



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**IMPACTOS DE UM EVENTO DE SECA PROLONGADA NA QUALIDADE DA
ÁGUA APÓS ESGOTAMENTO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO CRUZETA,
NA REGIÃO TROPICAL SEMIÁRIDA**

Fernanda Cortêz de Oliveira

Natal
2020

Fernanda Cortêz de Oliveira

**IMPACTOS DE UM EVENTO DE SECA PROLONGADA NA QUALIDADE DA
ÁGUA APÓS ESGOTAMENTO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO CRUZETA,
NA REGIÃO TROPICAL SEMIÁRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Vanessa Becker

Coorientadora: Msc. Hérika Cavalcante Dantas da Silva

Natal
2020

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Oliveira, Fernanda Cortêz de.

Impactos de um evento de seca prolongada na qualidade da água após esgotamento hídrico do reservatório Cruzeta, na Região Tropical Semiárida / Fernanda Cortêz de Oliveira. - 2020.
33f.: il.

Monografia (Gaduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Curso de Engenharia Ambiental, Natal, 2020.

Orientadora: Dr. Vanessa Becker.

Coorientadora: Dra. Hérica Cavalcante Dantas da Silva.

1. Eutrofização - Monografia. 2. Evento extremo - Monografia.
3. Manancial de abastecimento - Monografia. 4. Qualidade de água - Monografia. 5. Volume hídrico - Monografia. I. Becker, Vanessa. II. Silva, Hérica Cavalcante Dantas da. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628

FERNANDA CORTÊZ DE OLIVEIRA

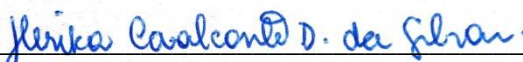
**IMPACTOS DE UM EVENTO DE SECA PROLONGADA NA QUALIDADE DA
ÁGUA APÓS ESGOTAMENTO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO CRUZETA,
NA REGIÃO TROPICAL SEMIÁRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do
Norte como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental

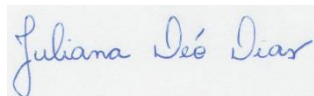
BANCA EXAMINADORA



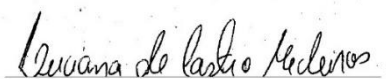
Dra. Vanessa Becker - Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)



Msc. Hérica Cavalcante Dantas da Silva – Coorientadora
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dra. Juliana Déo Dias – Examinadora Interna
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)



Dra. Luciana de Castro Medeiros – Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Natal, 20 de novembro de 2020

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter me inspirado escolher a área ambiental como instrumento de transformação da qualidade de vida do outro. Por todo amor que depositou em mim através das pessoas as quais citarei a seguir e que jamais conseguirei transformar em atos toda gratidão que sinto. São elas, em primeiro lugar, meus pais por todo investimento e incentivo a minha educação. A minha mãe e minha irmã Flávia, em especial, por cada palavra e gesto de consolo nos momentos mais inseguros dessa caminhada. Só consegui chegar até aqui porque tive o suporte de vocês três.

À minha orientadora Dra. Vanessa Becker, por seu profissionalismo inspirador e incentivo para seguir fazendo ciência em um momento tão difícil que atravessa nosso país. Fui transformada por seu carinho e determinação em não medir esforços pelo que acredita. Obrigada por toda confiança e apoio.

À coorientadora deste trabalho, Ma. Hérika (em breve, Dra.), por todo suporte e disponibilidade. Enquanto escrevia esses agradecimentos, recebi a notícia da concretização de um sonho dela (que também era um pouco nosso): agora é professora federal! Como já te disse, você é uma inspiração para mim como engenheira, pesquisadora e mulher! Obrigada por não ter desistido em meio as adversidades e desafios. À banca, Luciana Medeiros e Juliana Dias, pela disponibilidade e disposição nas contribuições para este estudo.

A todo grupo ELISA, minha escola de ciência, pelos aprendizados e convivências (Marina, Fernanda Monicelli, Carlos, Fabiana, Mariana, Zaira, Percília, Giu, Heitor, Gabriel, Alex, João Pedro, Caio, Thaís, Luana). Este estudo é fruto do trabalho de cada um que passou por esse grupo ao longo desses 10 anos. Que honra ter participado! Ao Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA) e seus servidores, por ceder espaço para que as análises desta pesquisa fossem realizadas.

Grata a todos os docentes do curso de Engenharia Ambiental por todos os conhecimentos compartilhados. Sem dúvida, tive os melhores.

