



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise de atributos limnológicos em reservatórios do semiárido nordestino

Keicyane Alves de Sousa¹, Giovana Mira de Espindola², Carlos Ernando da Silva³

¹ Tecnóloga em Geoprocessamento pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), Engenheira Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA) e mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Rede PRODEMA pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) – keicyanealves@ufpi.edu.br (autor correspondente). ² Profa. Dra. Giovana Mira de Espindola possui graduação em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME, 2002), mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006), e doutorado em Sensoriamento Remoto também pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). É professora titular da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura do Centro de Tecnologia, do curso de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), e do curso de mestrado em Geografia (PPGGEO), ambos da UFPI. Atua ainda como professora colaboradora do curso de doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Rede PRODEMA, e do curso de mestrado em Arqueologia (PPGARq) da UFPI – giovanamira@ufpi.edu.br. ³ Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva, Graduado em Engenharia Química pela UFMG, Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela UNICAMP, Pós-Doutorado em Engenharia Sanitária na UFMG. É professor titular do Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento da Universidade Federal do Piauí – carlosemerno@ufpi.edu.br.

Artigo recebido em 09/11/2014 e aceito em 24/02/2015

RESUMO

Este trabalho objetiva investigar os parâmetros limnológicos: condutividade, sólidos totais, turbidez, pH, e clorofila-A, de quatro reservatórios multiuso do semiárido nordestino, sendo estes: Barreiras, Bocaina, Estreito e Piaus. Durante os anos de 2018 a 2019, tais reservatório sofreram impactos decorrentes da seca resultando em volumes inferiores a 30% da capacidade total desses reservatórios. Ao longo do período estudado, foram comparados valores obtidos in situ aos valores estabelecidos na resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces de classe II. A correlação linear foi aplicada para verificar as relações entre os parâmetros estudados e fatores naturais como temperatura média e precipitação. A caracterização climática, volumétrica e a ocorrência de seca, foram fatores importantes na discussão dos atributos limnológicos. Os resultados demonstram que a ocorrência da seca tem relação com a redução dos volumes dos reservatórios, impactando negativamente na qualidade da água. Os sólidos em suspensão na água foram apontados como determinantes na variação de outros parâmetros, principalmente, da turbidez, da condutividade e do pH. A clorofila-A, variável de grande importância para a qualidade da água, apresentou correlação significativa positiva com precipitação e temperatura. Quanto os valores determinados pelo CONAMA, observou-se que o pH, sólidos totais, e clorofila-A encontram-se com valores superiores ao que é recomendado. A turbidez foi o único parâmetro que se enquadrou dentro do limite de aceitabilidade desta resolução. Os reservatórios Barreiras e Estreito apresentaram os piores valores médios para os parâmetros analisados.

Palavras-chave: qualidade da água, resolução CONAMA n° 357/2005, seca, semiárido.

Analysis of limnological attributes in northeastern semi-arid reservoirs

ABSTRACT

This work investigates the limnological parameters: conductivity, total solids, turbidity, pH, and chlorophyll-A, from four multipurpose reservoirs in the northeastern semi-arid region of Brazil, namely: Barreiras, Bocaina, Estreito, and Piaus. During the years 2018 to 2019, these reservoirs suffered impacts due to droughts, resulting in volumes below 30% of the reservoirs' full capacity. Over the study period, values obtained in situ were compared to the values established in CONAMA resolution n° 357/2005 for class II freshwater. A linear correlation was applied to verify the relationships between the studied parameters and natural factors such as average temperature and precipitation. Climatic and volumetric characterization and the occurrence of drought were essential factors in the discussion of limnological attributes. The results show that droughts' occurrence is related to the reduction of reservoir volumes, negatively impacting water quality. Suspended solids in water were identified as determining the variation of other parameters, mainly turbidity, conductivity, and pH. Chlorophyll-A, a variable of great importance for water quality, showed a significant positive correlation with precipitation and temperature. Regarding the values determined by CONAMA, it was observed that the pH, total solids, and chlorophyll-A are higher than what is recommended. Turbidity was the only parameter that fell within the acceptability limit of this resolution. The Barreiras and Estreito reservoirs had the worst average values for the analyzed parameters.

Keywords: water quality, CONAMA resolution n° 357/2005, drought, semi-arid.

Introdução

A crescente diminuição da quantidade e qualidade de água doce no mundo, é considerado um importante problema social (Fayer et al., 2018) pondo em risco a sustentabilidade hídrica (Cunha et al., 2019). No Brasil, a intensificação desse processo ocorre na região semiárida, marcada por apresentar ecossistemas frágeis, alta irregularidade pluviométrica, elevadas taxas de evaporação, que resultam em um altíssimo déficit hídrico (Lima et al., 2017; Lacerda et al., 2018). A junção dessas características naturais contribui para que as secas se tornem mais frequentes e intensas (Lima et al., 2017), com repercussão na quantidade e na qualidade da água (Lacerda et al., 2018).

A fim de minimizar os impactos que a seca causa na população da região semiárida, o Estado viu na construção de açudes, reservatórios e barragens, à solução para levar água à população do semiárido brasileiro (Pessoa et al., 2017).

O Piauí, é um dos dez estados que compõe o semiárido brasileiro, com cerca de 83% do seu território localizado dentro do “polígono da seca”, também sofre, constantemente, com secas intensas de longo prazo que geram impactos negativos e significativos sobre as atividades econômicas, sociais e ambientais (Marengo et al., 2018). Apesar disso, Lima et al. (2017) evidenciaram que no Piauí, as construções hídricas tiveram menos intensidade do que em outros estados, ainda assim, os vinte e cinco reservatórios do Estado, são importantes no abastecimento de água para a região.

Lacerda et al. (2018) demonstram preocupação com os longos períodos de seca, as suas consequências são perceptíveis na redução volumétrica dos reservatórios, impactando negativamente na qualidade da água como constataram (Chaves et al., 2019; Silva et al., 2019). O baixo nível dos reservatórios, diminui a oxigenação da água e aumenta a quantidade de sais dissolvidos, proporcionando a acumulação de nutrientes que intensificam o processo de eutrofização (Rocha Júnior et al., 2018).

A associação entre a seca e qualidade da água é mostrada mensalmente pela Agência Nacional das Águas (ANA) através do projeto Monitor da Seca. Entre os resultados desse projeto, encontram-se informações sobre os impactos de curto e longo prazo derivados das secas. Teixeira e Machado (2015) constataram que em todas as cinco categorias de severidade da seca, elencadas pelo Monitor da Seca, têm impactos sobre os recursos hídricos, mostrando a sinergia entre a seca e os recursos hídricos.

Autores como Gu et al. (2020) e Silva et al. (2019), explicam que estudos sobre a qualidade da água são importantes para assegurar a disponibilidade hídrica e melhorar o seu gerenciamento. Essa realidade se torna mais importante para o Estado do Piauí, devido à escassez de informações sobre a qualidade das águas estaduais (Ana, 2019).

O lapso de informações sólidas sobre a qualidade da água dos reservatórios do semiárido brasileiro, e em especial o piauiense, é consequência das dificuldades para a realização do monitoramento *in situ* (Gu et al., 2020). Altos custos financeiros, reduzida capacidade técnica, e a distante localização dos reservatórios são os principais fatores limitantes ao monitoramento da qualidade da água (Palmer et al., 2015).

Muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos sobre a qualidade de água a partir da análise de parâmetros limnológicos (Sobral et al., 2016; Silva e Gouvêia, 2018; Rocha Júnior et al., 2018, Chaves et al., 2019, Silva et al., 2019). Nesses estudos, os resultados medidos pontualmente, são comparados aos valores estipulados pela resolução N° 357/2005, que estabelece os valores quantitativos para os parâmetros de qualidade da água, determinando se o corpo hídrico estudado está em condições de ser utilizado pela população local, demonstrando a importância e a aceitabilidade dessa norma para a conservação e preservação dos recursos hídricos nacionais.

Diante da ausência de informações sobre a qualidade da água, é presumível que estas podem estar inadequados para o uso da população. Assim, no presente estudo, buscou-se investigar cinco parâmetros limnológicos, condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$), sólidos totais (mg/l), turbidez (UNT), pH e clorofila-A (mg/l) de quatro reservatórios – Barreiras, Bocaina, Estreito e Pias – localizados no semiárido piauiense, comparando-os com os valores considerados adequados pela resolução Conama n° 357/2005, gerando informações sobre a qualidade da água desses reservatórios.

