração de algas verdes e/ou cianofíceas	Baixa	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa ou ausente	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Dinâmica de produção	Bastante baixa	Baixa	Média	Alta	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Frequentemente supersaturado	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Dinâmica de oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação à completa ausência	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	Variável	Alto	Bastante alto

Elaboração: Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, abr, 2023., adaptado de Vollenweider (1996).

Fonte: Salas e Martino (1991).

2.5 O Índice do Estado Trófico (IET)

Tem a finalidade de classificar corpos d'água em seus diferentes graus de trofia e analisar a qualidade da água quanto ao enriquecimento de nutrientes. Para esse índice, o fósforo, atua como o principal agente causador do processo de eutrofização. Por sua vez, a avaliação do nutriente clorofila (CL), é considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, que indica os níveis de crescimento de algas.

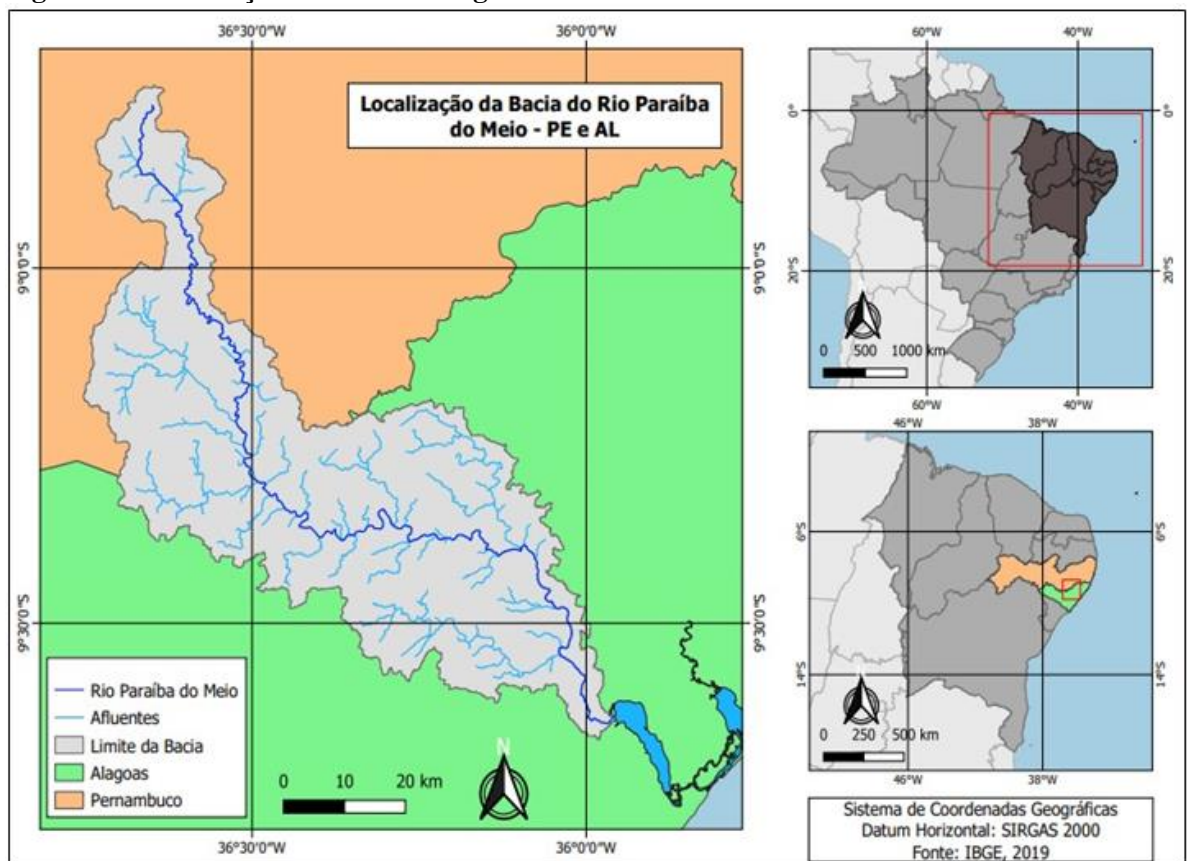
Para os Rios, esse índice é apresentado pelo cálculo que é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila *a* – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004).

3 CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA

3.1 Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio

A bacia do rio Paraíba do Meio está situada em um perímetro que envolve os estados de Alagoas e Pernambuco, abrangendo uma área de aproximadamente 3.127,83 km² (**Figura 5**). Sua nascente está localizada no município de Saloá, estado de Pernambuco, e sua foz na laguna Manguaba no município de Pilar, estado de Alagoas. (COSTA e MEDEIROS, 2021).

Figura 5 - Localização da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio



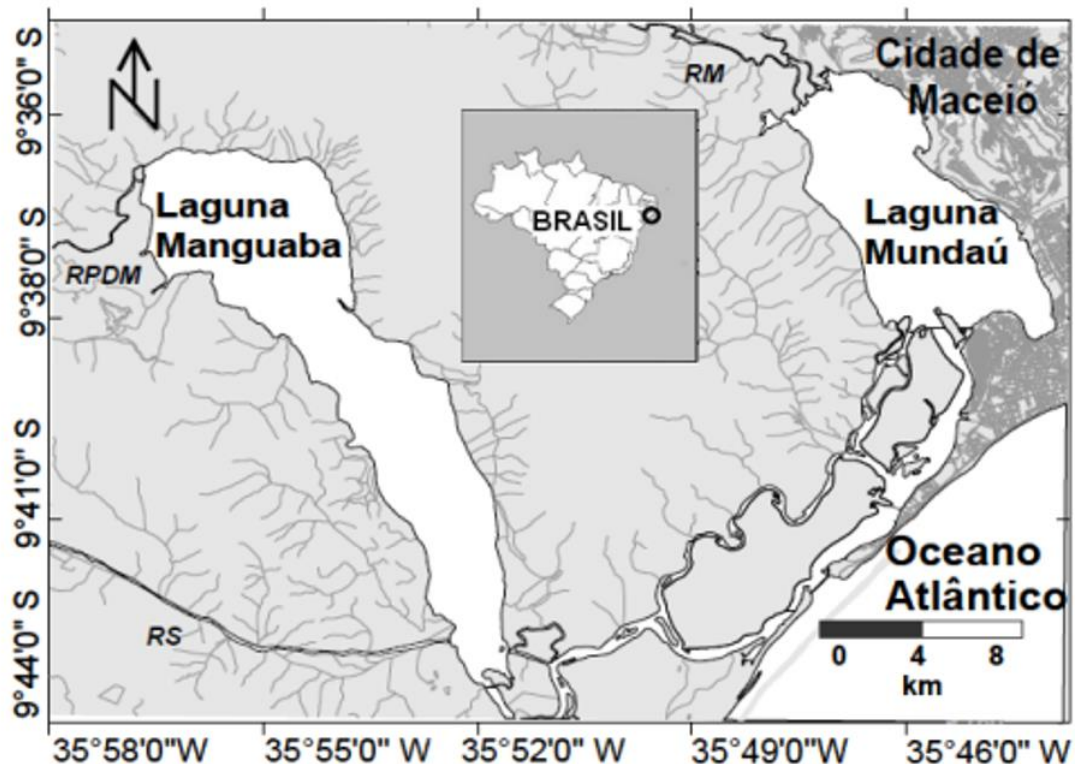
Fonte: Costa e Medeiros (2021).

É válido destacar que a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio faz parte de uma região conhecida como Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. De acordo com dados da ANA (2015) esta Região Hidrográfica é dividida em treze unidades: Aracaú, Apodi Mossoró, Curu, Jaguaribe, Litorânea PE/PB/RN, Litorânea AL/PE, Litorânea CE, Litorânea CE/PI, Litorânea CE/RN, Litorânea PB/RN, Litorânea PE, Litorânea RN e Piranhas.

Em consonância com o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) do ano de 1997, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio, abrange os estados de Alagoas e Pernambuco, com um perímetro de 37,6 % da bacia que correspondente a 1.175,33 km² localizada no estado de Pernambuco, e 62% do seu perímetro, está localizada em território alagoano com uma área de 1.952,5 km²., envolvendo oito municípios Pernambucanos: Bom Conselho, Brejão, Terezinha, Paratama, Caetés, Garanhuns, Saloá e Lagoa do Ouro, mais oito municípios alagoanos: Quebrangulo, Paulo Jacinto, Viçosa, Palmeira dos índios, Cajueiro, Capela, Atalaia e Pilar, onde neste último, desagua no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba.