Ao projeto de pesquisa a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico, na qual fui bolsista e tive a oportunidade de conhecer diversas realidades e carências do nosso estado e contribuir na prática com minha formação. Em 1 ano e meio, trabalhei com mais de 10 municípios e não poderia deixar de agradecer, em especial, a engenheira Maiara, por toda compreensão. Não atrasei nenhuma das entregas e com

toda certeza foi graças as ferramentas que ela me deu, toda paciência, profissionalismo e disponibilidade. A todos os bolsistas envolvidos e equipe técnica, meu muito obrigada.

Aos meus amigos pelo apoio e compreensão em entender as minhas ausências e agonias. Bia, Camila e Aninha vocês foram e são essenciais pra mim. Sou fã do coração de vocês que transforma o meu todos os dias. E para não perder o costume: eu as amo muito! Aos amigos da Engenharia Ambiental que ao longo desse caminho se permitiram fazer parte, em especial: Bia Macena, Fernanda G. e Samantha. A caminhada foi mais leve com vocês!

Ao também amigo, prof. Leonardo Pivôto, por toda confiança e por ter acreditado em mim por muitas vezes até mais do que eu mesma. O estágio no IFRN, no meio dessa jornada, foi um pretexto da vida para eu conhecê-lo melhor e aprender com o ser humano e profissional que é.

A todos os outros que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica meu muito obrigada!

(Esse trabalho foi inteiramente formulado e escrito durante a pandemia do COVID-19. Com todos os desafios físicos e psicológicos, só o tornaram mais especial. O dedico também, a todas as vítimas desse tempo, as que se foram, e as que ficam. Que o “novo normal” não se limite apenas nas atividades cotidianas, mas no agir, no querer transformar, no querer recomeçar para fazermos um mundo mais sustentável, mais justo, com mais amor.)

IMPACTOS DE UM EVENTO DE SECA PROLONGADA NA QUALIDADE DA ÁGUA APÓS ESGOTAMENTO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO CRUZETA, NA REGIÃO TROPICAL SEMIÁRIDA

RESUMO

Reservatórios são ecossistemas artificiais com distintas características morfológicas e hidrológicas, amplamente utilizados no semiárido brasileiro para suprir a escassez hídrica da localidade. Na região semiárida, é recorrente o esgotamento hídrico de alguns reservatórios durante períodos de seca prolongada, causando problemas para o abastecimento humano, dessedentação animal e prejuízos socioeconômicos. Após eventos de esgotamento hídrico, é esperado que ocorra a melhoria da qualidade da água com a chegada das novas águas. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do período de seca prolongada na qualidade da água após o esgotamento hídrico do reservatório Cruzeta, na região semiárida do Rio Grande do Norte. O trabalho foi realizado em dois períodos distintos: 2012 (início do período de seca prolongada) e 2019 (após a renovação das águas). O período de estiagem que compreendeu desde o ano de 2012 até o ano de 2019, na região semiárida, contribuiu para significativas mudanças na qualidade da água do reservatório Cruzeta. A considerável redução nos valores das variáveis turbidez, sólidos totais, pH e condutividade elétrica indicam uma melhora na qualidade da água após o esgotamento hídrico. No entanto, apesar da renovação das águas, foram constatadas maiores concentrações de fósforo total e clorofila, que resultaram na mudança de estado trófico do reservatório, de mesotrófico para eutrófico. O comportamento distinto do Reservatório Cruzeta em comparação com outros estudos indica que, para avaliar as respostas dos eventos climáticos extremos, deve-se levar em consideração atributos físicos do reservatório, o comportamento hidrológico e meteorológico e as características da bacia, como por exemplo as condições de infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem.

Palavras-chave: Eutrofização; evento extremo; manancial de abastecimento; qualidade de água; volume hídrico.

ABSTRACT

Reservoirs are artificial ecosystems with different morphometric and hydrological characteristics, widely used in the Brazilian semiarid region to supply the local water scarcity. In the semi-arid region, water depletion of some reservoirs is recurrent during periods of prolonged drought, causing problems for human supply, animal drinking and socioeconomic losses. After water depletion events, water quality improvement is expected to occur with the arrival of new waters. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of the prolonged drought period on the water quality after the water depletion of the Cruzeta reservoir, in the semi-arid region of Rio Grande do Norte. The work was carried out in two different periods: 2012 (beginning of the prolonged drought period) and 2019 (after the water renewal). The drought period from 2012 to 2019 in the semiarid region contributed to significant changes in the water quality of the Cruzeta reservoir. The considerable reduction in the values of the variables turbidity, total solids, pH and electrical conductivity indicate an improvement in water quality after water depletion. However, despite the renewal of the waters, higher concentrations of total phosphorus and chlorophyll were found, which resulted in the change of the trophic state of the reservoir, from mesotrophic to eutrophic. The distinct behavior of the Cruzeta Reservoir in comparison with other studies indicates that, in order to assess the responses of extreme weather events, one must take into account the physical attributes of the reservoir, the hydrological and meteorological behavior and the characteristics of the basin, such as conditions sewage and drainage infrastructure.

