

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CAUSADORES

Francisca Kamila Amancio Frutuoso¹
Monique da Silva Albuquerque²
Lorena Rayssa Cunha França³
Rodrigo de Andrade Barbosa⁴

RESUMO

A gestão ineficiente dos corpos hídricos é um dos principais problemas sanitários no Brasil, e diversos fatores estão associados à degradação destes ecossistemas aquáticos, principalmente o lançamento de esgoto doméstico e/ou industrial. Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar alguns possíveis fatores comprometedores da qualidade da água no estado da Paraíba. Para essa análise utilizou-se de dados disponibilizados em *site* oficiais de qualidade de água (séries históricas dos parâmetros de fósforo e DBO), uso e ocupação do solo e densidade populacional, e no software QGIS foram gerados mapas relacionando essas variáveis. Observou-se que as concentrações de fósforo total estavam acima do recomendado pela CONAMA 357/2005 que estabelece ainda uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L, classificando-se esses corpos hídricos entre eutrófico e hipereutrófico para o fósforo total, contudo as concentrações médias de DBO não foram elevadas. Foi verificado ainda que as maiores concentrações de fósforo foram no interior do estado e de DBO foram no litoral. Concluindo-se que estes resultados indicam fontes de poluição pontuais e/ou difusas, em especial associados a atividades agrícolas, as maiores concentrações de fósforo no interior são justificadas pelo seu regime fluviométrico, na qual os corpos receptores não possuem capacidade de diluição o ano inteiro.

Palavras-chave: Fósforo total, DBO, Paraíba, QGIS.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a poluição dos corpos hídricos é um dos principais problemas sanitários resultante das atividades antrópicas. O lançamento das águas de escoamento que carregam poluentes e as ligações irregulares de esgotos domésticos e/ou industriais podem causar impactos negativos na qualidade das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas. Para a Resolução CONAMA 357/2005, a poluição dos corpos hídricos

¹ Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, kamilaamancio.ka@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, monique.albuquerque1996@gmail.com;

³ Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, lorenarayssacf@gmail.com;

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental-UEPB e Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, rodrigo.barbosa@insa.gov.br;

receptores está diretamente relacionada com a proteção da saúde humana, garantia do equilíbrio ecológico e da melhoria da qualidade de vida da população.

De acordo com relatório, elaborado pela AESA (2016), os principais fatores de degradação e focos de poluição observados na maioria das bacias do estado da Paraíba e que afetam aos recursos hídricos, nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, são: o desmatamento, que resulta na perda de amplas áreas de atenuação das descargas poluidoras nas águas superficiais; a mineração com o acúmulo e carreamento de minérios no solo; despejos de esgotos domésticos que ocorrem em todas as bacias do estado; despejos de esgotos industriais não previamente tratados antes de serem lançados nos corpos hídricos receptores; e a coleta e destinação inadequada dos resíduos sólidos, muitas vezes depositados em lixões ou despejados em riachos e córregos.

É importante destacar que a poluição dos corpos hídricos por compostos nitrogenados e fosforilados tem origem principal nas águas residuárias sanitárias ou industriais que são despejadas nos cursos d'água, além dos adubos químicos carreados também para os corpos aquáticos próximos aos campos irrigados de agriculturas.

Os poluentes provenientes de tais atividades acarretam alterações nos corpos hídricos de tal forma que tendem a intensificar a eutrofização, a qual é provocada pelo excesso de matéria orgânica e nutriente, principalmente nitrogênio e fósforo, que ao serem lançados nos corpos hídricos desencadeiam uma série de processos que podem levar a sua deterioração em função do rápido crescimento de algas e de outros seres vivos que utilizam esses nutrientes, provocando prejuízos aos múltiplos usos do manancial, em especial, ao abastecimento público (LEAL, 2015; COSTA *et al*, 2018).

Alguns marcos na legislação brasileira estabelecem um limite máximo quanto à concentração de substâncias presentes na água, destacando-se a Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, Anexo X (BRASIL, 2017), que dispõe sobre padrão de potabilidade da água, a qual estabelece limites máximos de 10 mg NO₃⁻ N /L.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), a qual dispõe de padrões de lançamento de efluentes, estabelecer um limite máximo de 20 mg/L de nitrogênio amoniacal total e a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, específica como valor máximo permitido para todas as classes de apenas 10 mg NO₃⁻ N /L . Nesse caso, lançamento de efluentes que contenham amônia são capazes de dificultar o uso da água para abastecimento humano, , acarretando maiores dificuldades e custos no seu tratamento. É

importante destacar que a CONAMA 357/2005 estabelece ainda uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L de fósforo total nas variadas classes de águas doces.