Na ausência do enquadramento dos recursos hídricos de águas doces, como é o caso das águas localizados no território piauiense, a classificação deve seguir os valores conforme o uso preponderante do corpo d'água (Conama, 2005). Assim, para este estudo, todos os reservatórios foram classificados como de água doce de classe II, destinadas ao abastecimento para consumo humano após o tratamento convencional, com a devida proteção das comunidades aquáticas.

Material e métodos

Localização e Caracterização da Área de Estudo

Os reservatórios de água aqui estudados, se encontram inseridos na região semiárido do estado do Piauí, na porção sudeste do estado (Figura 1), à 350 km de Teresina, capital estadual e sede da Secretária Estadual do Meio Ambiente (SEMAR), órgão responsável pelo monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos estaduais.

Os reservatórios são situados em distintas cidades, o que agrega a este estudo maior variabilidade espacial. O reservatório Barreiras fica situado no município de Fronteiras, o reservatório Bocaina na cidade de Bocaina, o reservatório do Estreito na cidade de Padre Marcos, e o reservatório Piauís na cidade de São Julião, todos fazem parte da sub-bacia Canindé-Piauí, com capacidade de acumulação superior a 1.400 milhões de metros cúbicos (Ana, 2020).

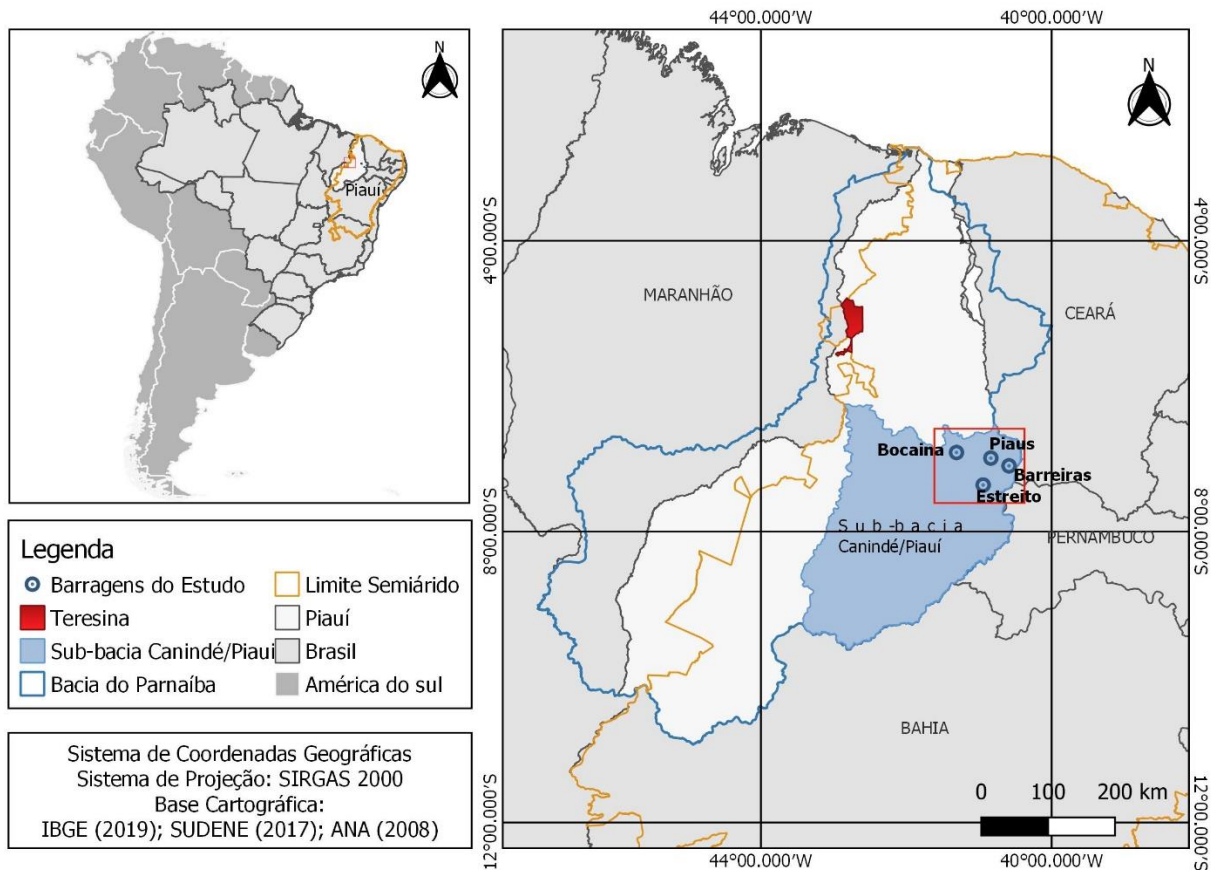


Figura 1. Localização geográfica dos reservatórios estudados dentro da sub-bacia Canindé-Piauí.

O clima da região é semiárido quente (Bsh), caracterizado por períodos predominantemente secos, com temperaturas médias anuais superiores a 26°C, intensa radiação solar, chuvas distribuídas sazonalmente, com evaporação média anual superior à precipitação (Marengo et al., 2018). Tais características climáticas resultam em duas estações bem definidas: uma seca que compreende o período de maio a dezembro, e a outra chuvosa, ocorrendo entre janeiro a abril. A sub-bacia Canindé-Piauí situa-se no aquífero Serra Grande e Cabeças, apesar disso, sua formação geológica e

geomorfológica no embasamento cristalino não permite a retenção de água, favorecendo a ocorrência de secas (SEMAR, 2014).

Juntos, os açudes estudados são importante fonte de abastecimento de água para a região, com capacidade de acumulação superior a 340 milhões de metros cúbicos para o atendimento de demanda populacional aproximada de 30 mil pessoas residentes nos municípios estudados (Tabela 1).

Tabela 1. Capacidade volumétrica total dos reservatórios estudados e população atendida diretamente por município.

| Reservatórios | Cidade | Capacidade (hm³) | Popul. Residente 2019 (hab.) |
|---------------|--------------|------------------|------------------------------|
| Barreiras | Fronteiras | 106,51 | 11625 |
| Bocaina | Bocaina | 106,00 | 4500 |
| Estreito | Padre Marcos | 23,89 | 6868 |
| Piaus | São Julião | 104,51 | 6363 |
| Total | | 340,91 | 29356 |

Fonte: Adaptado pelos autores com base nos dados do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da ANA e contagem populacional do IBGE (2019).

Os afluentes desses reservatórios, no geral, são rios intermitentes ou riachos, essa condição natural, altera sazonalmente o volume e o padrão de circulação das águas (Lacerda et al., 2018). O reservatório Barreiras tem como afluentes o riacho Socorro e o Rio Catolé, o reservatório Bocaina tem como afluente o Rio Guaribas, o reservatório Estreito recebe contribuições do Rio Itaim e Riacho do Padre, e já o reservatório Piaus recebe águas do Riachão e Rio Marchal, conforme pode ser verificado na Figura 2. É importante ressaltar que embora estes rios sejam intermitentes, eventualmente, podem se tornar perenes, devido às contribuições de águas subterrâneas provenientes dos aquíferos Serra Grande e Cabeças (Semar, 2014).

do Padre, e já o reservatório Piaus recebe águas do Riachão e Rio Marchal, conforme pode ser verificado na Figura 2. É importante ressaltar que embora estes rios sejam intermitentes, eventualmente, podem se tornar perenes, devido às contribuições de águas subterrâneas provenientes dos aquíferos Serra Grande e Cabeças (Semar, 2014).