Keywords: Eutrophication; extreme event; water supply; water quality; water volume.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1 Área de estudo	12
2.2 Amostragem	14
2.3 Análises de qualidade da água	14
2.4 Análise dos dados	15
3. RESULTADOS	16
3.1 Cenário meteorológico e hidrológico	16
3.2 Cenário Limnológico	18
4. DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIA	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do Reservatório Cruzeta, ponto de amostragem de água e a morfometria nos dois períodos estudados.....	12
Figura 2. Demandas hídricas de abastecimento do reservatório de Cruzeta	13
Figura 3. a) Volume armazenado do Reservatório de Cruzeta durante o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019. b) Precipitações acumuladas no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019, precipitações médias mensais no período compreendido entre 1963 a 2010	17
Figura 4. Boxplots para os Períodos I e II das variáveis físicas: Temperatura da água (a), Profundidade máxima (b), Turbidez (c) e Sólidos fixos e voláteis (d).....	18
Figura 5. Boxplots para os Períodos I e II das variáveis físico-químicas: pH (a), Oxigênio dissolvido (b) e Condutividade elétrica (c)	19
Figura 6. Boxplots para os Períodos I e II dos nutrientes e biomassa algal: Fósforo total e fósforo solúvel reativo (a), Nitrato (b) e Clorofila-a (c).....	20
Figura 7. Análise de componentes principais (PCA) das variáveis limnológicas estudadas no reservatório de Cruzeta durante os períodos I e II.....	22

1. INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, os reservatórios artificiais, regionalmente denominados de açudes, são estruturas construídas principalmente para armazenarem água e reforçarem a segurança hídrica da região. Esses reservatórios desempenham um papel vital para o desenvolvimento local através de suas finalidades como o abastecimento de água das zonas urbana, rural e áreas especiais, irrigação, dessedentação animal, pesca e lazer (Rebouças, 1997). Os fatores de uso e ocupação de suas bacias de drenagem podem afetar diretamente na qualidade da água, contribuindo para o aumento de nutrientes e, conseqüentemente, acelerando o processo da eutrofização (Becker et al., 2009; Medeiros et al., 2015).

A eutrofização é um dos mais importantes processos que podem comprometer a qualidade da água dos mananciais (Smith e Schindler, 2009). Pode ser caracterizada como o aumento das concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, resultando no aumento da produção primária e no decorrente desequilíbrio ecológico e degradação ambiental do ambiente aquático (Dodds et al., 2009; Muller e Mitrovic, 2015). O aumento do aporte de nutrientes tem origem principalmente nas fontes externas, que podem ser pontuais ou difusas (Carpenter et al., 1998), como também a partir da fertilização interna no próprio corpo hídrico, pois o fósforo que há estocado no sedimento pode ser liberado e retornar à coluna d'água, alimentando o processo de eutrofização (Cooke et al., 2005). As principais fontes pontuais incluem fatores que envolvem a ausência de saneamento básico (descarga de efluentes não tratados ou acima do potencial de diluição e autodepuração do manancial) e as difusas, uso e ocupação do solo (criação de gado e uso de fertilizantes sintéticos) (Schindler, 2012). O transporte de nutrientes relacionado a fontes difusas tem seu efeito potencializado em decorrência do escoamento superficial proveniente da precipitação (Mosley, 2015).

Em estágios avançados, o processo de eutrofização pode ocasionar problemas estéticos, como a redução transparência da água, cor intensa, alta turbidez e odor. Também problemas na qualidade, como a redução do oxigênio dissolvido e o aumento de biomassa algal, principalmente florações de cianobactérias, que são potencialmente tóxicas (Smith, 2003). O fósforo, nitrogênio e a luz são os principais controladores da densidade de biomassa algal. Mesmo em condições favoráveis, a densidade de biomassa algal pode ser reduzida pelo aumento de sólidos suspensos inorgânicos que gera turbidez

e como consequência a diminuição da disponibilidade de luz (Costa et al., 2016; Figueiredo; Becker, 2018).