Há uma preocupação com a concentração de nitrato e fósforo no corpo humano, devido às diversas alterações e enfermidades relacionadas a eles, o que acarreta um maior cuidado com as quantidades de tais nutrientes nas águas destinadas ao abastecimento público. Relata-se doenças de saúde pública associadas à ingestão elevada de uma das frações de nitrato, como a metahemoglobinemia infantil, também conhecida como “Síndrome do bebê azul”, uma doença na qual os íons nitrato reagem com a hemoglobina sanguínea e a convertem em metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio para os tecidos (JENSEN, 1986; POWLSON *et al.*, 2008; JAISWAL; MANDAL; VISWESWARA RAO, 2015). Relaciona-se ainda aos nitratos, causas de câncer do trato digestivo em adultos, por em algumas circunstâncias haver a redução do nitrato no estômago, formando N-nitrosoamina com poder mutagênico e carcinogênico (POWLSON *et al.*, 2008; JAISWAL; MANDAL; VISWESWARA RAO, 2015).

O fósforo em maiores concentrações que as recomendadas no organismo humano, pode ocasionar diversos problemas, como: parestesias, hipertensão, confusão mental, formação de cristais de fosfatos que podem obstruir artérias, provocando arteriosclerose, derrames, ataque cardíaco e má circulação sanguínea (SOUZA, 2017).

Em localidades não saneadas ou com saneamento ineficiente, há um maior problema de contaminação de corpos hídricos, uma vez que o esgoto doméstico é lançado nos corpos d'água sem o tratamento adequado ou até mesmo *in natura*, influenciando diretamente na saúde da população.

Por essa razão, faz-se de extrema necessidade o tratamento das águas residuárias, visando mais que a simples diminuição da carga orgânica, mas também a remoção da carga de nutrientes, de forma a viabilizar um lançamento seguro nos corpos aquáticos e/ou solo, ou até mesmo permear pelas possibilidades do reúso, prática que vem crescendo nos últimos anos e necessita de investimentos, pois possui potencial econômico e sustentável. Além disso, para a produção de água para reúso agrícola, não existe a necessidade de remoção dos nutrientes, contribuindo para a simplicidade do tratamento de esgoto e diminuindo os custos.

Deste modo, o presente trabalho analisou alguns possíveis fatores comprometedores da qualidade da água no estado da Paraíba, verificando-se a influência do lançamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) sobre os corpos hídricos, em razão do estado não possuir nenhuma unidade de tratamento a nível terciário (com remoção significativa de nutrientes e patógenos), bem como a influência do uso e ocupação do solo e

densidade populacional, fazendo-se uso de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA).

METODOLOGIA

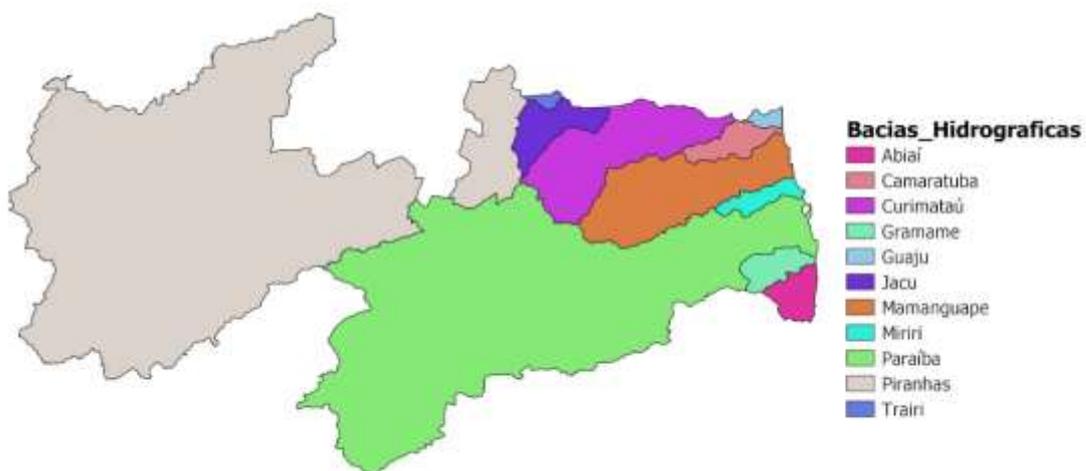
Caracterização da área de estudo

O estado da Paraíba localiza-se na região do nordeste brasileiro, fazendo fronteira com o Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e o Oceano Atlântico. Possui uma extensão territorial de 56.496,466 quilômetros quadrados. É composto por 223 municípios, os quais totalizam cerca de 3.766.528 habitantes (IBGE, 2010), sendo o 5º estado mais populoso do nordeste. Possui um crescimento demográfico de 0,9% ao ano e uma densidade demográfica de aproximadamente 66,7 hab/km².