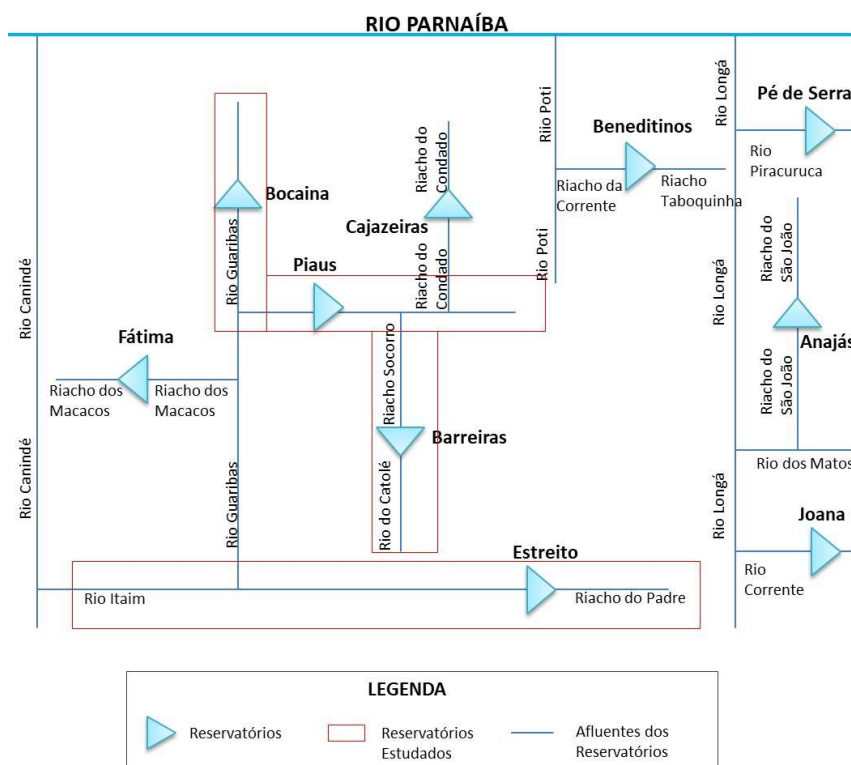


Figura 2. Esquema mostrando os principais afluentes dos reservatórios de água estudados na bacia Canindé-Piauí.

Atributos Limnológicos

Foram coletadas três amostras de água de cada reservatório, trimestralmente, entre o período de dezembro de 2018 a dezembro de 2019. Na coleta realizada em dezembro de 2018, foi coletada somente uma amostra em cada reservatório, nas demais coletas, foram amostrados três pontos (Figura 3), totalizando cinco coletas e cinquenta e

dois dados analisados. A frequência amostral foi determinada para abranger os períodos chuvoso e seco, permitindo obter informações do comportamento limnológico dos reservatórios em diferentes épocas do ano, assim como os trabalhos desenvolvidos por Pessoa et al. (2017) e Chaves et al. (2019).

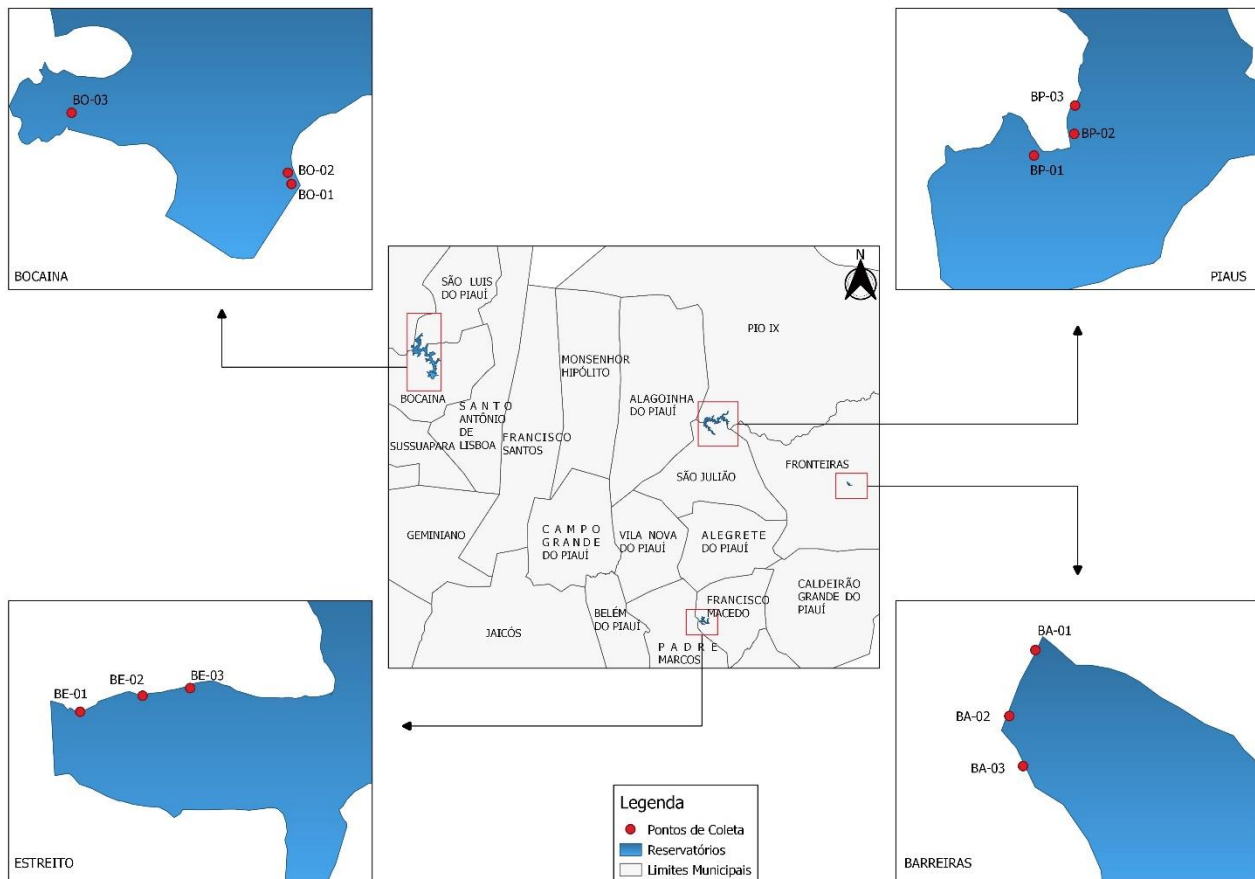


Figura 3. Localização dos pontos amostrais nos reservatórios de água estudados.

Conforme Batista et al. (2013), Grieco et al. (2017), Pessoal et al. (2017), Silva e Gouveia (2018), Echaniz e Vignatti (2019), Silva et al. (2019) os pontos amostrais foram coletados superficialmente, com 30 cm de profundidade, seguindo os procedimentos descritos pela Cetesb (2011). A coleta ocorreu na zona litorânea dos reservatórios, sabendo-se que nesse local a qualidade da água sofre mais com as alterações naturais e antrópicas (Esteves, 2011), foi realizado o processo de homogeneização das amostras. O pH, condutividade, e sólidos totais foram medidos com a sonda multiparâmetro; a turbidez foi aferida utilizando um turbidímetro. A Tabela 2 descreve os parâmetros limnológicos e a metodologia utilizada em cada parâmetro.

Tabela 2. Parâmetros analisados e metodologia adotada no estudo

| Parâmetros | Unid. | Metodologia |
|----------------|-------|--------------------|
| pH | --- | Multiparâmetro |
| Condutividade | µs/cm | Multiparâmetro |
| Sólidos Totais | mg/l | Multiparâmetro |
| Turbidez | NTU | Turbidímetro |
| Clorofila-A | mg/l | Espectrofotometria |

Para a determinação da concentração de clorofila-A, aplicou-se a metodologia espectrofotométrica, por ser a mais recorrente em trabalhos com essa finalidade (Kuroda et al., 2005; Pompeo et al., 2015). A extração e cálculo da concentração de clorofila-A à quente seguiu os procedimentos descritos por Jones (1979), para a filtragem e centrifugação das amostras foram usados os preceitos de Marker et al. (1980). Embora o metanol seja um solvente perigoso, que requer cuidados durante o seu manuseio, autores como Kuroda et al., (2005) e Pompeo et al., (2015) o apontam como o solvente que apresenta os melhores resultados durante a extração da clorofila-A, sendo assim o mais eficiente.

Pela inexistência de enquadramento dos corpos hídricos piauienses, os reservatórios estudados foram enquadrados como de águas doces na classe II. Assim, os resultados médios obtidos após as análises limnológicas foram comparados com os limites máximos de aceitabilidade definidos na resolução Conama 357/2005. Para o pH, os valores paramétricos devem estar entre 6 a 9; já a turbidez pode chegar até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Para os sólidos

totais o limite máximo permitido é de 500 mg/l; e para a clorofila-A é de 30 mg/l (Conama, 2005).