Os reservatórios do semiárido expostos a altas temperaturas associadas às alterações do ciclo hidrológico com baixa precipitação e altas taxas de evaporação, diminuem o escoamento superficial e por consequência, reduzem o nível das águas. Essas alterações aumentam o tempo de detenção hidráulica dos corpos hídricos, que favorece o aumento da concentração de nutrientes, condutividade (Jeppesen et al., 2015), turbidez e biomassa algal, intensificando a eutrofização e degradação da qualidade hídrica (Figueiredo e Becker, 2018; Rocha Júnior et al., 2018).

A seca prolongada é definida como um período de meses ou anos na qual a precipitação é menor que a média (Marengo et al., 2017). É condicionada pela ocorrência do El Niño, no entanto, um estudo que compreendeu uma observação temporal de 5 anos revela que sua ocorrência e consequências estão ligadas a ações antrópicas (Viana, 2013). Considera-se que as mudanças no clima previstas estimularão a expansão das florações em escala global, ampliando duração e distribuição desse processo (Paerl e Huisman, 2009; Moss et al., 2011). As projeções climáticas para o futuro evidenciam cenários de eventos extremos, como inundações e secas. Há previsões também para o aumento da temperatura média, menor ocorrência de períodos chuvosos, aumento de chuvas intensas em um curto período e maior frequência de dias secos, caracterizando um período de seca extrema (Marengo et al., 2017; IPCC, 2014, 2019). Recentemente, o nordeste brasileiro passou por um evento de seca prolongada considerado um dos mais severos nos últimos 60 anos, destaca-se a seca pluriannual no nordeste (2011-2019) como sendo a seca mais extrema em décadas (Cunha et al., 2019). As secas impactam diretamente as culturas agrícolas através da redução da quantidade e qualidade hídrica. De maneira geral, devido à estiagem pluriannual na região nordeste, cerca de 6 milhões de pequenos agricultores tiveram perda de suas colheitas (Cunha et al., 2019).

Na região do semiárido brasileiro, espera-se que eventos extremos de seca ocorram com mais frequência e maior intensidade, agravando o déficit hídrico e provocando impactos nas demandas de uso (Jeppesen et al., 2009). As condições de altas concentrações de nitrogênio e fósforo, turbidez, condutividade e biomassa algal estão associadas a pouca profundidade dos reservatórios do semiárido (Geraldine e Boavida, 2005; Mac Donagh et al., 2009; Rocha Júnior et al., 2018). Com isso, espera-se que a qualidade da água diminua ao longo do período de seca. No entanto, alguns estudos apontam que, após o esgotamento hídrico, há melhorias na qualidade da água com a

renovação das águas proveniente da precipitação, apresentando uma menor intensidade de florações de cianobactérias (Naselli-Flores, 2000; Leite, 2017), maior transparência, menor turbidez e menor concentração de nutrientes (Van Geest et al., 2005; Teferi et al., 2014). O esgotamento hídrico casual de reservatórios pode ser um mecanismo, em regiões que não sofram com a indisponibilidade hídrica, para a melhoria da qualidade da água (Teferi et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar qualidade da água após o esgotamento hídrico decorrente do período de seca prolongada do reservatório de Cruzeta. A hipótese é de que, após a renovação hídrica, a água apresente melhor qualidade, indicado pela diminuição das concentrações de nutrientes e clorofila-a.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Para este estudo foi selecionado o reservatório do município de Cruzeta Reservatório Cruzeta ($06^{\circ}24'42''S;36^{\circ}47'23''W$), situado na sub-bacia do Rio Seridó pertencente a bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, localizado no semiárido do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