Quanto ao relevo, caracteriza-se como planície litorânea, planalto e depressões. A vegetação compõe-se por mangues no litoral, uma pequena quantidade de floresta tropical e o restante do território composto por caatinga. Possui clima tropical no litoral e semiárido no interior.

A Paraíba é banhada por inúmeros rios, os quais auxiliam no abastecimento humano da grande maioria da população paraibana, os quais são: Curimataú, Taperoá, do Peixe, Piancó, Gramame, Paraíba, Piranhas-Açu e Mamanguape. Todas as bacias são listadas na Figura 1.

Figura 1 - Bacias Hidrográficas do estado da Paraíba.



Fonte: Autor (2018).

Elaboração de mapas

Os dados utilizados para a elaboração dos mapas foram obtidos dos sites do GeoNetwork da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Agência Estadual de Águas (AESA). Os mapas foram todos gerados no software QGis versão 3.2.1.

Foram utilizados séries históricas dos dados de fósforo e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), contemplando um espaço temporal de 13 anos (2001 a 2014), e correlacionados às Estações de Tratamento de Esgoto do estado da Paraíba, à capacidade de diluição dos municípios, ao uso tipo e uso do solo e a densidade populacional.

Especificamente, analisou-se a influência do uso do solo sobre as concentrações de fósforo, bem como a capacidade de diluição dos municípios e a eficiências das ETEs.

A escolha do fósforo deve ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como um dos fatores limitante causador do processo em remoção de matéria orgânica e densidade populacional sobre as concentrações de DBO (MATTAR NETO et al., 2009).

A análise multilateral é preferível em razão de saber-se que diversos fatores devem influenciar na contaminação de corpos receptores.

Foram então gerados seis mapas, três relacionados à concentração de fósforo nos corpos hídricos, representando a fração de nutrientes, e os outros três com o dado de DBO, representando a fração orgânica.

Estado Trófico

Segundo Cetesb (2015) “o Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias”.

A cetesb estabelece alguns limites para classificar os corpos hídricos em seu estado trófico, como mostrado nas Tabelas 1 e 2. Estes limites têm como base no Índice clássico de

Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983), que leva em consideração em especial a clorofila-a e o nutriente fósforo total.

Com base definição e limitações apontou-se em qual classificação os corpos hídricos do estado da Paraíba se encontram em relação ao fósforo total.

Tabela 1 - Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado

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

Fonte: CETESB (2015). *1mg/m³ = 0,001 mg/L

Tabela 2 – Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < P ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < P ≤ 30,55
Superutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Fonte: CETESB (2015). *1mg.m⁻³ = 0,001 mg/L

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados quantitativos obtidos no portal da ANA para a série histórica de fósforo total apresentaram valores médios dos diversos pontos do estado variando entre 0,2 a 0,6 mg/L, indicando desse modo, para esse parâmetro uma qualidade comprometida, apontando para contaminação por esgoto doméstico e/ou industrial, bem como por atividades agrícolas. Pode-se classificar quanto ao estado trófico entre eutrófico e hipereutrófico, conforme a classificação da Cetesb (2015) a nível de concentração de fósforo total. Essas concentrações estão em desconformidade com a CONAMA 357/2005, que estabelece uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L de fósforo total nas variadas classes de águas doces passíveis de tratamento para abastecimento humano.

Em contrapartida as concentrações médias de DBO nos diversos pontos analisados no estado tiveram valores entre 1,2 e 17,7 mg/L, alguns valores máximos chegaram na faixa de 120 a 200 mg/L, o que é comum caso essa coleta de dado tenha sido realizada em períodos de estiagem. Os valores médios de DBO corroboram com o índice de qualidade de água (IQA) disponibilizado para o estado, também pelo portal da ANA, o qual, classifica a água bruta superficial do estado da Paraíba como boa, com valores de DBO variando entre 51 e 79 mg/L.

Vale salientar ainda que a variabilidade sazonal dos processos ambientais têm influências sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, uma vez que os processos variam ao longo do ano, havendo épocas em que a eutrofização pode se desenvolver mais rápido e outras o processo pode ser mais limitado (CETESB, 2015).

Piratoba *et al.* (2017) em estudos a respeito da qualidade da água na área portuária de Barcarena, Pará, observou também IQA satisfatórios, com aproximadamente metade das amostras caracterizadas com índice bom, e as demais caracterizadas com IQA ótima, porém apesar disso as amostras apresentaram considerável presença de coliformes termotolerantes, relatando que estes índices refletem a capacidade de diluição de poluentes que um rio do porte do Rio Pará tem.