Análise estatística, usando matriz de correlação linear pelo método de Pearson foi usada para verificar o grau de associação entre cada componente limnológico entre si e com as variáveis ambientais como temperatura média e precipitação.

Ocorrência de secas

A ocorrência de secas na região dos reservatórios foi analisada a partir de informações coletadas no portal eletrônico Monitor da Seca, regulado pela ANA, com o auxílio da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

(FUNCEME). Os dados presentes no Monitor da Seca permitiram acompanhar regularmente a situação da seca na região durante o período de estudo, verificando as modificações do panorama da seca e os impactos que ela causa nos recursos hídricos.

A classificação da severidade da seca seguiu as categorias utilizadas pelo Monitor da Secas, sendo da seca mais fraca (s0) até seca exponencial (s4), conforme é discriminado na Tabela 3. Cada classe da seca tem seus respectivos impactos, podendo variar de curto prazo (C) ou longo prazo (L), esses impactos têm reflexos na diminuição do plantio, restrições de água, perdas totais de culturas, escassez de água, e podem resultar em crises emergenciais.

Tabela 3. Categorias de classificação de severidade da seca e seus impactos nos recursos hídricos.

| Classificação de Severidade da Seca | | | |
|-------------------------------------|-----------|------------------|---|
| Categoria | Percentil | Descrição | Impactos Possíveis |
| S0 | 30 %til | Seca Fraca | Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas. |
| S1 | 20 %til | Seca Moderada | Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas. |
| S2 | 10 %til | Seca Grave | Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas. |
| S3 | 5 %til | Seca Extrema | Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições |
| S4 | 2 %til | Seca Excepcional | Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência. |

Fonte: Adaptados pelos autores a partir de informações do Monitor da Seca (ANA, 2019).

Resultados e discussão

As águas dos reservatórios analisados são no geral utilizadas para fins de abastecimento, mas ao longo dos anos, tiveram os seus usos expandidos para outras finalidades, como irrigação, recreação, aquicultura, pesca, piscicultura e turismo, a permutação do uso da água, é comum e já foi observada em outros trabalhos como o de Pessoa et al. (2017) e Chaves et al. (2019). As informações das atividades desenvolvidas nesses reservatórios são importantes para o entendimento dos processos que integram esses corpos d'água (Chaves et al., 2019), demonstrando como os usos impactam diretamente na conservação ou deterioração da qualidade da água desses ambientes aquáticos (Rolim et al., 2019).

Entre os reservatórios estudados, o localizado na cidade de Bocaina tem destaque na prática da piscicultura, desenvolvida em parceria do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Piauí (EMATER) com os moradores da região (Piauí, 2005). Projetos da iniciativa privada também utilizam esses reservatórios para outros fins. Já o reservatório do Estreito tem destaque para os empreendimentos de lazer, construídos nas suas margens.

Na visão de Lacerda et al. (2018) e Silva et al. (2019), quanto menor o volume de um reservatório, menor é a sua profundidade, ocasionando o aumento e acúmulo de nutrientes, o que impacta diretamente na qualidade da água.

Dados do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) mostram os volumes de armazenamento de cada reservatório. Entre os quatro reservatórios estudados, três estavam, com capacidade inferior a 20% do seu total, Estreito, Pias e Bocaina, com apenas 8%, 10% e 17%, respectivamente. Já o reservatório Barreiras apresenta melhor quadro volumétrico, com o percentual de 34% do volume total. O baixo volume de armazenamento ocorre devido à extensos períodos de estiagem e alta evaporação (Lacerda et al., 2018; Chaves et al., 2019).

A temperatura e a precipitação nos municípios onde se encontram esses reservatórios são outros fatores de grande relevância no estudo das características limnológicas (Pessoa et al., 2017; Silva et al., 2019). Bresciani et al. (2012) são enfáticos afirmando que a temperatura é o fator ambiental de maior importância para a qualidade da água, no ponto de vista de Chaves et al. (2019) a precipitação é a responsável pela a variação de todos os parâmetros limnológicos. Para Griego et al. (2017), a temperatura é um fator de diagnóstico

de atributos limnológicos, atuando como reguladora na interação entre os aspectos físico-químicos dos recursos hídricos. Lacerda e Santos (2018) acrescentam que a variação das chuvas tem impactos nos fluxos dos rios e, conseqüentemente, na capacidade volumétrica e profundidade dos reservatórios (Silva et al., 2019).

Nesse sentido, na Tabela 4, são mostradas as condições climáticas dos municípios nos quais estão localizados os reservatórios estudados. Os dados desta tabela permitiram identificar a variação de 3°C na temperatura média da região, além disso, mostraram que agosto é o mês mais seco, com as menores quantidades de precipitações em todas as cidades estudadas, enquanto o mês de março é marcado por altos índices pluviométricos. Assim, foi identificado que o período de seca na região acontece entre os meses de maio a dezembro, e o período chuvoso inicia-se no mês de janeiro estendendo-se até abril, esse mesmo padrão foi percebido por Chaves et al. (2019) no estado do Ceará.

Tabela 4. Categorias de classificação de severidade da seca e seus impactos nos recursos hídricos.

| Bocaina | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| Temperatura média (°C) | 26.8 | 26 | 25.6 | 25.7 | 25.2 | 24.6 | 25.3 | 26.6 | 27.9 | 28.4 | 28.1 | 27.4 |
| Temperatura mínima (°C) | 21.7 | 21.1 | 20.7 | 20.8 | 19.8 | 19 | 19 | 20.2 | 21.9 | 22.4 | 22.3 | 21.9 |
| Temperatura máxima (°C) | 31.9 | 30.9 | 30.5 | 30.7 | 30.7 | 30.2 | 31.6 | 33.1 | 33.9 | 34.4 | 33.9 | 33 |
| Chuva (mm) | 125 | 129 | 172 | 119 | 25 | 8 | 2 | 0 | 2 | 14 | 36 | 79 |

| Fronteiras | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| Temperatura média (°C) | 26.2 | 25.4 | 25 | 24.8 | 24.4 | 24.1 | 24.3 | 25.1 | 26 | 26.8 | 26.9 | 26.7 |
| Temperatura mínima (°C) | 21.1 | 20.4 | 20.7 | 20.3 | 19.5 | 18.8 | 18.6 | 19.1 | 20.1 | 20.7 | 21.2 | 21.1 |
| Temperatura máxima (°C) | 31.3 | 30.4 | 29.4 | 29.4 | 29.4 | 29.5 | 30 | 31.2 | 31.9 | 32.9 | 32.6 | 32.3 |
| Chuva (mm) | 90 | 115 | 159 | 109 | 30 | 9 | 3 | 2 | 4 | 13 | 25 | 50 |

| Padre Marcos | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| Temperatura média (°C) | 26.5 | 25.8 | 25.7 | 25.5 | 25 | 24.5 | 24.7 | 25.6 | 26.6 | 27.4 | 27.3 | 26.9 |
| Temperatura mínima (°C) | 21.2 | 20.6 | 20.9 | 20.5 | 19.8 | 18.9 | 18.8 | 19.3 | 20.5 | 21.2 | 21.6 | 21.2 |
| Temperatura máxima (°C) | 31.9 | 31.1 | 30.5 | 30.5 | 30.3 | 30.2 | 30.6 | 31.9 | 32.7 | 33.6 | 33.1 | 32.7 |
| Chuva (mm) | 104 | 117 | 161 | 96 | 19 | 5 | 2 | 1 | 4 | 14 | 33 | 76 |

| São Julião | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| Temperatura média (°C) | 26.3 | 25.5 | 25.4 | 25.2 | 24.8 | 24.5 | 24.8 | 25.9 | 26.6 | 27.3 | 27.1 | 26.8 |
| Temperatura mínima (°C) | 21.1 | 20.4 | 20.8 | 20.3 | 19.5 | 18.8 | 18.8 | 19.7 | 20.7 | 21.1 | 21.4 | 21.1 |
| Temperatura máxima (°C) | 31.5 | 30.6 | 30 | 30.1 | 30.1 | 30.2 | 30.8 | 32.1 | 32.6 | 33.5 | 32.9 | 32.5 |
| Chuva (mm) | 98 | 117 | 158 | 112 | 25 | 7 | 4 | 2 | 5 | 14 | 27 | 59 |

As características locais analisadas comprovaram que as condições climáticas como temperatura e precipitação exercem papel de fundamental importância na regulação dos ecossistemas. Essa constatação é semelhante a encontrada por Chaves et al. (2019) no Ceará, Silva et al. (2019) na bacia do São Francisco, que se estende pela Paraíba e Pernambuco.