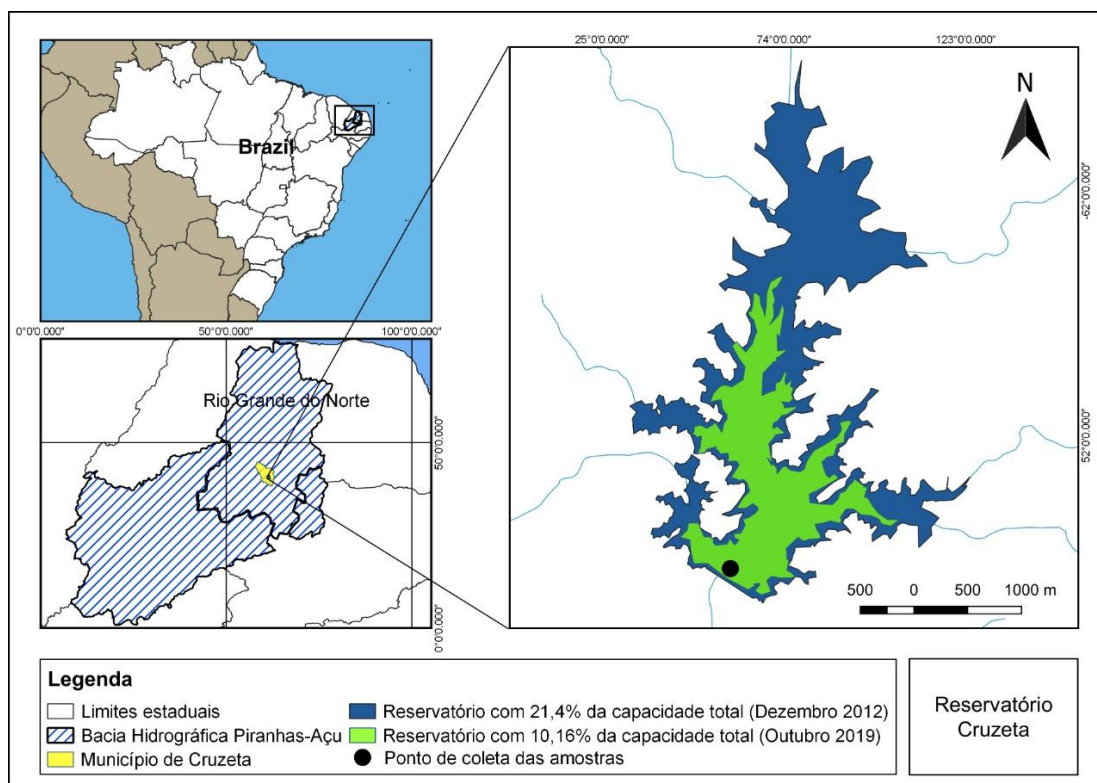


Figura 1. Localização geográfica do Reservatório Cruzeta, ponto de amostragem de água e a morfometria nos dois períodos estudados.

A região possui clima classificado, pela classificação de Köppen, como BSh', ou seja, semiárido quente de baixa latitude (ALVARES et al., 2014), com temperatura média anual de 27,8°C, umidade relativa de 68,3%, taxa de evaporação de aproximadamente 2000 mm.ano⁻¹ e precipitação média anual de 650 mm (ANA, 2016), com chuvas concentradas de fevereiro a junho e os demais períodos caracterizados por baixa precipitação e escassez hídrica (MEDEIROS et al., 2015). O solo identificado no entorno do município é classificado como Luvisolo Crômico (EMBRAPA 1971, 2018). São caracterizados como solos pouco profundos, fertilidade natural média a alta, com elevada concentração de argila de alta atividade e suscetíveis a erosão. A vegetação no entorno do reservatório é composta por plantas de pequeno porte e bem espaçadas, caracterizando o bioma caatinga (Instituto do Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA, 2008).

A construção do reservatório Cruzeta foi iniciada em 1920, a partir do barramento do Riacho São José, e finalizada em 1929 (SEMARH, 2020). Possui uma área de 616,11 ha, capacidade máxima de acumulação de 23 milhões de m³ e profundidade máxima de 15 metros (SEMARH, 2020). O reservatório é utilizado para fins de abastecimento humano do município de Cruzeta (urbano e rural), irrigação do perímetro irrigado a jusante do reservatório (demanda bastante significativa, como demonstra a Figura 2) para o plantio, principalmente, de tomate, feijão, mamão e milho (FERREIRA, 2015), além de captações difusas para atender pequenas áreas de cultivo (MEDEIROS et al., 2013) uso industrial, pecuária, pesca e recreação.