Se tratando sua localização geográfica, a bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio conforme (Figura-5), está situada entre os paralelos 08°44' e 09°39' de latitude Sul e entre os meridianos 35°45' e 36°45' de longitude Oeste de Greenwich. A **Figura 6** – Mapa do Sistema Estuarino-Lagunar-Mundaú-Manguaba (CELMM) e seu do entorno imediato mostra a distribuição de partes dos rios Paraíba do Meio (RPDM), Mundaú (RM) e Sumaúma (RS), oceano atlântico e da cidade de Maceió.

Figura 6 - Mapa do Sistema Estuarino-Lagunar-Mundaú-Manguaba (CELMM) e de seu entorno imediato



Fonte: Cotovicz Júnior et al (2012). Disponível em: <https://www.academia.edu/41941665/LUIZ_CARLOS_COTOVICZ_JUNIOR_Aplica%C3%A7%C3%A3o_de_Modelos_ASSETS_e_TRIX_para_Avalia%C3%A7%C3%A3o_do_Estado_Tr%C3%B3fico_e_Cen%C3%A1rio_Futuro_da_Eutrofiza%C3%A7%C3%A3o_do_Complexo_Estuarino_Lagunar_Munda%C3%BA_Manguaba_AL>.
Acesso em: 07 de abr. de 2023.

3.2 Síntese dos aspectos físico-naturais

Conforme a classificação de Köppen, a região da bacia do rio Paraíba do Meio localizada no estado de Alagoas é definida como sendo de clima tropical quente e chuvoso, onde o verão é seco do tipo As', Já a região situada no Eestado de Pernambuco, o clima é subúmido, com curto período chuvoso, conforme classificação de Köppen, tropical quente sub-úmido seco do BShs'.

Segundo Santos (2020, p 1048), “[...] em se tratando dos índices de Pluviosidades, a média anual nessa parte da bacia no Estado de Alagoas é de aproximadamente 1600 mm. Na porção situada no Estado de Pernambuco, a pluviosidade média anual de 750 mm, com temperatura média anual de 25 °C”.

Na região central da bacia do rio Paraíba do Meio, registra-se a ocorrência de migmatitos nos municípios de Quebrangulo, Cajueiro, e de Pindoba até Atalaia. Nos municípios de Chã Preta, Viçosa, Quebrangulo, Pindoba, Mar Vermelho, Maribondo, ocorrem biotita-granitos apresentando granulação grosseira, estruturada predominantemente maciça, formados a partir de feldspatos, quartzo e biotita. E também, Gnaisses com inclusão de quartzitos nos municípios de Viçosa e Paulo Jacinto (PDRH, 2001).

A bacia do rio Paraíba do Meio possui formas de relevo ondulado (unidades litológicas do embasamento cristalino) a fortemente ondulado no alto curso do rio, com localidades de altitude (inferior a 1000 m). Já o médio curso da bacia tem relevo ondulado a suavemente ondulado e no baixo curso de suavemente ondulado a plano que se referem à bacia sedimentar, bem como a sedimentos recentes. Próximo a costa, são identificadas a presença de tabuleiros e chãs que são as ocorrências da formação barreiras, em Atalaia e Pilar (PDRH, 2001).

Na porção alagoana que se encontra inserida a bacia do rio Paraíba do Meio, ocorre um padrão bem definido de classes de solos, o Podzólico Vermelho Amarelo e o Latossolo Vermelho Amarelo. O Podzólico Vermelho Amarelo corresponde aos solos minerais com horizonte B textural, não hidromórficos, medianamente profundos. O Latossolo Vermelho Amarelo, são solos minerais profundos, não hidromórficos, horizonte B latossólico, muito porosos e permeáveis.

Figura 7 - Mapa de Tipos Climáticos de Alagoas



Fonte: Governo de Alagoas (2023). Disponível em:
 <<https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/438799d6-7375-4189-a205-debf4aff484/resource/b5ea6761-0ffc-44e5-a2f3-b04cb8b5d642/download/tiposclimaticosdealagoas.png>>.
 Acesso em: 07 de abr. de 2023.

No que diz respeito à cobertura vegetal da bacia do rio Paraíba do Meio em Alagoas, segundo estudos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), sobre a ocupação do solo, é evidenciado a existência de mata, mangue somente no baixo Paraíba, vegetação arbórea aberta, vegetação arbórea fechada e vegetação arbustiva arbórea no baixo Paraíba, (PDRH, 2001).

Figura 8 - Mapa da cobertura vegetal e uso do solo da bacia do rio Paraíba do Meio



Elaboração: Santos (2021).

Fonte: Costa (2022).

3.3 Síntese dos aspectos sociodemográficos

Desde a colonização do Brasil, a população concentrou-se próxima ao litoral. Esse processo também se consolidou ao longo dos rios, vetores de grande relevância social, econômica e ambiental. Inserido nessa realidade, os recursos hídricos são de vital importância para a sociedade, especialmente as ribeirinhas. Conforme Santos, o processo de apropriação e uso de um rio para atender às necessidades da população ao longo da bacia hidrográfica pode ocorrer de diversas formas.

[...] a existência de diversas atividades socioeconômicas, como a pesca, retirada de areia do leito do rio para construção civil, instalação de bombas de água para irrigação de atividade de agricultura nas proximidades da planície de inundação, atividades agrícolas baseadas na produção mercantil simples e a pecuária simples. (2018, p. 58).

Nesse sentido, observa-se que a problemática que envolve a expansão urbana desordenada podem provocar diversos impactos socioambientais. Em contra partida, a inserção do importante instrumento de política pública, que são os Planos Diretores de Recursos Hídricos

das Bacias Hidrográficas (PDRH), como um mecanismo legal, que visa orientar a ocupação e uso do solo urbano, procurando auxiliar no saneamento dos problemas existentes, inclusive, aqueles de ordem ambiental.

O levantamento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida que tem sido bastante utilizada para comparar riqueza, alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade, entre outros fatores de unidades territoriais. Um padrão de avaliar e medir o bem-estar de uma população. Considera em seu cálculo três variáveis ou indicadores: saúde, educação e renda per capita.

As variáveis do IDH recebem valores entre zero e um, o que permite classificar os países em três grupos: os de baixo desenvolvimento (IDH menor que 0,5); os de médio desenvolvimento (IDH entre 0,500 e 0,800); e os de alto desenvolvimento (IDH maior que 0,800). O objetivo é mensurar o bem-estar das sociedades e a qualidade de vida das populações. (MARQUES e NAKATANI, 2006 citado por TONI JUNIOR, 2010, p. 25).

Sendo assim, buscou-se trazer dados demográficos que possibilitem compreender a dinâmica populacional e o IDH dos municípios contidos na bacia rio Paraíba do Meio. Os dados utilizados foram obtidos junto ao PDRH da referida bacia e no site do IBGE, conforme dados do último Censo (2010), atendendo a caracterização da realidade do recorte temporal dessa pesquisa que é o ano de 2013.

A **Tabela 1** traz um detalhamento de cada município do estado de Pernambuco em variados aspectos, como sua População Absoluta, Densidade Demográfica a projeção do aumento populacional em estimativa para o ano de 2019 e o IDH segundo dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010.

Tabela 1 - Dados demográficos dos municípios pernambucanos contidos na bacia do rio Paraíba do Meio

Município	População Censo 2010	População Estimada 2019	Densidade Demográfica	Área Territorial	IDH 2010
	Hab.	Hab.	Hab./km ²	km ²	Valor
Bom Conselho	45503	48554	57,44	792,185	0,563
Brejão	8844	8993	55,35	159,786	0,547
Terezinha	6737	7169	44,48	151,450	0,545

(continua)

Paranatama	11001	11523	47,65	185,371	0,537
Caetés	26577	28739	80,66	294,946	0,522
Garanhuns	129408	139788	282,21	458,552	0,664
Saloá	15309	15843	60,73	251,549	0,559
Lagoa do Ouro	12132	13145	61,04	198,762	0,525

(conclusão)

Elaboração: Autor.**Fonte:** IBGE (2019).