Essas características geram alterações na limnologia local, além de influenciar nos volumes dos reservatórios. Os impactos na qualidade da água variaram conforme as condições climáticas locais.

Monitoramento da seca na região

A condição árida da região é fruto da quantidade de chuvas e da temperatura (Marengo et al., 2018), essa combinação é responsável pela evapotranspiração potencial, que tem consequências na perda de água superficial (Chaves et al., 2019).

A necessidade do monitoramento da seca ao longo do tempo nas cidades onde estão os reservatórios é de extrema importância, levando em consideração que a situação da seca gera

alterações dos ambientes aquáticos (Pessoa et al., 2017). Nos impactos sobre a água listados a partir do grau severidade da seca, variam entre déficits hídricos, falta de água iminente, escassez de água comum, escassez de água generalizada e por fim, e mais preocupante, escassez de água em reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência (Ana, 2020).

Na Figura 4 é mostrado o comportamento da seca nas cidades de Bocaina (1), Fronteiras (2), Padre Marcos (3) e São Julião (4), durante os meses de coleta (dezembro/2018, março/2019, junho/2019, setembro/2019 e dezembro/2019). Todos os municípios durante o mês de dezembro de 2018 estavam em uma situação de seca grave, com diversos impactos de curto e longo prazo relacionados na Tabela 10.

Durante todo o ano de 2019, o panorama da seca nos municípios estudados foi estável, estando classificado como seca moderada, com impactos de curto e longo prazo, podendo ocorrer situações que acarretassem em restrições no acesso a água. Tal situação indica que os índices pluviométricos durante o ano de 2019 foram melhores que do ano anterior (Tabela 4).

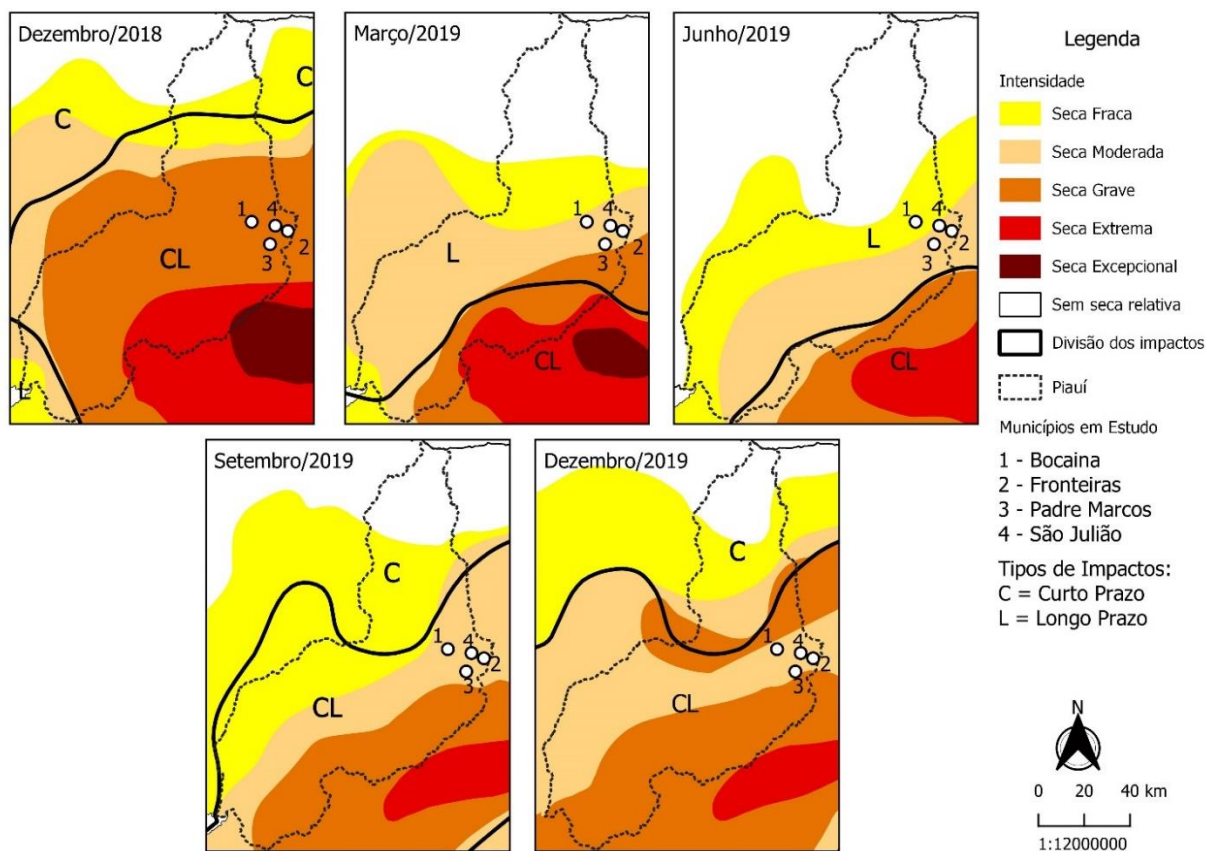


Figura 4. Monitoramento da seca nos municípios estudados.

De modo geral, o panorama da seca permitiu obter visão geral do seu comportamento Sousa, K. A.; Espindola, G. M.; Silva, C. E.

na região estudada. O estado da seca ao longo do período estudado comprovou os valores de 364

temperatura e pluviometria mostradas na Tabela 4. Assim, ficou explícito que as características climáticas têm reflexos na sazonalidade da seca e nas suas alterações e essas por sua vez, refletem na qualidade da água de rios e reservatórios (Chaves et al., 2019).

Análise dos atributos limnológicos de qualidade da água dos reservatórios

A preocupação com as alterações dos atributos limnológicos dos reservatórios é pertinente pelo fato deles constituírem importante fonte de água para o abastecimento público da região que sofre constantemente com problemas hídricos advindos da seca (Silva et al., 2019).

Nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 mostradas a seguir, apresentam-se os resultados médios dos atributos limnológicos em cada reservatório. A linha tracejada em vermelha, representa o limite de aceitabilidade da resolução Conama n° 357/2005, as demais linhas correspondem aos resultados aferidos no estudo. Os valores que se apresentam dentro do limite estabelecido indicam que a água, nos pontos amostrais, tem boa qualidade para o seu uso prioritário, que é o abastecimento da população.

O potencial hidrogeniônico (pH) é um dos parâmetros ambientais mais importantes e de maior complexidade, diversos fatores influenciam na interpretação dos seus valores (Chaves et al., 2019). Na resolução n° 357/2005, os seus limites aceitáveis encontram-se no intervalo entre 6 e 9, essa é a mesma faixa de valores da maior parte dos corpos d'água continentais (Esteves, 2011).

Assegurar o pH dentro dos padrões de aceitabilidade é ideal para a conservação da vida aquática e manutenção de outros parâmetros físicos e químicos da água (Silva et al., 2007). Chaves et al. (2019) acrescentam que as variações do pH desencadeiam problemas como aumento das concentrações de dióxido e ácido carbônico, além de solubilizar metais pesados e outros sais, destacando a importância do monitoramento dessa variável.

Na Figura 5, são mostrados os valores médios do pH nos reservatórios estudados. Nela é possível observar que os valores médios de pH dos quatro reservatórios, em sua maioria, se mantiveram em conformidade com os limites aceitáveis estabelecidos pelo Conama. O menor valor do pH foi de 7,0 no reservatório Bocaina e o maior foi de 9,5 atingido no reservatório Barreiras.

Esteves (2011) destaca que em regiões com balanço hídrico negativo, é comum valores de pH superiores a 8,0, podendo ultrapassar 9,0 em situações de secas prolongadas, como é o caso da área estudada. Chaves et al. (2019) acrescentam que essa situação se torna comum no semiárido, pelas altas taxas de evaporação. Corroborando com essa informação, Echaniz e Vignatti (2019) também encontraram valores semelhantes em um reservatório do semiárido Argentino.