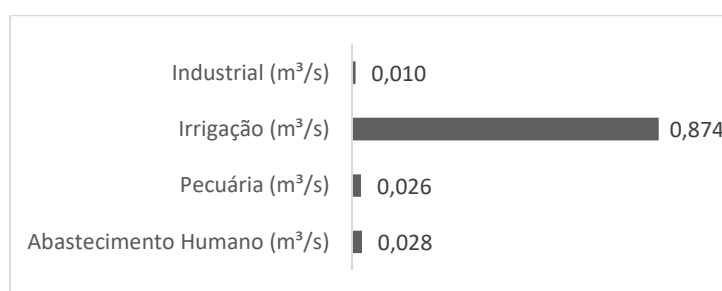


Figura 2. Demandas hídricas de abastecimento do reservatório de Cruzeta
Fonte: PRH – Piancó – Piranhas – Açu, 2016

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS, em 2018 o município possuía aproximadamente 75% de cobertura de esgotamento sanitário nas zonas urbana e rural, o que corresponde a 6.000 habitantes atendidos, estando acima da média do estado (33,03%) e do país (64,63%). No entanto,

aproximadamente 70% do esgoto coletado não é tratado e 26% não é coletado nem tratado. (ANA, 2013).

2.2 Amostragem

As amostras de água foram coletadas mensalmente nos anos de 2012 e 2019. Para o estudo, foram definidos dois períodos distintos determinados pelas precipitações que marcaram o início e fim da escassez hídrica: *Período I* – janeiro a dezembro de 2012 (início do período de seca prolongada, com precipitações bem abaixo da média histórica); *Período II* – abril a dezembro de 2019 (após o esgotamento hídrico, momento em que o reservatório voltou a receber água por precipitação).

As coletas foram realizadas através da garrafa de Van Dorn, em um ponto próximo ao barramento do reservatório (06°24'37"S e 36°47'44"W), exutório da bacia hidrográfica e onde se encontra a estrutura de captação de água para abastecimento (Figura 1). Fatores abióticos como temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram medidos in situ por meio de oxímetro (Lutron DO-5519), em intervalos de meio metro, da superfície ao fundo do reservatório. As amostras foram acondicionadas em garrafas de polietileno, previamente lavadas com HCl 10% e água deionizada, e armazenadas em caixas térmicas com gelo até a chegada ao laboratório.

2.3 Análises de qualidade da água

Em laboratório foram feitas as análises de turbidez, condutividade elétrica, sólidos suspensos, nutrientes e clorofila-a. A turbidez (TURB) foi medida através de um turbidímetro (PoliControl AP2000) e a condutividade elétrica (CE) por um condutivímetro (Tec-4MP). A análise de fósforo total (PT) foi realizada por espectrofotometria, com as amostras não filtradas, pelo método do ácido ascórbico (Murphy & Riley, 1962) após oxidação com persulfato de potássio (Valderrama, 1981).

Para as análises de sólidos suspensos (totais e fixos), fósforo solúvel reativo, nitrato e clorofila-a, as amostras de água foram filtradas em membranas de fibra de vidro com porosidade de 1,2µm. Os filtros foram utilizados para análise de clorofila-a e sólidos suspensos totais. Os sólidos suspensos totais (ST) e inorgânicos (SF) foram determinados por gravimetria, que precedeu a secagem dos filtros a 100°C durante a noite do mesmo dia da chegada da coleta e, no dia seguinte, a ignição dos filtros a 500°C por 3 horas (APHA, 2005). Os sólidos suspensos orgânicos (SV) foram obtidos pela diferença entre

os sólidos suspensos totais e os sólidos suspensos inorgânicos (SV = ST-SF) (APHA, 2005). A clorofila-a foi calculada por meio de extração por etanol 95% (Jespersen e Christoffersen, 1988) e, através do método colorimétrico, medida com o auxílio do espectrofotômetro.

Com a parte do volume das amostradas filtradas, foram determinadas as concentrações de fósforo solúvel reativo (FSR) e o nitrato (NO₃). O FRS (Murphy e Riley, 1962) e o nitrato (Valderrama, 1981) foram obtidos através da reação com reagente composto de molibdato, os ácidos sulfúrico e ascórbico, e tartarato de antimônio e potássio, medidos por espectrofotometria por meio do método de colorimetria.

2.4 Análise dos dados

Os dados referentes às precipitações mensais foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio Grande do Norte (EMPARN). Os valores de precipitação média histórica (1963 – 2010) foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para comparação com os dados atuais. Para caracterização do período de estudo de acordo com a intensidade de chuvas e seca, utilizou-se o Índice de Precipitação Padronizada – SPI (Guttman, 1999; Zhang et al, 2011), fornecido pelo INMET. O SPI é baseado na precipitação de diferentes escalas de tempo e avalia a severidade da seca. Essas escalas se referem ao acúmulo de precipitação em 1,2,3 ou até 24 meses consecutivos (SPI1, SPI2, SPI3,...,SPI24 respectivamente). Para este estudo, utilizou-se a escala temporal de 12 meses (SPI 12), pois para fluxos de rios e reservatórios são adotadas as maiores escalas, considerando que são utilizados para o gerenciamento hídricos nesses locais (Anunciação et al., 2010; Kubicz, 2018). A escala de valores utilizados para o local de estudo e suas respectivas categorias são apresentas na Tabela 1. Os valores médios mensais do SPI para o local do estudo foram obtidos na base de dados disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).