Além disso, é visível a existência de uma considerável projeção de aumento populacional conforme os dados do Censo Demográfico do IBGE 2010 estimados para 2019. Este aumento populacional vai acarretar também na elevação da Densidade Demográfica e, por conseguinte, em maiores prejuízos para o rio devido a quantidade de efluentes domésticos.

A **Tabela 2** resume e associa especificamente os dados de densidade demográfica e IDH de cada município de Alagoas.

Tabela 2 - Dados demográficos dos municípios alagoanos contidos na bacia do rio Paraíba do Meio

Município	População Censo 2010	População Estimada 2019	Densidade Demográfica	Área Territorial	IDH 2010
	Hab.	Hab.	Hab./km ²	km ²	Valor
Viçosa	25407	25733	74,00	371,612	0,586
Quebrangulo	11480	11294	35,89	319,829	0,559
Paulo Jacinto	7426	7564	62,69	118,457	0,589
Palmeira dos Índios	70368	73218	155,44	450,958	0,638
Cajueiro	20409	21264	164,24	94,357	0,562
Capela	17077	17053	70,39	257,561	0,573
Atalaia	44322	47185	83,82	533,258	0,561
Pilar	33305	35111	133,37	251,066	0,610

Elaboração: Autor.**Fonte:** IBGE (2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

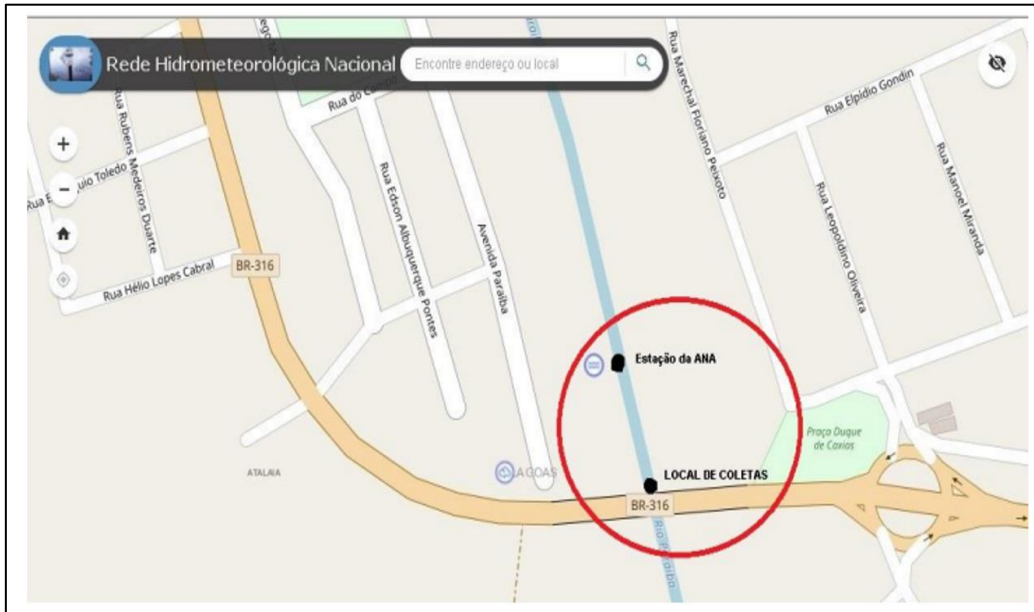
Os dados foram obtidos por meio de coletas mensais do ano de 2013, contidos banco de dados do Laboratório de Hidroquímica, um dos que fazem parte dos Laboratórios Integrados de Ciências do Mar e Naturais (Labmar - Ufal) e do Laboratório de Geoquímica Ambiental do IGDema - Ufal. Para os dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos foram coletados e analisados dados digitais do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) por meio do *Portal HidroWeb*, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Os dados relacionados a precipitação, foram obtidos junto ao Banco de Dados Hidrometeorológicos (BDHM) da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH – AL) para a localização nas coordenadas geográficas do posto de medição é Lat. -9.5100 e Log. -36.0100 (Posto / Atalaia-AL/ ANA) em <http://meteorologia.semarh.al.gov.br/> em 13/02/2023 às 13h 33min.

4.1 Obtenção dos dados

Conforme base de dados formada, foram realizadas coletas mensalmente no ano de 2013, para determinação da concentração de nutrientes Clorofila *a* e concentração de Fósforo (P), e posteriormente realizadas análises em laboratório.

O ponto de coleta das amostras utilizadas para análise em laboratório do presente estudo, ocorreu nas proximidades da ponte sob o rio Paraíba do Meio, na rodovia BR-316, no município de Atalaia, estado de Alagoas. Esse ponto, situado pela coordenada geográfica 9,596568° de lat. Sul e 36,007742° de long. W de Greenwich é considerado estratégico por sua aproximação geográfica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba. Já o local da medição da vazão está situado na Estação Fluviométrica (Código 39870000) da ANA pela coordenada geográfica -9,51° de lat. Sul e -36,02° de long. W de Greenwich. A **Figura 9**, mostra os pontos de coleta no rio Paraíba do Meio utilizados para o trabalho.

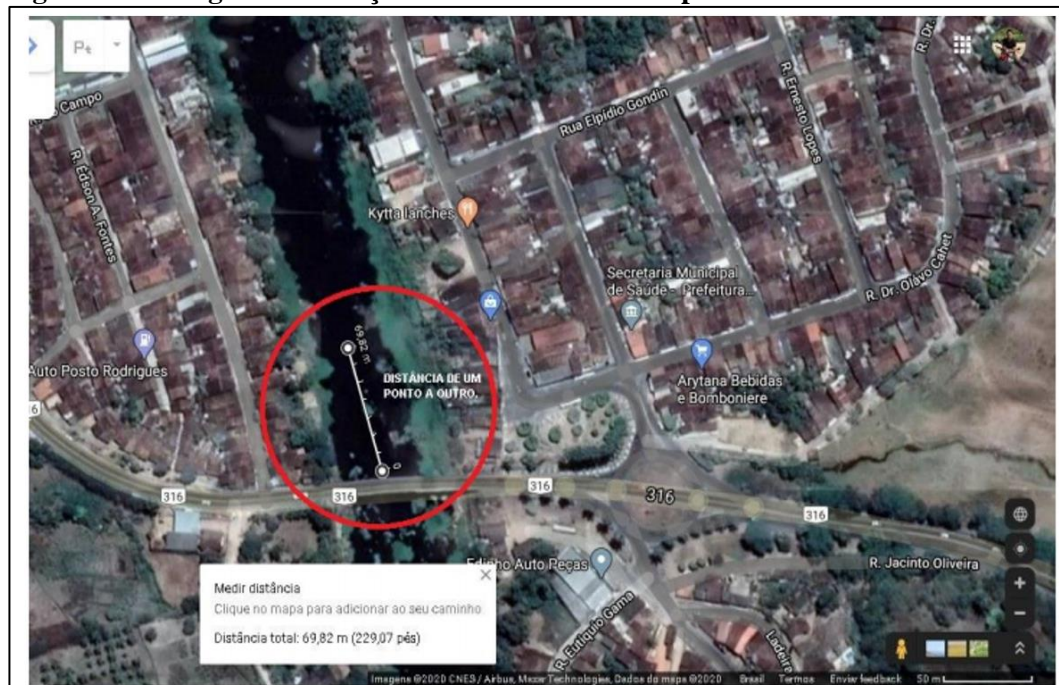
Figura 9 - Pontos de coleta no rio Paraíba do Meio



Fonte: Santos, 2020.

Para a vazão do ano hidrológico de 2013, a vazão média, conforme dados da Estação Fluviométrica da ANA, foi de $21,13 \text{ m}^3/\text{s}$. No entanto, como foram realizadas coletas em dois pontos distintos paralelas, onde na Figura-10, foi determinada a distância aproximada entre os dois pontos, para a mediação da vazão em linha reta, sendo a mesma de $69,82 \text{ m}$.

Figura 10 – Imagem da medição da distância entre os pontos de coleta



Fonte: Santos (2020).

Sendo assim, foi considerando esta distância entre os dois pontos de coleta e as características de declividade e geologia desse pequeno trecho.