Além disso, os resultados mais baixos do pH durante os meses de dezembro e março, é condizente com o resultado obtido por Grieco et al. (2017). De modo geral, observou-se que esse parâmetro não apresentou variação sazonal, assim como na pesquisa realizada por (Chaves et al., 2019; Echaniz; Vignatti, 2019).

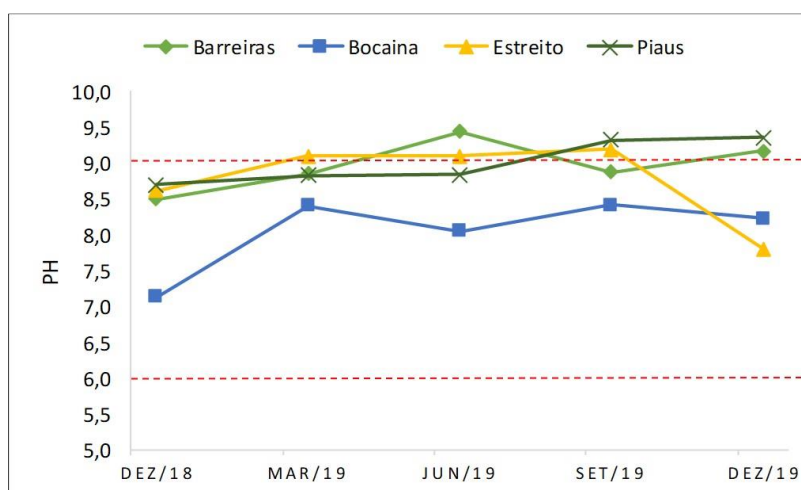


Figura 5. Valores médios para o pH dos pontos aferidos *in situ* nos reservatórios estudados.

Embora a condutividade não seja um parâmetro previsto na resolução Conama n° 357/2005, ela é um importante fator na qualidade da água e por isso, é um dos parâmetros

monitorados pela rede de qualidade de água operada pela ANA.

Assim na Figura 6, são expressos os valores médios da condutividade para cada período

amostral. Nela, os reservatórios Barreiras e Estreito em todas as épocas do ano têm valores de condutividade bem superiores aos demais reservatórios. Apesar disso, os valores se mantiveram estáveis ao longo de todo o ano, não sendo perceptível a influência da seca e da temperatura nessa variável. Chaves et al. (2019) analisaram quatro reservatórios, em três deles a condutividade também se mostrou estável, em apenas um, o açude de Orós, foi possível identificar a variação conforme os diferentes períodos do ano (seco e chuvoso).

Lacerda et al. (2018) destacam que em períodos secos, nos quais os volumes dos reservatórios são baixos, é natural e esperado que a

condutividade seja elevada, com valores superiores a 300 $\mu\text{s.cm}$. No estudo feito por Lima et al. (2017) foi exatamente o que aconteceu, a medida que o volume do reservatório reduziu, condutividade aumentou. O autor fez ainda, a seguinte associação, quanto maior temperatura, maior é evaporação e consequentemente maior condutividade.

Os altos valores de condutividade nos reservatórios Barreiras e Estreito, pode ter sido impulsionado pela falta de renovação da água, forte evaporação (Echaniz e Vignatti, 2019), atividades antrópicas, que aumentam a concentração de sais (Chaves et al., 2019) e o acúmulo de nutrientes (Lacerda et al., 2018).

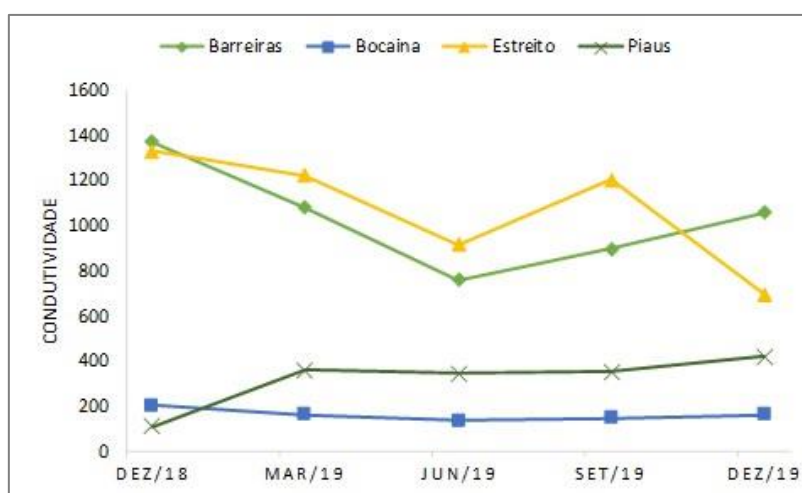


Figura 6. Valores médios para a condutividade dos pontos aferidos *in situ* nos reservatórios estudados.

A análise dos sólidos totais na Figura 7 mostrou que os reservatórios Piaus e Bocaina apresentam valores dentro do limite estabelecido pela resolução Conama. Entretanto, os reservatórios Barreiras e Estreito apresentaram valores bem superiores ao limite estabelecido,

A intermitências dos rios que são responsáveis pelo o abastecimento dos reservatórios, diminuem a renovação das águas e a diluição dos sólidos dissolvidos nesses reservatórios. Chaves et al. (2019) explicam que os sedimentos em suspensão aumentam a medida que a cobertura vegetal das margens é suprimida, tal realidade foi constatada *in loco* nos reservatórios

Barreiras e Estreito, os que mais tem sofrer com a ação antrópica praticada em seu entorno.

Lacerda et al. (2018) comprovaram em seu estudo que baixos volumes de água em reservatórios propiciam o aumento da quantidade de sais presentes na água. Pessoal et al. (2017) mostram que os valores dos sólidos totais representam a carga mineral de determinado corpo hídrico

Quanto ao reservatório Barreiras, a sua estrutura é formada por pedras de mão, que pode ter motivado o aumento dos sólidos totais no reservatório e também da condutividade mostrada na Figura 6.

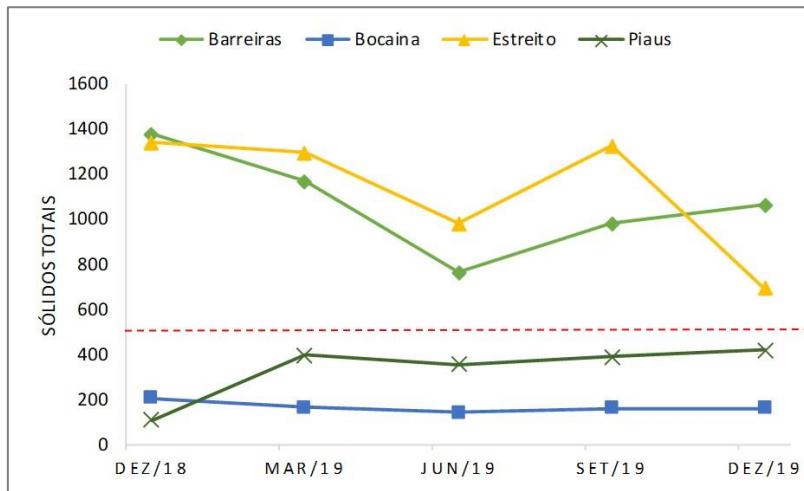


Figura 7. Valores médios para os sólidos totais dos pontos aferidos *in situ* nos reservatórios estudados.

A turbidez de um corpo hídrico representa a quantidade de luz que atravessa às partículas de água, e se o corpo d'água tem elevada turbidez, a capacidade fotossintética da vegetação submersa é reduzida (Silva et al., 2007). A turbidez é um indicador do aumento de sólidos em suspensão dentro do corpo hídrico, quanto maior a quantidade de sólidos, menor será a penetração de luz nas águas, pois eles dispersam a luz dentro dos corpos hídricos (Esteves, 2011). Vonsperling (2008) explica que a turbidez deve ser analisada com bastante cuidado, pois a coloração do corpo hídrico impacta na aferição desse parâmetro.