Tabela 1. Dados dos valores de SPI 12, valores médios e categoria da seca (**Fonte:** INMET)

Valores SPI 12	Valor médio utilizado	Categoria
>+2	2,25	Extremamente Úmido
+1,50 a +1,99	1,75	Severamente Úmido
+1,00 a +1,49	1,25	Moderadamente Úmido
0,99 a +0,99	0	Normal
-1,00 a -1,49	-1,25	Moderadamente Seco
-1,50 a -1,99	-1,75	Severamente Seco
< - 2,00	-2,25	Extremamente Seco

As variações do volume do reservatório ao longo do período de estudo, foram obtidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR e seus valores convertidos em porcentagem para melhor visualização.

A categorização de estado trófico tratado nesse estudo será baseada nos valores de concentrações de fósforo total (PT) e clorofila-a (Chla) para classificar o estado trófico do reservatório: Mesotrófico (PT < 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e Chla < 15 $\mu\text{g.L}^{-1}$); Eutrófico (PT > 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e Chla > 15 $\mu\text{g.L}^{-1}$), segundo Thornton e Rast, 1993.

Para comparar e identificar quais variáveis limnológicas apresentaram mudanças estatisticamente significativas com a variação de volume, foi realizado Teste-t. Para tal, utilizamos o programa R versão 1.1.463 (2018). Foi realizada ainda a Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar os padrões das variáveis em relação aos períodos estudados. Para a PCA utilizamos o programa PC-ORD® v.6.

3. RESULTADOS

3.1 Cenário hidrológico e meteorológico

O volume do reservatório de Cruzeta acompanhou a escassez hídrica durante todo o período analisado. Apresentando em torno de 67% (15 milhões de m^3) de sua capacidade no início do período (janeiro/2012), esteve, predominantemente, de maio de 2015 a abril de 2019, abaixo do volume morto (1,2 milhões m^3 , aproximadamente 5% da capacidade total), chegando a esvaziar por completo em vários períodos e permanecer seco por intervalos de tempo de até 7 meses consecutivos (setembro/2017 a março/2018) (Figura 3a).

Os anos do intervalo de estudo foram marcados por precipitações abaixo da média histórica anual e entre eles manteve-se o cenário, caracterizando um período de estiagem prolongada (Figura 3b). Em abril de 2014 houve a maior precipitação do intervalo de estudo (245,7 mm), ocasionando em um aumento no volume no reservatório, chegando a aproximadamente 22%. No entanto, o período de baixas precipitações nos meses posteriores levaram a uma drástica redução do volume do manancial que chegou a esvaziar meses após o aumento do volume (novembro/2014). No período II, houve uma maior recorrência de precipitação no período chuvoso da região (igualando aos valores

na média histórica), ocasionando em um acúmulo significativo de novas águas no reservatório e caracterizando o fim da estiagem prolongada. De acordo com o índice padronizado de precipitação SPI 12 do INMET, foi possível classificar ambos os períodos de estudo como, predominantemente, *extremamente seco*, ou seja, chuvas bem abaixo da média na estação chuvosa e seca. Os demais meses entre os períodos I e II foi possível identificá-los como meses secos *normais*.