Quanto a obtenção de dados relativos a precipitação, foram extraídos do *HidroWeb*, ferramenta integrada ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que oferece acesso ao banco de dados coletados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

4.1.1 Plano de amostragem

Para a composição de banco de dados, os materiais e metodologia utilizada para a coleta de amostras de água e de material em suspensão para a devida análise de nutrientes como clorofila *a* e Fosforo Total (P). Foram executadas da seguinte forma, para os materiais em suspensão foram coletados em frascos plásticos com volume de 5 litros. Já as amostras de água, estas foram coletadas com garrafa de coleta tipo *Van Dorn* de acrílico em subsuperfície, em torno de 30 centímetros abaixo da linha de água. Em seguida, as amostras coletadas foram acondicionadas em um isopor e refrigeradas, e posteriormente transportadas até o Laboratório. As amostras foram coletadas mensalmente durante o ano hidrológico de 2013.

4.1.2 Parâmetros medidos em laboratório

Para uma aproximação da predominância quanto ao estado trófico do rio Paraíba do Meio, o presente estudo tomou como fator determinante o Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson em 1977.

Assim, transcorreram as análises de dados e amostras coletadas mensalmente no ano de 2013, para determinação da concentração Clorofila *a*, conforme o método de estudo de Strickland e Parsons (1972). E concentração de Fósforo, determinado segundo a metodologia de Carmouze (1994).

4.1.3 Verificação do Estado Trófico por meio do IET

Para verificar o Índice do Estado Trófico, foi aplicado o cálculo que é composto pelo Índice do Estado Trófico para o Fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila *a* – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

É válido destacar que em meses cujo os dados das variáveis estejam disponíveis, o resultado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos índices de fósforo total e a clorofila *a*, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

Na interpretação dos resultados, serão classificados conforme seus respectivos resultados obtidos para o IET anual. Para cada ponto, são utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila *a* para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila *a*.

Não havendo resultados para fósforo total ou para a clorofila *a*, o índice será calculado com a variável disponível, considerado equivalente ao IET, constando uma observação junto ao resultado, descrevendo qual variável foi utilizada. Sendo assim, os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios são conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson modificado por Lamparelli (2004)

Classificação do Estado Trófico - Rios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m^{-3})	Clorofila <i>a</i> (mg.m^{-3})
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$		$640 < P$	$7,46 < CL$

Fonte: CETESB, s.d. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 05 de abr. de 2023.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Estudos realizados no Rio Paraíba do Meio

O **Quadro 2** destaca alguns estudos que foram realizados no rio Paraíba do Meio.

Quadro 2 - Estudos realizado no rio Paraíba do Meio

Tipo de estudo	Título	Autor e Ano
Dissertação	Acoplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na bacia do rio Paraíba do Meio – AL/PE	Rodrigues (2012)
Artigo	Estimativa do fluxo de material em suspensão do Rio Paraíba do Meio (AL)	Gomes (2016)
Dissertação	Avaliação do Índice de Estado Trófico e carga de nutrientes no rio Paraíba do Meio durante o ano hidrológico de 2013	Santos (2020)
TCC	Fósforo dissolvido no rio paraíba do meio durante o ano Hidrológico de 2017 e a educação ambiental como estratégia Mitigadora dos seus efeitos	Costa (2020)
Artigo	Qualidade da Água e Fluxo de Fósforo e Nitrogênio do Rio Paraíba do Meio (AL), durante o Ano Hidrológico de 2013	Santos, Medeiros e Santos (2021)
Artigo	Variabilidade da precipitação no rio Paraíba do Meio (AL): influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido	Costa e Medeiros (2021)
Dissertação	Avaliação plurianual da carga de nutrientes e do Índice do Estado trófico em uma seção do rio Paraíba do Meio – Alagoas	Costa (2022)

Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan. 2023.

A dissertação de Rodrigues (2012) “Acoplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na bacia do rio Paraíba do Meio – AL/PE” tratou da evolução tecnológica ligada aos modelos de estudos hidrológicos e a relação de conexão entre os mesmos na geração de vazão da referida bacia, na qual se faz relevante menção quanto a necessidade da calibração do modelo atmosférico mais apropriado e eficiente, para que se torne uma ferramenta que seja usada a elaboração de sistemas de alertas de cheias para bacia do Paraíba do Meio.

No artigo de Gomes (2016) “Estimativa do fluxo de material em suspensão do rio Paraíba do Meio (AL)” é mostrado que a ação antrópica tem impacto direto ao longo da margem do Rio Paraíba do Meio, no que tange ao transporte de material em suspensão, mudando as condições físicas e biológicas do ambiente no qual o rio pertence.

A dissertação de Santos (2020) “Avaliação do Índice de Estado Trófico e carga de nutrientes no rio Paraíba do Meio durante o ano hidrológico de 2013” buscou compreender o processo de eutrofização no rio Paraíba do Meio em Alagoas, determinado pelo Índice de Estado Trófico (IET), bem como a mensuração da carga de nutrientes do supracitado rio, e, como as ações antrópicas influenciaram nesses processos. Utilizou-se ainda para determinação da eutrofização o modelo TRIX e identificou-se as alterações que possuem relação com as ações antrópicas.

O TCC de Costa (2020) “Fósforo dissolvido no rio paraíba do meio durante o ano Hidrológico de 2017 e a educação ambiental como estratégia Mitigadora dos seus efeitos” determinou a concentração e o fluxo mensal e anual de fósforo dissolvido no rio Paraíba do Meio no estado de Alagoas durante o ano hidrológico de 2017 e analisar os seus efeitos socioambientais tendo a educação ambiental como uma estratégia de mitigação. O trabalho conclui que, a educação ambiental deve ser apresentada como uma estratégia de mitigação mais viável no estudo em questão, visto que contribui para a conscientização e para mudar as percepções do público sobre a eutrofização, alterar o comportamento individual e pressionar os governos a tomar medidas para solucionar o problema ambiental.

O artigo de Santos, Medeiros e Santos (2021) “Qualidade da Água e Fluxo de Fósforo e Nitrogênio do Rio Paraíba do Meio (AL), durante o Ano Hidrológico de 2013”, expõe como à água se tornou um elemento muito importante para o debate científico contemporâneo, situando a relação entre a sociedade com sua relevância social, econômica, ambiental e os recursos hídricos. O trabalho mostra também, a ações da população alagoana para o processo de degradação ambiental do rio Paraíba do Meio.

O artigo de Costa e Medeiros (2021) “Variabilidade da precipitação no rio Paraíba do Meio (AL): influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido” analisou a variabilidade da precipitação do referido rio em Alagoas e sua influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido, na qual foram identificadas grande influência exercida pela precipitação e vazão no fluxo do mesmo.

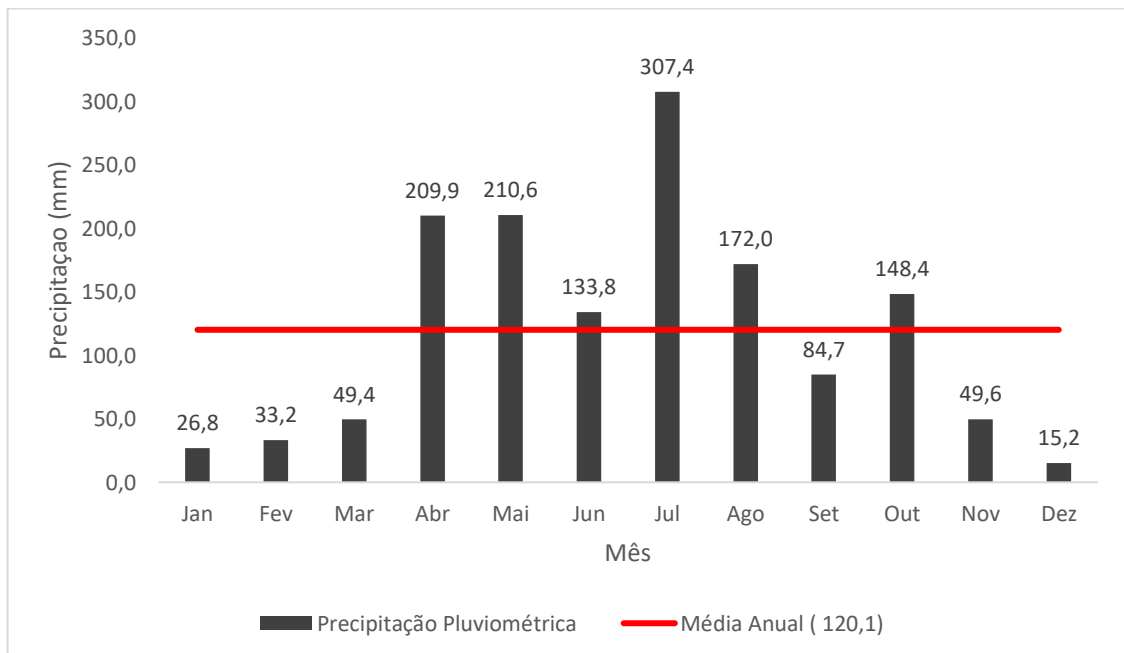
A dissertação de Costa (2022) “Avaliação plurianual da carga de nutrientes e do Índice do Estado trófico em uma seção do rio Paraíba do Meio – Alagoas”, determinou o Índice do Estado Trófico (IET) e o comportamento da carga de nutrientes em uma seção do rio Paraíba do Meio (Alagoas - AL) durante o período de dois anos hidrológicos (2016-2017) e suas implicações socioambientais.