Apesar da grande quantidade de sólidos presentes nos reservatórios Barreiras e Estreito

(Figura 7), a turbidez desses reservatórios foi baixa (Figura 8). De modo geral, todos os reservatórios mostram boa condição quanto ao parâmetro turbidez, estando em consonância com os padrões de aceitabilidade, estando todos abaixo de 100 NTU, resultado semelhante ao de Chaves et al. (2019) para o Ceará. Conforme mostra Echaniz e Vignatti (2019) esse parâmetro apresenta sazonalidade, períodos seco, reservatórios com baixo volume e pontos amostrais mais rasos são fatores que tendem a modificar os valores de turbidez (Chaves et al., 2019). Lacerda et al. (2019) explanam que a disponibilidade de nutrientes e o intenso processo de piscicultura também reduz a transparência das águas.

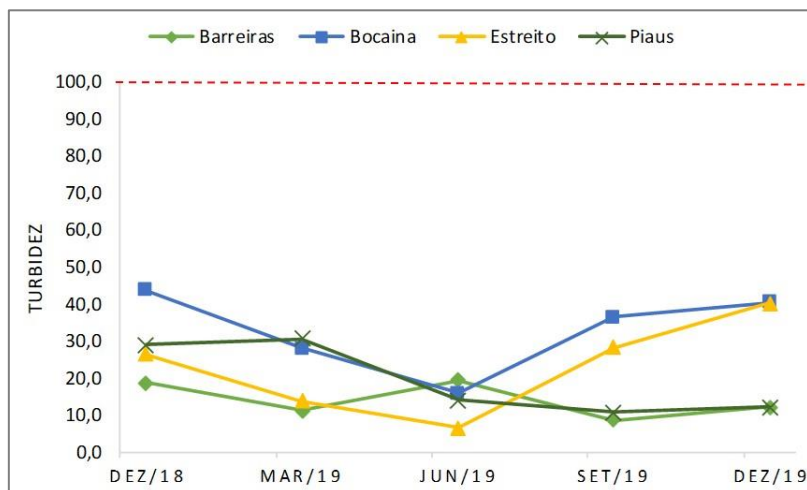


Figura 8. Valores médios para a turbidez dos pontos aferidos *in situ* nos reservatórios estudados.

A concentração de clorofila-A nos reservatórios indica a existência de organismos fotossintetizantes (Esteves, 2011; Wang et al., 2018), pois altos teores de clorofila-A são estimulados por fatores internos como fósforo (Sousa, K. A.; Espindola, G. M.; Silva, C. E.

total, transparência das águas; e por fatores externos como a temperatura (Batista et al., 2013).

Além de propiciar informações sobre a biota aquática, a clorofila-A é o parâmetro que permite determinar o estado trófico dos corpos

hídricos (Pessoa et al., 2017). Também pode indicar a existência de algas nocivas à saúde humana, como as cianobactérias (Carvalho et al., 2013; Boddula et al., 2016; Lacerda et al., 2018). O aumento da quantidade de clorofila-A normalmente é associado ao grau de degradação de uma bacia (Carvalho et al., 2013; Chaves et al., 2019)

Na Figura 9 são apresentados os valores de clorofila-A para os reservatórios estudados.

Observa-se que todos os reservatórios contêm elevados valores de clorofila-A, principalmente a partir do segundo semestre do ano, período em que as temperaturas são mais altas na região. Lacerda et al. (2018) explicam que naturalmente, com a redução volumétrica dos reservatórios, há o aumento gradual na quantidade de clorofila-A em reservatórios, associado a isso, a quantidade de fitoplânctons é maior em reservatórios que estão mais secos (Chaves et al., 2019).

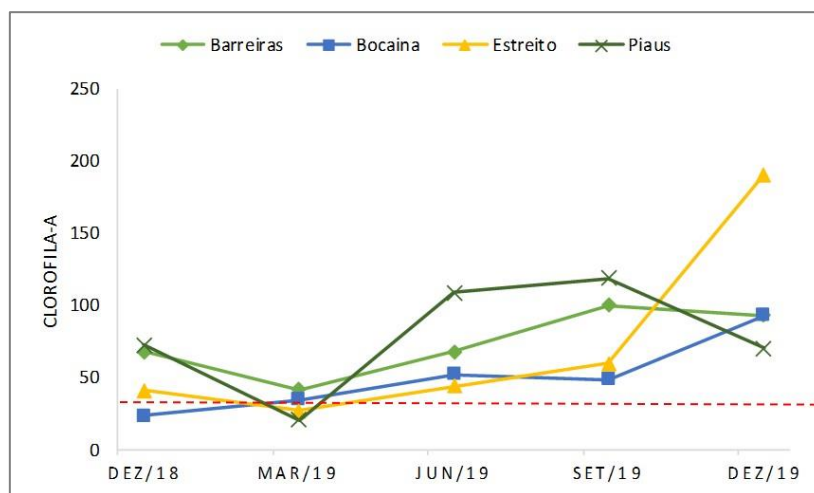


Figura 9. Valores médios para a clorofila-A dos pontos aferidos *in situ* nos reservatórios estudados.

Dentre os reservatórios avaliados, foi possível observar que os reservatórios Bocaina e Piaus têm valores paramétricos melhores, mais próximos dos valores ideais para águas doces de classe II. Diferentemente, o reservatório Estreito sofre consequências das atividades desenvolvidas no seu entorno e mostra a necessidade do acompanhamento constante da sua situação. A sazonalidade dos resultados é influenciada diretamente pelo clima, escassez de chuvas na região, forte evaporação e impactos das atividades antrópicas, como foi apontado em outros estudos (Pessoa et al., 2017; Lacerda et al., 2018; Silva et al., 2018; Chaves et al., 2019; Echaniz e Vignatti, 2019).

Correlação entre os atributos limnológicos

A avaliação das relações entre os componentes que caracterizam os ambientes aquáticos pode indicar o grau de impacto ambiental (Silva e Gouvêia, 2018). Silva et al. (2019) expõem que a diversidade do uso e ocupação do solo, a degradação das margens são os principais fatores que geram más condições de qualidade da água.

A qualidade da água é diretamente influenciada pela variação da precipitação, que pode dissolver os poluentes ou até mesmo gerar

mais degradação conforme carrega material poluente para os reservatórios (Chaves et al., 2019).

A análise da correlação dos parâmetros limnológicos pesquisados permite conhecer a relação que os parâmetros desenvolvem entre si. A correlação entre as variáveis com a chuva e a temperatura média é mostrada na Figura 10. Quanto maior o tamanho dos círculos apresentados na figura, mais forte é a correlação entre as variáveis. Correlações positivas são indicadas pelas tonalidades de azul, já as correlações negativas são mostradas nas tonalidades do vermelho. Os círculos pequenos, e ou brancos, mostram que as variáveis não têm relações com os outros parâmetros analisados.

Conforme simbologia mostrada na figura 10 indica que a quantidade de sólidos totais impacta diretamente e indiretamente nos outros parâmetros. Farias et al. (2011) explicam que quanto maior for a poluição das águas, maior será o conteúdo mineral e isso agrega consequências em outros parâmetros limnológicos, isso é reforçado por Pessoa et al. (2017), Chaves et al. (2019) e Silva et al. (2019).

Os valores dos sólidos totais apresentaram forte correlação positiva com a condutividade ($r = 0,99$), correlações médias com o pH ($r = 0,39$), e

negativa com a turbidez ($r = -0,70$). Silva e Gouveia (2018) também verificaram a mesma relação entre esses parâmetros.

A turbidez além de ter correlação com os sólidos totais, exprime correlação negativa com a

condutividade ($r = -0,40$). Considerando que a turbidez representa a intensidade de luz nos corpos hídricos (Silva e al., 2007), é natural que quanto maior a quantidade de sólidos em suspensão maior será a dispersão de luz dentro do corpo aquático.