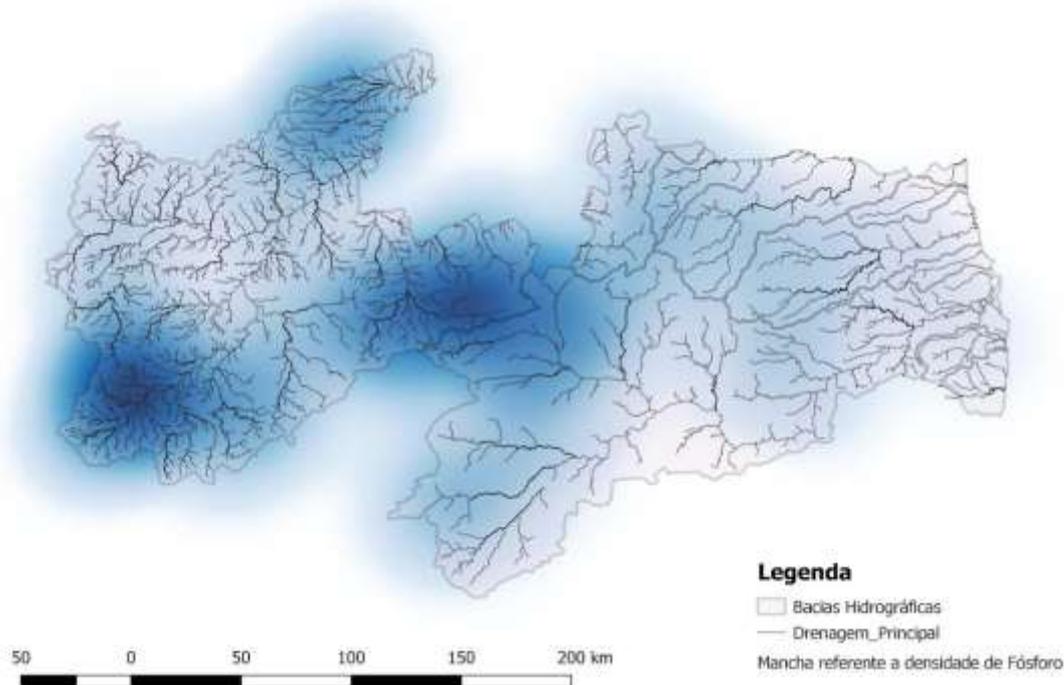
Os resultados de fósforo total do presente estudo, corroboram aos estudos de Frascareli *et al.* (2015), que classificaram tanto no período chuvoso quanto no seco um reservatório como hipereutrófico para o fósforo total, nesse estudo foi verificado a influência do usos do entorno sobre a qualidade da água do reservatório Itupararanga localizado na cidade de Ibiúna, São Paulo.

Análise dos mapas gerados

Os dados das concentrações de fósforo analisadas nos mapas gerados foi possível observar primeiro, como mostrado na Figura 2, que as maiores concentrações de fósforo estão condensadas no sertão da Paraíba; e segundo, evidenciado na Figura 3, que essas concentrações podem ser justificada como consequência dos corpos hídricos terem um regime efêmero ou intermitente, não possuindo, dessa forma, baixa capacidade de diluição e somente em épocas de chuvas.

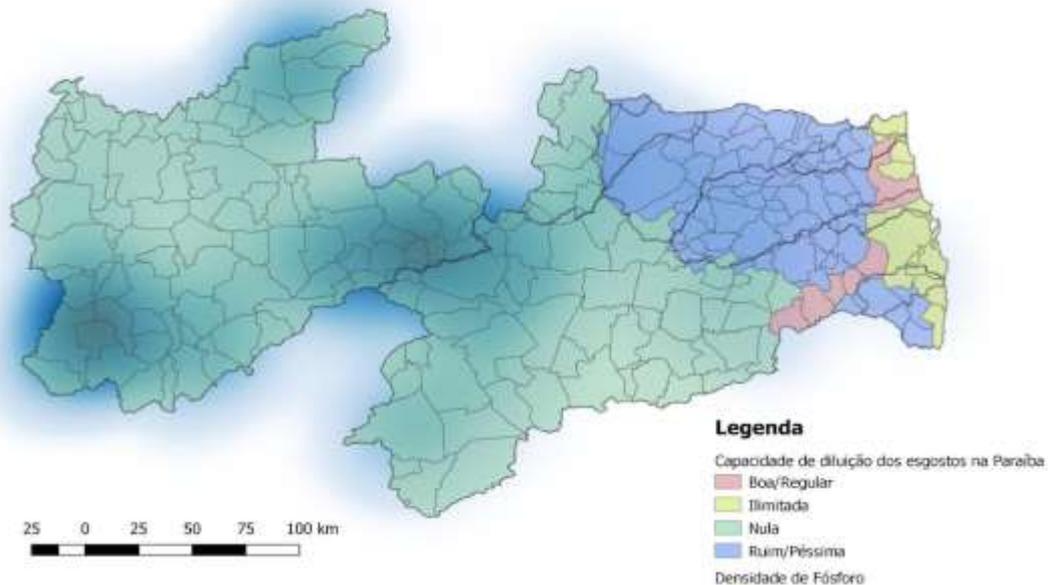
Deste modo, pode-se inferir que fontes de poluição pontuais (lançamento de efluentes bruto ou tratados, uma vez que estações do estado são de nível secundário) e/ou difusas contribuem para o aumento das concentrações de fósforo nos corpos hídricos de todo o estado, contudo com maior evidência na porção interior, já que os corpos receptores não possuem capacidade de diluição o ano inteiro.