5.2 Precipitação e vazão no período estudado

É muito importante compreender a variação temporal, mensal e anual, das precipitações e vazão na região onde se deu a coleta de amostras, no município de Atalaia em Alagoas, que foram utilizadas para determinar os parâmetros no período estudado. É interessante pontuar, que a precipitação além de ser um importante processo inserido no ciclo hidrológico, também é uma grande variável climática que influencia diretamente na distribuição hidrológica de um sistema lacustre. Nesse sentido, Nery destaca que “As quantidades relativas de chuvas, seu regime sazonal ou diário e a intensidade de chuvas individuais são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente” (2009, p. 104).

A **Figura 11** abaixo, mostra a variação de precipitação mensal do rio Paraíba do Meio – Posto 7 - Atalaia – Alagoas em 2013.

Figura 11 - Variação de precipitação mensal do rio Paraíba do Meio – Posto 7 - Atalaia – Alagoas em 2013



Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: (SEMARH – AL, 2023)

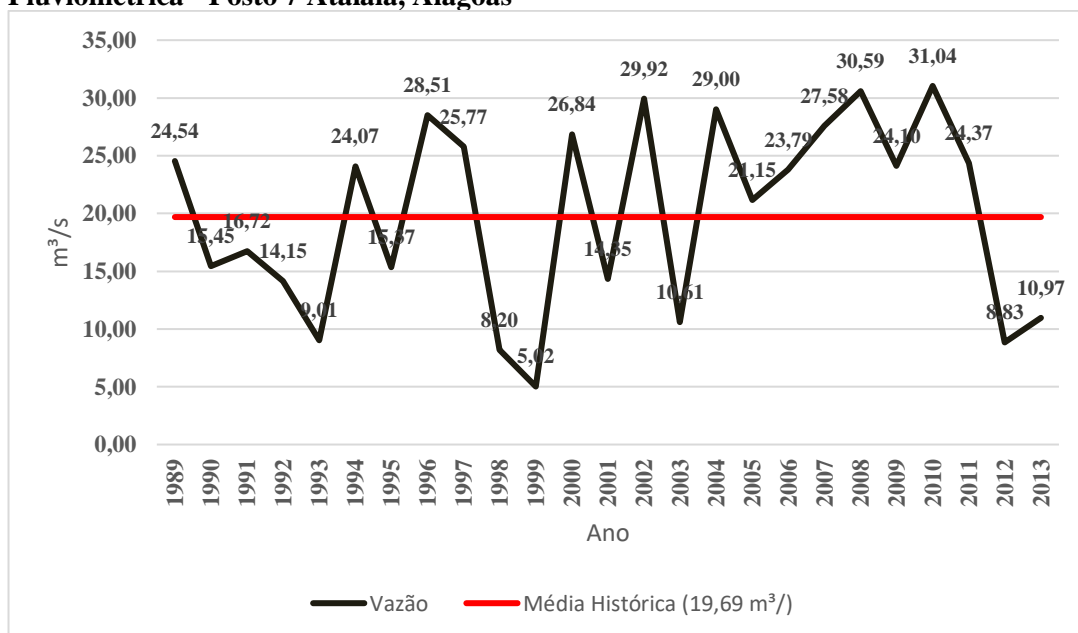
Ao analisar os dados da variação temporal da precipitação no respectivo gráfico, percebe-se que informações muito importantes são disponibilizadas, possibilitando identificar o período chuvoso e menos chuvoso da região para o ano hidrológico em estudo. Sendo assim, com base nos dados mensais, é notável que o mês mais chuvoso do ano foi em julho com 307,4

mm e o menos chuvoso foi em dezembro com 15,2 mm. Os meses do período seco da região iniciam-se a partir do mês de novembro a março, representados por uma média de precipitação de 34,8 mm. Com uma variação de 49,6 no mês de novembro a 49,4 em março, porém, o período com menores representações nos valores de precipitação foram de janeiro com 26,8 mm a março com 49,4 mm.

Já o período chuvoso, vai de abril a outubro com uma média no valor de precipitação de 181,0 mm, representados com uma variação de 209,9 mm abril a 148,4 mm no mês de outubro. Assim, é evidente que o mês de menor precipitação é o de dezembro com 15,2 mm e Julho o de maior valor com 307,4 mm. Logo, destaca-se que a precipitação média para o ano de 2013 foi de 120,1 mm.

Conforme a **Figura 12**, para a elaboração da série histórica de vazão de (1989 – 2013), os dados foram extraídos do *HidroWeb*. A Estação Pluviométrica utilizada foi Atalaia – Alagoas – Posto 7 (Código39870000 –ANA), localizada no município onde ocorreram as coletas de amostras para análise em laboratório. O estudo da série histórica, tem o objetivo de compreender o dinamismo da vazão do Rio Paraíba do Meio, traz a visualização da vazão média anual como a média da série histórica.

Figura 12 - Vazão média anual e média de 1989-2013 do rio Paraíba do Meio - Estação Pluviométrica - Posto 7 Atalaia, Alagoas

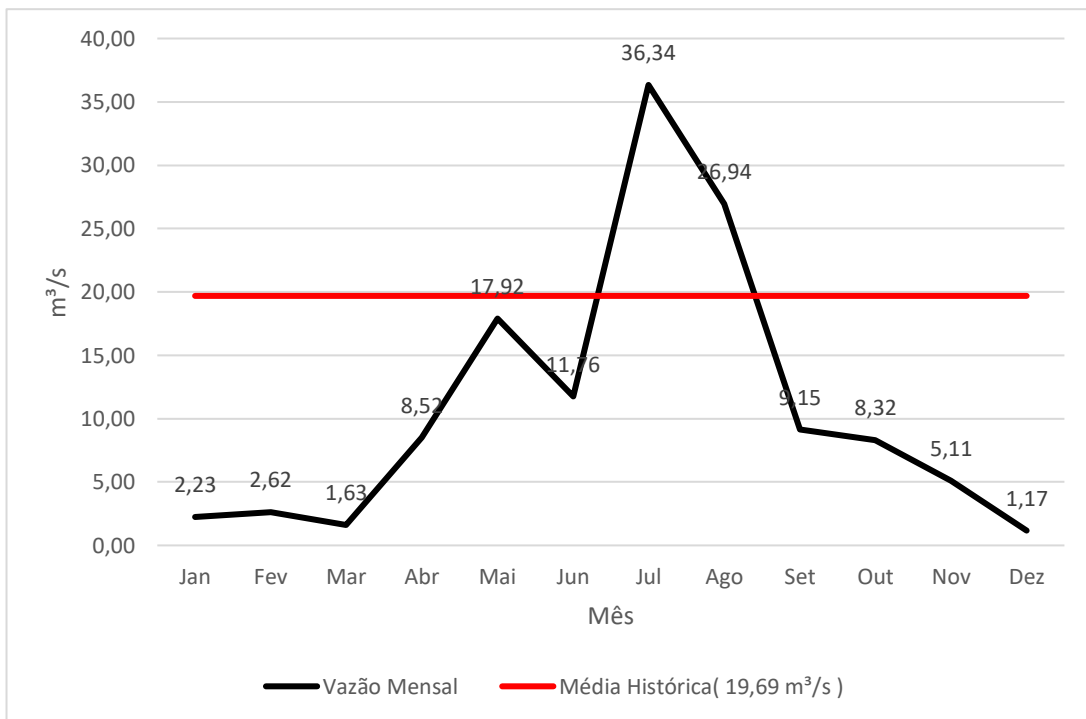


Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: (HIDROWEB / ANA, 2023). Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>.