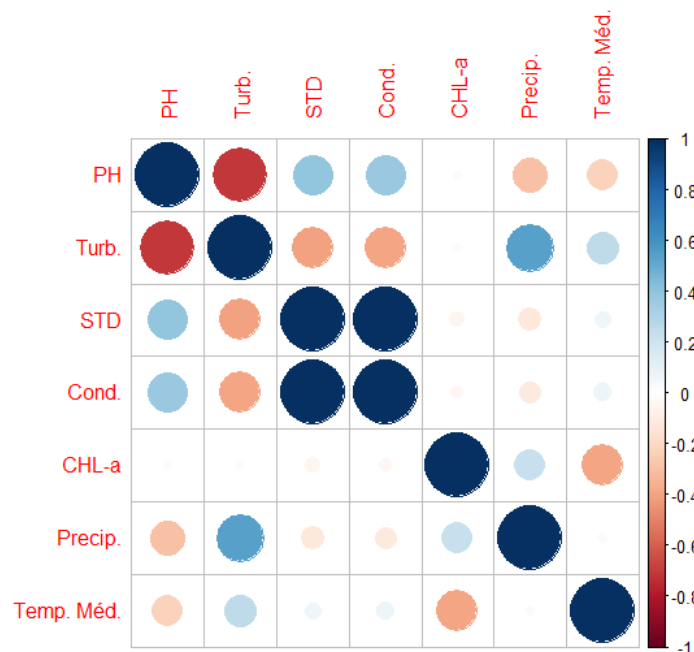


Figura 10. Correlação entre as variáveis estudadas e as condições climáticas locais.

A clorofila-A não apresentou valores significativos de correlação, isso indica que os parâmetros não se inter-relacionam. Assim, nesse cenário, a clorofila-A pode ser considerada uma variável independente das demais variáveis limnológicas.

Quanto as médias de precipitação e temperatura, Grieco et al. (2017) explica que o aumento da temperatura resulta em maior ionização da água e menor concentração do pH, isso fica evidente na correlação negativa entre o pH e a temperatura média mostrada na Figura 10. Os padrões de turbidez foram alterados conforme a quantidade de precipitação na região, uma vez que, a renovação das águas possibilitada o aumento volumétrico e dissolução de sólidos totais que têm relação direta com a turbidez. Temperaturas elevadas proporcionaram o aumento da produção

da clorofila-A devido a maior quantidade de luz incidente nos ambientes aquáticos.

Observou-se que os reservatórios estudados na região do semiárido piauiense são altamente influenciados pela sazonalidade de climática, com variação nos níveis de água e nos parâmetros limnológicos. A influência dos ciclos climáticos também foi constatada por Echaniz e Vignatti (2019) em lagos localizados na região semiárida da Argentina.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Considerações Finais

O presente trabalho permitiu aprofundar o conhecimento sobre a limnologia dos reservatórios localizados no semiárido piauiense. A dinâmica limnológica dos reservatórios pode eventualmente comprometer à sua utilização, deixando a população local em situação de vulnerabilidade

ambiental, social e econômica. Nos reservatórios estudados, os parâmetros analisados estão, em sua maioria, dentro dos padrões de aceitabilidade, sendo adequados para o abastecimento humano. Os parâmetros que estão inadequados, não tem valores exorbitantes, podendo rapidamente serem

modificados conforme os eventos climáticos. O cenário limnológico aqui descrito aponta para a necessidade do gerenciamento constante dos reservatórios, acompanhando a variação temporal desses parâmetros.

O prolongado período de seca, mostrado por meio dos dados do Monitor da Seca, reflete nos dados volumétricos dos reservatórios estudados e nos parâmetros aqui analisados. Ficou perceptível que a influência da precipitação, temperatura, e das atividades humanas desenvolvidas no entorno dos reservatórios alteram as características limnológicas naturais dessas estruturas.

Referências

- Ana. Agência Nacional das águas, 2019. Monitor da Seca. Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/>>.
- Ana. Agência Nacional das águas, 2019. Secretária do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí. SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/>
- Barreto, L. V. et al., 2013. Eutrofização em Rios Brasileiros. Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer [online] 9. Disponível: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso: 1 out. 2018.
- Batista, A. A. et al., 2013. Parâmetros interferentes na eutrofização das águas superficiais do Açude Orós. Revista Caatinga [online] 26. Disponível: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2695/pdf_42. Acesso: 21 out. 2018.
- Boddula, V. et al., 2016. Data driven analysis of Algal Bloom activity for effective Water Sustainability. IEEE International Conferences on Big Data and Cloud Computing (BDCloud), Social Computing and Networking (SocialCom), Sustainable Computing and Communications (SustainCom)(BDCloud-SocialCom-SustainCom) [online]. Disponível: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7723723/>. Acesso: 10 jan. 2019.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Resolução N° 357. Brasília.
- Carvalho et al., 2013. Ajuste de bandas de modelos empíricos de estimativa de clorofila aplicados à região da planície de inundação do Lago Grande Curuai - PA. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.31.30?mirror=dpi.inpe.br/marte2/2013/05.17.15.03.08&metadataarepository=dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.31.31>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- Os valores da resolução Conama n° 357/2005 sejam metas futuras para garantir os usos múltiplos dos corpos hídricos, os órgãos estaduais devem ter a preocupação de monitorar os parâmetros limnológicos desses reservatórios, com maior quantidade de variáveis possíveis e de forma regular, uma vez que esses parâmetros apresentam grande variabilidade espacial e temporal.
- Apesar da pequena quantidade informações adquiridas, o presente estudo foi de grande importância, pois serve como marco inicial no conhecimento das características limnológicas dos reservatórios do semiárido piauiense.
- Chaves, L. C. G. et al., (2019). Water quality and anthropogenic impact in the watersheds of service reservoirs in the Brazilian semi-arid region. Revista Ciência Agronômica, [online] 2. Disponível: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190026>. Acesso: 1 out. 2019.
- Cetesb. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras-água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo.
- Echaniz, S. A., Vignatti, A. María., 2019. Limnology of shallow lakes of the semi-arid Central Pampa of Argentina. Acta Limnologica Brasiliensia [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.1590/s2179-975x4817>. Acesso: 15 dez. 2019.
- Esteves, F. de A., 2011. Fundamentos de limnologia. 3ª ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Farias et al., 2011. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. Revista GEPROS [online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i1.870>. Acesso: 16 dez. 2019.
- Grieco, A. A. et al., 2017. Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil. Revista. Ambiente & Água [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1837>. Acesso: 05 Fev. 2020.
- Jones, J.G. A., 1979. Guide to Methods for Estimating Microbial Numbers and Biomass in Freshwater. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 39.
- Lacerda, L. D. et al., 2018. Limnology of the largest multi-use artificial reservoir in NE Brazil: The Castanhão Reservoir, Ceará State. Anais Academia Brasileira de Ciência [online] 90.

- Disponível: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180085>. Acesso: 25 Jan. 2020.
- Lopes, H. et al., 2013. Análise espaço-temporal da Clorofila-A no reservatório de Itaparica por meio de imagens Landsat-TM. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. Foz do Iguaçu, 6628-6635.
- Marengo, J. A. et al., 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. Anais da Academia Brasileira de Ciência. [online] 90. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>. Acesso: 11 Fev. 2020.
- Pessoa, E. K. R. et al., 2017. Variações temporais dos parâmetros limnológicos, os grupos frequentes e índices biológicos da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. Biota Amazônia [online], 7. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v7n2p59-64>. Acesso: 11 Fev. 2020.
- Rocha Júnior, C. A. N. da et al., 2018. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. Acta Limnologica Brasiliensia [online] 30. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2117>. Acesso: 11 Fev. 2020.
- Rolim, H. de O. et al., 2019. Proposal of a trophic state index in semiarid reservoirs using data of the Banabuiú Basin, state of Ceará, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia [online] 31. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x12517>. Acesso em: 06 Fev. 2020.
- Silva, D. V. R. da et al., 2018. Avaliação da eficiência de um índice de estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público. Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 23. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018168445>. Acesso: 11 Fev. 2020.
- Silva, A. M. C., Cunha, M. C. C., Lopes, D. V. (2019). Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. Geosul [online] 34. Disponível: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p102>. Acesso: 12 Fev. 2020.
- Silva, C. de O. F., Goveia, D., 2019. Avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos urbanos utilizando análise multivariada. Interações [online] 20. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1832>. Acesso: 25 Jan. 2020.
- Sobral, et al., 2016. Comportamento espacial da Clorofila-A no reservatório de Itaparica, rio São Francisco. Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 20. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111066>. Acesso: 25 Jan. 2020.
- Teixeira, F. J. C., Machado, J., 2015. Secas no Brasil: a construção de outro modelo de gestão. Parcerias Estratégicas, 20, 89-106.
- Wang et al., 2018. Estimation of chlorophyll a content in inland turbidity waters using WorldView-2 imagery: a case study of the Guanting Reservoir, Beijing, China. Environmental monitoring and assessment [online] 190. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6978-7>. Acesso: 25 Jan. 2020.