Figura 2 - Representação das áreas que possuem as maiores densidades de concentrações de Fósforo, nos corpos hídricos da Paraíba.



Fonte: Autor (2018).

Figura 3 - Densidades da concentração de Fósforo relacionada a capacidade de diluição dos corpos hídricos.



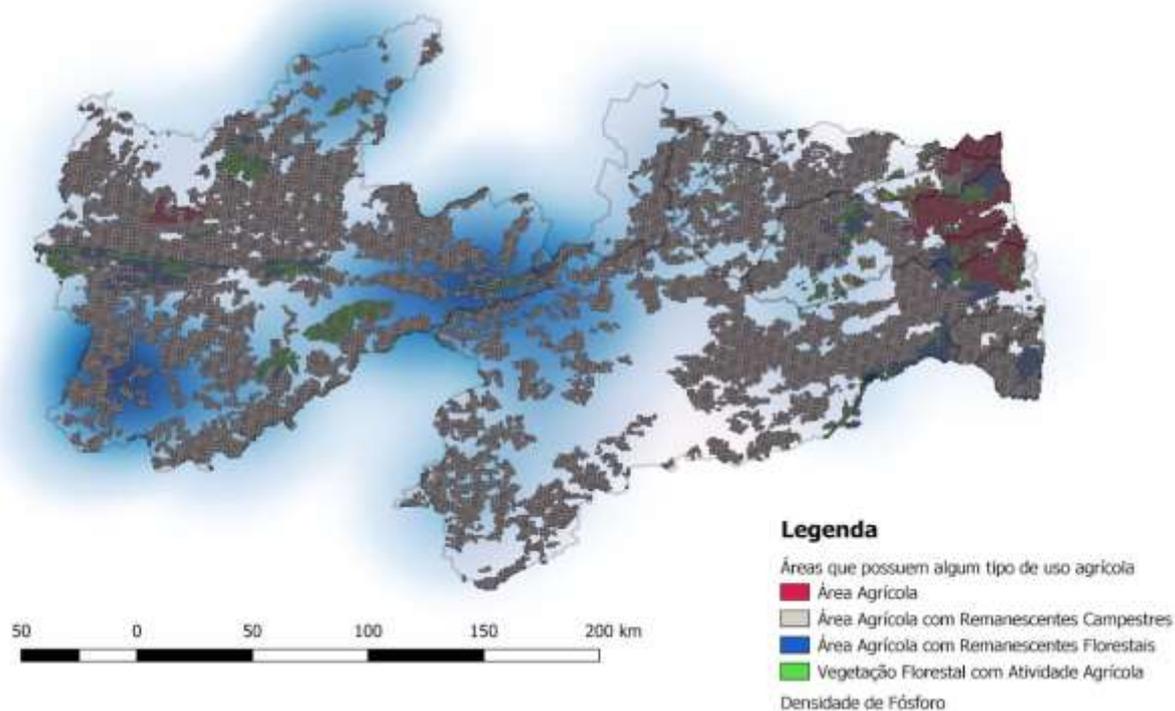
Fonte: Autor (2018).

Na Figura 4 observa-se que as áreas agrícolas, em especial as com remanescente campestre, estão distribuídas por todo o estado, logo a influência dessa atividade sobre a concentração de nutrientes deve ser igual em todas as áreas, sendo mais perceptível no sertão pelo mesmo motivo na não capacidade de diluição dos corpos hídricos.