É observado ao longo da série histórica oscilações significativas tanto acima quanto para baixo da média histórica ($19,69\text{m}^3/\text{s}$), no período que abrange o ano de 1990 a 1993, é identificada uma queda constante da vazão inclusive, abaixo da média histórica. Há uma elevação na vazão que chega a superar a média histórica no ano de 1993 a 1994, e posteriormente volta a ocorrer outra queda na vazão abaixo da média histórica, uma situação recorrente ao longo da série histórica. Porém, é importantíssimo argumentar que no período de 2005 a 2011 é visto que a média da vazão fica acima da média histórica, onde seu maior índice encontra-se no ano de 2010 com média de $31,4\text{m}^3/\text{s}$.

Figura 13 - Variação da vazão média mensal em 2013 do rio Paraíba do Meio Meio - Estação Pluviométrica - Posto 7 Atalaia, Alagoas



Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: (HIDROWEB / ANA, 2023). Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>.

No **Figura 13**, são destacados os dados referentes a vazão média mensal e média histórica para o ano de 2013. Contudo, é claramente observado que a elevação da vazão se dá a partir do mês de junho a agosto, com grande destaque para o mês de julho com $36,34\text{m}^3/\text{s}$, que por sinal, foi o mês com maior valor de precipitação. Em contra partida, os únicos meses que ficaram acima da média histórica, foram julho e agosto.

5.3 Fósforo total e clorofila *a*.

De acordo com Esteves (1998, p. 85), “[...] na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade”. Tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

Quanto ao Fósforo Total, Medeiros (2003, p. 13) diz que “[...] sua determinação é dada pelo somatório de todas as formas de fósforo encontrados no meio aquático”. Desse modo, tem-se o Fósforo inorgânico particulado, Orgânico particulado e Fósforo Total Dissolvido.

Em conformidade com o a resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005, em seu Artigo 2, onde denomina ambiente lântico como aquele com água parada, com movimento lento ou estagnado. No artigo 4º há a classificação das águas doces em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Já no Artigo 14, estabelece um limite no valor máximo de fósforo total de 0,025 mg/L para ambientes intermediários (classe 1), com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambiente lântico. Sendo assim, é primordial realizar a avaliação das concentrações de fósforo total (PT), pois o nutriente está diretamente ligado ao processo de eutrofização.

A Clorofila *a*, é o principal indicador do estado trófico de um ecossistema aquático, e sua concentração está diretamente ligada à quantidade de algas presentes. Segundo Medeiros:

Clorofila é um pigmento verde encontrado na maioria das plantas coloridas, ela dá suporte ao processo de fotossíntese. Clorofila é encontrada no citoplasma de algas verde azuladas, e no cloroplasto das células de plantas superiores. (2003, p. 13).

Tabela 3 - Dados de Fósforo Total (PT) e Clorofila *a* do ano de 2013 da BHRPM

(continua)

2013		
	Fósforo total	Clorofila <i>a</i>
Mês	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
Jan	-	49,00
Fev	99,39	54,06
Mar	85,52	2,74
Abr	95,54	3,67
Mai	249,64	19,36
Jun	214,20	1,51
Jul	223,44	4,80

		(conclusão)
Ago	144,85	9,67
Set	50,08	0,39
Out	171,05	2,55
Nov	127,90	3,39
Dez	135,61	2,55

Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

Conforme tabela 3, é observado uma elevação de abril a julho na concentração de Fósforo. No entanto, é no mês de maio que é registrado seu maior nível de concentração com $249,84 \mu\text{g.L}^{-1}$. Também é perceptível identificar a diferença considerável entre os meses de abril e maio de $154,10 \mu\text{g.L}^{-1}$, que dimensionar a concentração de fósforo total neste período. A concentração média para 2013 foi de $133,10 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Costa (2022), diz que “conforme a resolução do CONAMA, os valores de fósforo total registrados em um ambiente lótico e tributários de ambiente intermediário não pode ultrapassar $0,1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$ ou $100 \mu\text{g.L}^{-1} \text{ P}$ ”.

Sendo assim, é identificada que os níveis de fosforo total estão fora do padrão na maior parte do ano. Os maiores níveis variam entre $135,61 \mu\text{g.L}^{-1}$ (dezembro) e $249,64 \mu\text{g.L}^{-1}$ (maio). Os meses que apresentaram maiores desvios do valor estabelecido pela resolução foram maio, junho, julho, agosto, outubro, novembro e dezembro. Já os meses que os valores ficaram dentro do padrão foram janeiro, fevereiro, março, abril e setembro com o menor valor registrado $50,08 \mu\text{g.L}^{-1}$. Observa-se valores significativos de fósforo total no período mais chuvoso da região que vai de abril a outubro, com médias de $164,11 \mu\text{g.L}^{-1}$.

No que diz respeito a concertação de clorofila *a*, foram apresentadas variações de $54,06 \mu\text{g.L}^{-1}$ (fevereiro) com maior nível registrado a $1,51 \mu\text{g.L}^{-1}$ (junho) com menor valor. A concentração média mensal para o ano em estudo foi de $12,80 \mu\text{g.L}^{-1}$. Assim, os valores referentes a variação de concentração de clorofila *a*, estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA, em seu Art. 14, de no máximo de 10 mg/L ou $0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$.

5.4 Estado trófico da água do rio Paraíba do Meio através do Índice do Estado Trófico (IET) para o ano de 2013

Levando em consideração os dados disponíveis de clorofila-*a* e fósforo total Rio Paraíba do Meio para o ano de 2013, determinou-se o Índice do Estado Trófico (IET) de acordo com a metodologia usada por Carlson (1977), e modificada por Lamparelli (2004).

Logo, foram realizados os cálculos do IET e determinado o Estado Trófico, conforme a classificação utilizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Assim, de acordo com o critério estabelecido para a classificação dos rios, o valor de IET, segue uma variação de ponderação que vai de 0 a 67. Onde os valores próximos de 67, indicam elevados índices de eutrofização, já o valor próximo de 0, indicam baixo índice de eutrofização.

A tabela 4 relaciona a variação mensal do Índice de Estado Trófico para o ano de 2013. Conforme, os dados que foram considerados para aplicação dos cálculos com a fórmula anteriormente evidenciada.

Tabela 4 - Resultado da verificação do IET do rio Paraíba do Meio para o ano hidrológico de 2013

Mês	IET	Estado Trófico
Janeiro	sem registro	-
Fevereiro	74	Hipereutrófico
Março	61	Eutrófico
Abril	62	Eutrófico
Maio	72	Hipereutrófico
Junho	60	Eutrófico
Julho	65	Supereutrófico
Agosto	67	Supereutrófico
Setembro	51	Oligotrófico
Outubro	62	Eutrófico
Novembro	63	Eutrófico
Dezembro	61	Eutrófico

Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

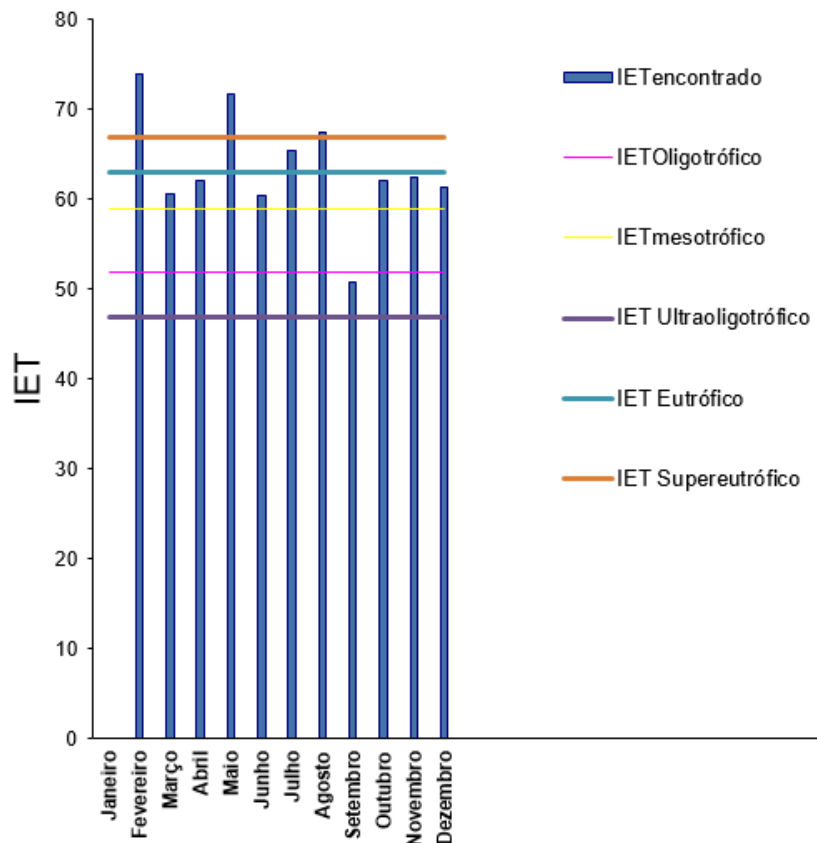
Ao analisar os resultados obtidos para o IET do ano de 2013, percebeu-se que em maior parte do ano, o Estado Trófico foi classificado como Eutrófico ($59 < \text{IET} \leq 63$), para os meses de março, abril, junho, outubro, novembro e dezembro. Com exceções dos meses de julho e agosto, que foram classificados como Supereutrófico ($63 < \text{IET} \leq 67$), o mês de setembro, com o estado trófico classificado como oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$) e para os meses fevereiro e maio, que representaram os períodos de maior índice de trofia, classificados como Hipereutrófico ($\text{IET} > 67$).

Com o rompimento do estado de equilíbrio, devido à eutrofização artificial, o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor. Este desequilíbrio ecológico é acompanhado de profundas mudanças no metabolismo de todo o ecossistema. (ESTEVES, 1998, p.207).

Os Índices do Estado Trófico do rio Paraíba do Meio, conforme as análises realizadas, foram classificados de acordo com o de um ambiente Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico. O que caracteriza ser um ambiente eutrofizado.

A classificação trófica de um ecossistema aquático deve basear-se no maior número possível de características. Este princípio deve ser atentado, principalmente por pesquisadores de regiões tropicais, onde frequentemente os lagos são classificados quanto a seu estado trófico, baseado em um indicador, geralmente a produção do fitoplâncton, normalmente obtido a partir de esporádicas amostragens. (ESTEVES, 1998, p.211).

Figura 14 - Classificação do estado trófico do rio Paraíba do Meio e sua variabilidade no ano hidrológico de 2013



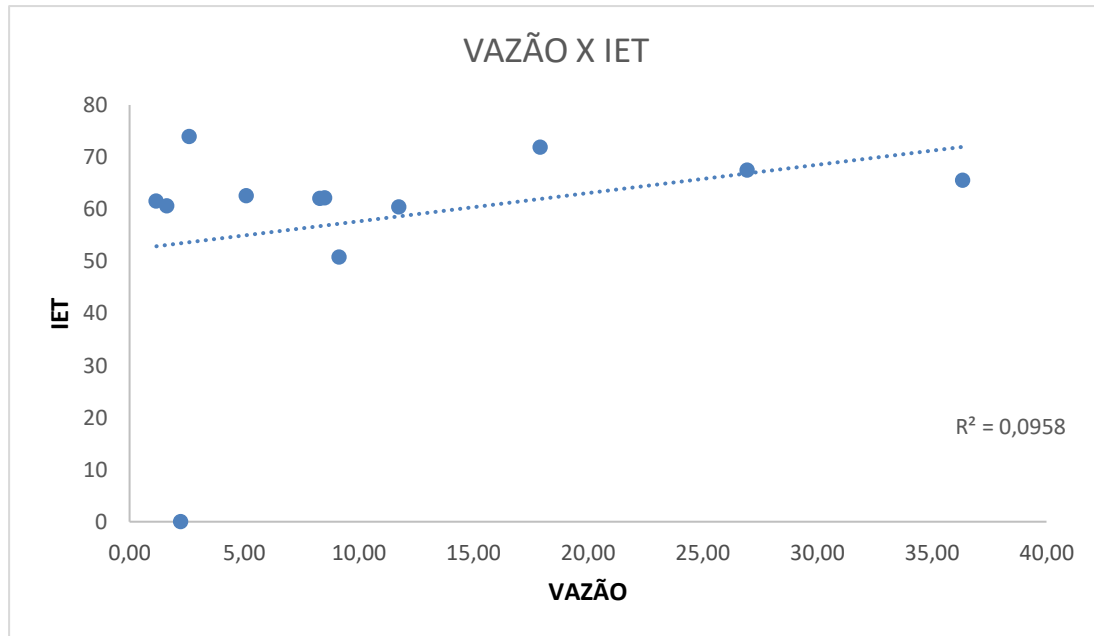
Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

5.5 Relação do IET com precipitação e vazão

A Figura 15 traz os dados de correlação entre Vazão e IET.

Figura 15 - Correlação entre vazão e IET do rio Paraíba do Meio para o ano de 2013



Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

Assim, verificou-se que não existiu relação linear entre precipitação e vazão com o IET) para o Rio Paraíba do Meio no hidrológico 2013. Possivelmente, os índices de eutrofização foram influenciados pelas atividades antropogênicas na bacia hidrográfica. Atividades tais como efluentes domésticos, industriais, agropecuários, dentre outros.

Segundo Santos (2023, p.7), de acordo com a pesquisa “intitulada, Implicações socioambientais do processo de apropriação e uso do Rio Paraíba do Meio em Viçosa (AL), foram identificadas a existência de diversas atividades socioeconômicas”.

Durante o período em estudo, o máximo de vazão ocorre em julho ($36,34 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), sendo consequência do máximo de precipitação ocorrido nesse mesmo mês, de (307,4 mm). Já o mínimo tanto para vazão ($1,17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), quanto para precipitação com (15,2 mm), se deu em dezembro. Sendo assim, a variabilidade do IET, está elevada consideravelmente em grande parte do ano de 2013 com variações mensais do Estado Trófico Eutrófico a Estado Hipereutrófico fevereiro, e apenas no mês de setembro no Estado Oligotrófico.

Mas, é preciso destacar que, é no período chuvoso com o aumento da precipitação e vazão, que ocorrem as maiores concentrações de Fósforo. No entanto, esta relação não acontece com a Clorofila *a*.

Tabela 5 - Relação entre Precipitação, Vazão e IET do rio Paraíba do Meio para o ano hidrológico de 2013

Mês	Precipitação Mm	Vazão m ³ s	Índice do IET	Estado Trófico
Janeiro	26,8	2,23	-	-
Fevereiro	33,2	2,62	74	Hipereutrófico
Março	49,4	1,63	61	Eutrófico
Abril	209,9	8,52	62	Eutrófico
Mai	210,6	17,92	72	Hipereutrófico
Junho	133,8	11,76	60	Eutrófico
Julho	307,4	36,34	65	Supereutrófico
Agosto	172,0	26,94	67	Supereutrófico
Setembro	84,7	9,15	51	Oligotrófico
Outubro	148,4	8,32	62	Eutrófico
Novembro	49,6	5,11	63	Eutrófico
Dezembro	15,2	1,17	61	Eutrófico

Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

Com o objetivo de identificar-se há relação entre a vazão e o IET, realizou-se análise de correlação linear de Pearson.

Segundo Filho (2009, p.118), “Em uma frase: o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis”. Ele ainda diz que, O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis.

5.6 Comparação do índice de estado trófico encontrado com outros rios tropicais

Quando comparado o Estado Trófico do Rio Paraíba do Meio com outros rios situados em regiões tropicais como o Rio São Francisco, Poxim, Tocantins e Jari, é observado que o Rio Paraíba do Meio está bem mais eutrofizado que os demais. O Estado Trófico predominante para o ano em estudo, foi Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico.

Quadro 3 - Comparação do Estado Trófico do RPM com outros rios tropicais

Rio	IET	Autor
Paraíba do Meio (Estado de Alagoas)	Eutrófico, Supereutrófico, Hipereutrófico	Autor (2013)
São Francisco (Estado de Alagoas)	Ultraoligotrófico e Oligotrófico	SANTOS, W. N. de A. (2021)
Poxim (Estado de Sergipe)	Mesotrófico	VASCO, A. N. (2011)
Tocantins (Estado do Pará)	Mesotrófico	FARIAS, D. M. (2022)
Jari (Estado do Amapá)	Oligotrófico, mesotrófico, ultraoligotrófico	ABREU, C. H. M. (2017)

Elaboração: Peterson Olival Ferreira Tenório, Jan, 2023.