Esses compostos agrícolas devem em seu excesso serem carregados por lixiviação para os corpos hídricos, assim aumentando a concentração de fósforo, segundo Ribeiro *et al.* (2013) às agroindústrias estão entre as maiores fontes poluidoras no Brasil, em decorrência as grandes quantidades de resíduos ricos em substâncias orgânicas e nutrientes, sobretudo o fósforo.

Tal análise, concorda ainda com Frascareli *et al.* (2015), da qual sugeriram que a eutrofização observada é resultado da entrada excessiva de nutrientes nos trechos a montante do reservatório por atividades antrópicas (agricultura, pasto e atividade urbana).

Figura 4 - Áreas de uso agrícola no estado da Paraíba, relacionado a densidade de concentração de fósforo.

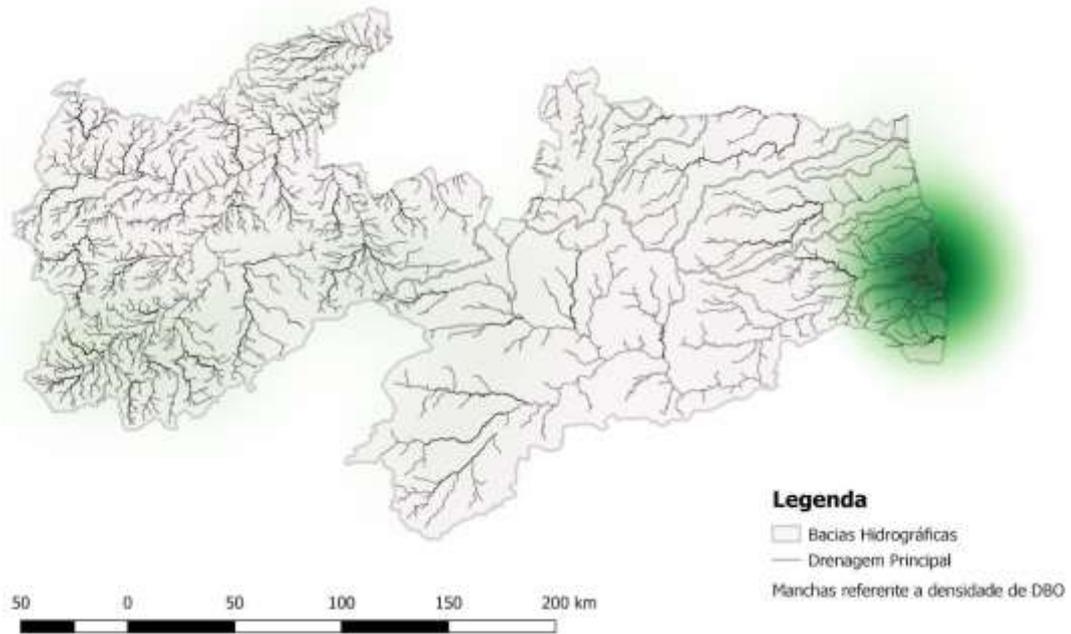


Fonte: Autor (2018).

Diferente da primeira análise, como pode ser observado na Figura 5, as maiores concentração de DBO estão localizada no litoral, especificamente na capital do estado. Não justificando, dessa forma, a capacidade de diluição dos corpos receptores nessa avaliação. Parece contraditório, contudo, vale salientar que se desconhece como é realizada a coleta de dados, nem as frequências destas, levando-se à constatações diferentes para esses dois parâmetros (fósforo e DBO). Pode-se, porém, fazer-se aferições e comparações com os dados disponíveis.

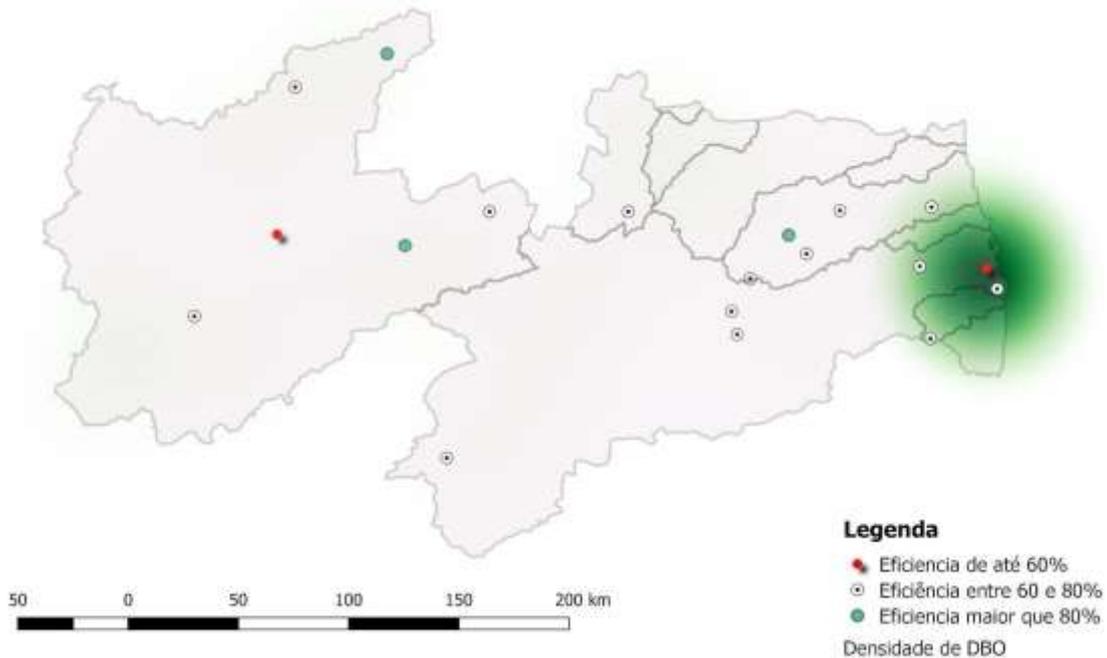
Assim, na Figura 6 nota-se que as ETEs da região litorânea possuem baixa eficiência na remoção de DBO, contribuindo para seu aumento nos corpos hídricos. Já na Figura 7, relaciona-se essa concentração de DBO ao número de habitantes, constatando-se uma relação direta dessas variáveis, o que já era esperado, uma vez que quanto maior a população de um município maior é sua carga orgânica gerada.

Figura 5 - Representação das áreas que possuem as maiores densidades de concentração de DBO, nos corpos hídricos da Paraíba.



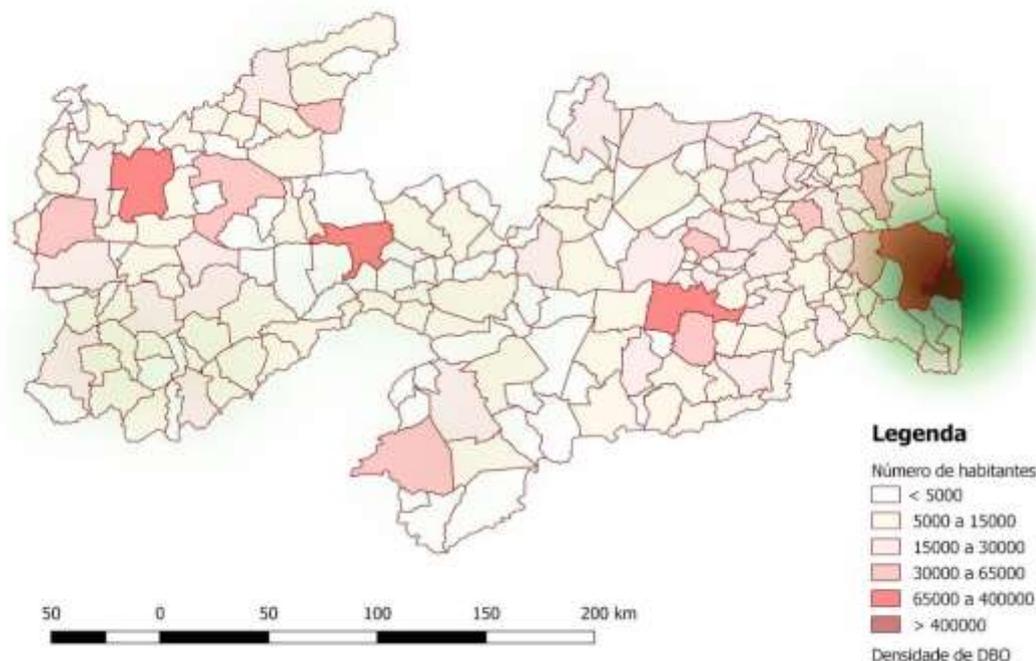
Fonte: Autor (2018).

Figura 6 - Eficiência das ETEs na remoção de DBO no estado da Paraíba e densidade da concentração de DBO.



Fonte: Autor (2018).

Figura 7 - Áreas que possuem as maiores densidades de DBO relacionada ao número de habitantes por município.



Fonte: Autor (2018).

Acredita-se, que possivelmente a baixa eficiência das estações de tratamento contribuíram para o aumento das concentrações de DBO nos corpos hídricos nessa região litorânea, bem como a maior influência da densidade populacional que infere em maior geração de poluição difusa.