Fonte: Laboratório de Hidroquímica (2022)

Conforme dados **Quadro 3**, podem ser observadas as condições tróficas de outros corpos hídricos, com Rio Paraíba do Meio.

A degradação qualitativa dos corpos hídricos está diretamente vinculada à poluição orgânica. Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e resíduos sólidos nos recursos hídricos promovem a contaminação gradativa das águas, transformando em um grave problema de saúde pública. Atualmente, os esgotos domésticos representam um dos principais problemas dos recursos hídricos no Brasil, em função da falta de rede coletora, de tratamento ineficiente dos efluentes coletados. (SANTOS, 2018, p. 24).

Essas questões, contribuem significativamente para degradação dos recursos hídricos e seus atributos naturais, pois acabam modificando todo o ecossistema e sua paisagem.

6 CONCLUSÃO

O índice de estado trófico do rio Paraíba do Meio é bastante elevado, quando comparado a outros rios tropicais, predominou o IET eutrófico. Estando associado a grande influência de ações antrópicas, que conseqüentemente alteraram as condições naturais e paisagem do corpo hídrico.

O presente trabalho buscou verificar e classificar o índice de trofia da água do rio Paraíba do Meio através do Índice do Estado Trófico (IET) para o ano de 2013, considerando os dados das cargas dos nutrientes Fósforo Total, Clorofila a, de vazão e precipitação. O estado trófico do Rio Paraíba do Meio é consideravelmente elevado, classificado como bastante eutrofizado. Algo que dimensiona o nível de eutrofização e conseqüentemente a qualidade da água.

Os resultados obtidos por este trabalho, enfatizam a importância do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água com o intuito de evitar os problemas referentes à qualidade ambiente aquático. Portanto, o estudo das características físicas e químicas do ambiente aquático é de fundamental importância, para evitar possíveis danos ao ecossistema. E nesse contexto, provocar na sociedade e órgão públicos competentes o sentimento de insatisfação e conseqüentemente, buscar promover ações que venham minimizar os estragos provocados pela ação antrópica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. H. M. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, RJ, v. 22, n.1, p. 45-56, 2017. ISSN, 1413-4152.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Edição Especial. Brasília: ANA, 2015. 163p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2. ed. **Medição de descargas líquida em grandes rios: Manual técnico**. Brasília: ANA; SGH, 2014. 94p.

BRASIL. Resolução n. 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. CONAMA – **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, DF, 17 mar, 2005. 23p. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 18 de mar. de 2023.

Banco de Dados Hidrometeorológicos – **BDHM**. Disponível em: <http://meteorologia.semarh.al.gov.br/>. Acesso em: 13/02/2023 as 13:33.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**. March, San Francisco, CA, v. 22 (2): 361-369. jun. 1977. ISSN 0024-3590

COSTA, N. B. **Avaliação plurianual da carga de nutrientes e do índice do estado trófico em uma seção do rio Paraíba do Meio – Alagoas**. 2022. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) -, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2022.

COSTA, N. B. **Fósforo dissolvido no rio paraíba do meio durante o ano hidrológico de 2017 e a educação ambiental como estratégia mitigadora dos seus efeitos**. 2020, 65f. TCC Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2020.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises química. 1994. 253f. Edgard Blücher/ FAPESP. São Paulo. 1994.

COSTA, N. B. da; MEDEIROS, P. R. P. Variabilidade da precipitação no rio Paraíba do Meio (AL): influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido. **Boletim de Geografia**, Maringá, PR, v. 39, ed. 59347, p. 86-105. set., 2021. ISSN: 2176-4786

FARIAS, D. M. et al. Índice de estado trófico do rio Tocantins a margem direita a jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí/PA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v.8, n.5, p.35161-35169 may., 2022. ISSN: 2525-8761

ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226p.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, PE, v. 18, n. 1, p. 115-146. 2009. ISSN0104-7004.

FARIAS, D. M. Índice de estado trófico do rio Tocantins a margem direita a jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí/PA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v.8, n.5, p. 35161-35169, mai. 2022.

GOMES, A. A. da S. Estimativa do fluxo de material em suspensão do Rio Paraíba do Meio (AL). **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 595–601, 2016. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10503. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10503>. Acesso em: 26 abr. 2023.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W. et al. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 421-444, 2008.

LAMPARELLI, M.C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 238f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEDEIROS, P. R. P. et al. **Determinação da carga de nutrientes do rio São Francisco na região de sua foz**. Maceió: Agência Nacional das Águas, 59 p., 2003.

MEDEIROS, P. R. P. et al. Aporte de material em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. **Brasilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, SC, v. 15, n. 1, p. 42-53, set. 2011. ISSN: 1983-9057

NERY, J. T. CARFAN, A. C.; PARIZOTTO, T. M. Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, v. 5, p. 103-118, set. 2009. ISSN: 2237-8642.

PDRH. **Plano Diretor de recursos hídricos das bacias dos rios Paraíba, Sumaúma e Remédios**, Maceió: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas. p. 69. 1997.

PDRH. **Plano Diretor da região hidrográfica do rio paraíba do meio**. v. 1, p. 18- 23. 2001.

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, RS, v. 07, n. 1, p. 7-33, jun. 2017. ISSN 2237-0021

RODRIGUES, M. T. **Acomplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na bacia do rio Paraíba do Meio – AL/PE**. 2012. 103f. Dissertação (Mestrado Geografia) - , Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2012.

SANTOS, E. de O., MEDEIROS, P. R. P., & SANTOS, C. J. S. e. (2018). IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DO PROCESSO DE APROPRIAÇÃO E USO DO RIO PARAÍBA DO MEIO EM VIÇOSA (AL) / Social and environmental implications of the process of appropriation and use of the River Paraíba do meio in Viçosa (AL). **REVISTA GEONORTE**, 9(32), 45–66. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2018.V.9.N.32.45.66>

SANTOS, E. de O., MEDEIROS, P. R. P., & SANTOS, R. da S. (2013). Qualidade da Água e Fluxo de Fósforo e Nitrogênio do Rio Paraíba do Meio (AL), durante o Ano Hidrológico de 2013. **Revista Brasileira de Geofísica**, Recife, PE, v.14, n 2, 2021. ISSN: 1984-2295.

SANTOS, E. O. **Avaliação do Índice de Estado Trófico e carga de nutrientes no rio Paraíba do Meio durante o ano hidrológico de 2013**. 2020. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, AL, 2020.

SANTOS, W. N. de A. **Monitoramento de água fundamentado em índices de qualidade**. 2021. 21f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2021.

SALAS, H., MARTINO, P. A Simplified Phosphorus Trophic State Model for Warm-Water Tropical Lakes. **Water Research**, Londres, v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991.
[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90015-I](https://doi.org/10.1016/0043-1354(91)90015-I)

SILVA, J. A. da. **Direito ambiental constitucional**. 6. ed. São Paulo: Malheiros, 2007. 120p.

SOUZA, J. R. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, CE, v. 08, n.1, p. 26-45, abr. 2014. ISSN: 1982-5528

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. A Practical Handbook of Seawater Analysis. (1972) **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, Canada, v. 02, n. 167, p. 310.
<http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. Oficina de Textos, São Paulo, 2000.

TONI JUNIOR, C. N. de **Análise do IDH do Brasil, de suas regiões e de outros países: um enfoque comparativo**. 2010. 164f. Mestrado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2010.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. O ciclo Hidrológico e distribuição de água no planeta. São Paulo. Oficina de Textos, 2008 632p.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. (2011). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118-130.
<https://doi:10.4136/ambi-agua.178>

VENIZIANI JÚNIOR, J. C. T. **As relações entre precipitação, vazão e cobertura vegetal nas sub-bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jaú**. 2018. 199 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP, 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

VOLLENWEIDER, R. A. et al. Characterization of the trophic conditions of marine coastal areas with special reference to the NW Adriatic Sea; proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. **Environmetrics**, v. 9, p. 329-357, 1998.

WIEGAND, M. C.; PIEDRA, J. I. G.; ARAÚJO, J. C. et al. Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n. 2, p. 415-424, abr-jun. 2016.