Segundo Andrade *et al.* (2018) a urbanização e industrialização sem planejamento, características comuns de cidades populosas e capitais, têm promovido o lançamento de esgoto *in natura* e de lixo nos corpos hídricos, causando a degradação que é refletida diretamente na qualidade da água.

Além de áreas mais urbanizadas, naturalmente sofreram com o aumento do processo de impermeabilização da superfície, resultando no aumento de volume do escoamento superficial e da carga de poluentes (ARAÚJO et al., 2005 apud MATTAR NETO et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concentrações de fósforo total apontaram para uma classificação quanto ao estado trófico entre eutrófico e hipereutrófico, conforme a classificação da Cetesb (2015), bem como

apresentaram-se superiores as recomendadas pela CONAMA 357/2005, indicando que fatores antrópicos ao longo da série histórica analisada tem contribuído para esse resultado.

Os fatores analisados nos mapas indicam que as causas foram as atividades agrícolas, caracterizando-se como poluição difusa, bem como as fontes de poluição pontuais de lançamento de efluentes brutos e tratados, visto que observou-se poucas ETEs em todo o estado, além destas serem todas de nível secundário, não sendo estas eficientes na remoção de nutrientes. Ainda constatou-se, para o fósforo total, que maiores concentrações estavam presentes no interior do estado, em razão do regime efêmero ou intermitente dos corpos hídricos da região.

Contudo, nas análises de DBO deparou-se com concentrações não elevadas, bem como IQA satisfatório, diferentemente, nessa análise observou-se as maiores concentração de DBO localizadas no litoral, especificamente na capital do estado, relacionando-se esse comportamento também a ineficiência dos sistemas de tratamento e poluições pontuais, mas principalmente devido a densidade populacional.

Por fim, vale salientar que diversos outros fatores possuem influência na contaminação e degradação dos corpos hídricos, tais como, expansão da mancha urbana, carência de educação ambiental, falta de políticas públicas, sendo, deste modo, de grande relevância a avaliação de tais fatores intervenientes da qualidade da água, bem como incentivos a projetos de educação e manejo dos recursos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lazaro Ramom dos Santos; ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos; ANDRADE, Marília Zulmira Sena de Souza; *et al.* Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 1, p. 74, 2018.

AESA. Agência Estadual de Águas. **Geoportal**. Disponível em:

<<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>> Acesso em: 23 out. 2018.

AESA. **Fatores de degradação e principais focos de poluição**. 2016. Disponível em:

<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_33.pdf> Acesso em: 01 set. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **GeoNetwork, qualidade da água**. Disponível em:

<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>> Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430**, de 16 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. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011 B. 8p.

BRASIL. **Portaria da Consolidação nº 5**, de 3 de outubro de 2017. Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-de-consolidacao-no-5-de-3-de-outubro-de-2017.pdf/view>>. Acesso em: 02 set. 2019.

CETESB. **Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas**. 2015. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 03 set. 2019.

COSTA, J. A. DA et al. Eutrophication in aquatic ecosystems: a scientometric study. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 30, n. 0, 12 mar. 2018.

FRASCARELI, Daniele; BEGHELLI, Frederico Guilherme De Souza; DA SILVA, Sheila Cardoso; *et al.* Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itupararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba-SP. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 4, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso e ocupação do solo do estado da Paraíba**. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> Acesso em: 23 out. 2018.

JAISWAL, S. K.; MANDAL, D.; VISWESWARA RAO, R. V. R. L. Recovery and reuse of nitric acid from effluents containing free nitric acid in absence and presence of metal nitrates. **Chemical Engineering Journal**, v. 266, p. 271–278, abr. 2015.
JENSEN, R. Threats to Groundwater Quality. p. 6, [s.d.].

LEAL, Cíntia Dutra. **Avaliação do efeito de diferentes relações DQO/N sobre o processo anammox e viabilidade da aplicação do processo como pós-tratamento de efluente de reator UASB tratando esgoto doméstico**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MATTAR NETO J.; KRÜGER C. M.; DZIEDZIC M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 205-214, 2009.

PIRATOBA, Alba Rocio; RIBEIRO, Hebe Morganne; MORALES, Gundisalvo Piratoba; *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435, 2017.

POWLSON, David S. *et al.* When Does Nitrate Become a Risk for Humans? **Journal Of Environment Quality**, v. 37, n. 2, p.291-5, fev. 2008. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2007.0177>.

RIBEIRO, Erlon A.; SANDRI, Delvio; BOÊNO, Josianny A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 425–433, 2013.

SOUZA, Franscrithiany Silva. **Avaliação do teor de metais em acerolas (*malpighia ermaghinata*) cultivadas no entorno de área industrial da vila Maranhão em São Luís - MA provenientes da poluição atmosférica**. 2017. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.