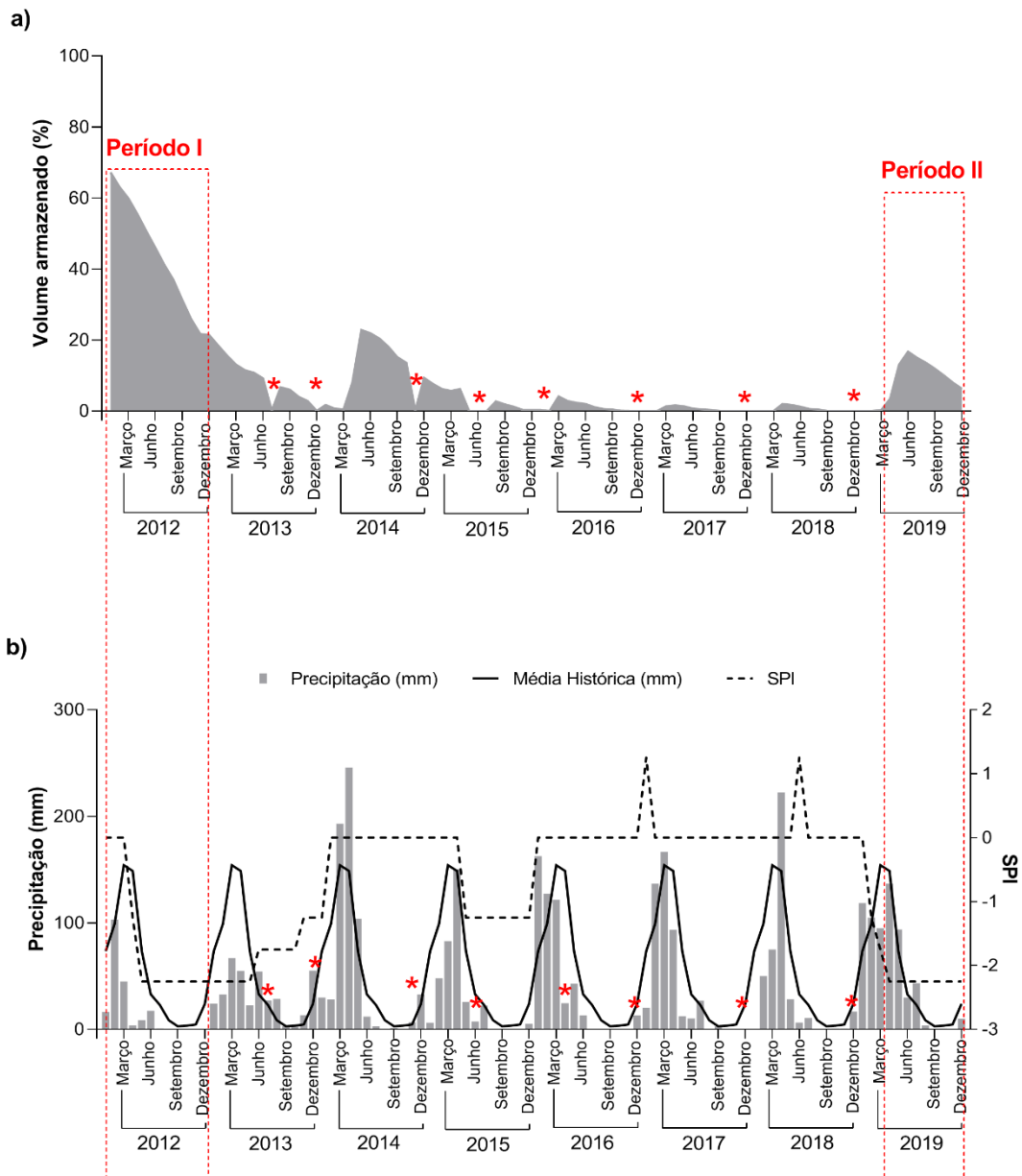


Figura 3. a) Volume armazenado do Reservatório de Cruzeta durante o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019. b) Precipitações acumuladas no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019, precipitações médias mensais no período compreendido entre 1963 a 2010 (FONTE: EMPARN). Índice de Precipitação Padronizada (SPI) a partir da variável SPI 12 (FONTE: INMET).

*Meses que o reservatório secou por completo.

3.2 Cenário Limnológico

A temperatura não variou significativamente entre os períodos ($P = 0,2581$; $t = 1,218$), alcançando uma máxima de $33,3^{\circ}\text{C}$ no primeiro mês do Período II (Figura 4a). A profundidade máxima do reservatório ($Z_{\text{máx}}$) foi maior no Período I, sendo significativamente diferente do Período II ($P = 0,0024$; $t = 4,372$) (Figura 4b). Os valores de turbidez foram maiores no Período I, com valor máximo de $49,5$ NTU, sendo significativamente diferente do Período II ($P = 0,0004$; $t = 5,798$) (Figura 4c). As concentrações de sólidos suspensos voláteis ($P = 0,0232$; $t = 2,895$) e fixos ($P = 0,0066$; $t = 3,819$) reduziram consideravelmente, apresentando maiores valores no Período I, com média de $13,6$ de SV mg.L^{-1} e $7,0$ mg.L^{-1} de SF, enquanto que no Período II, reduziram para $7,0$ mg.L^{-1} de SV e $4,00$ mg.L^{-1} de SF (Figura 4d).

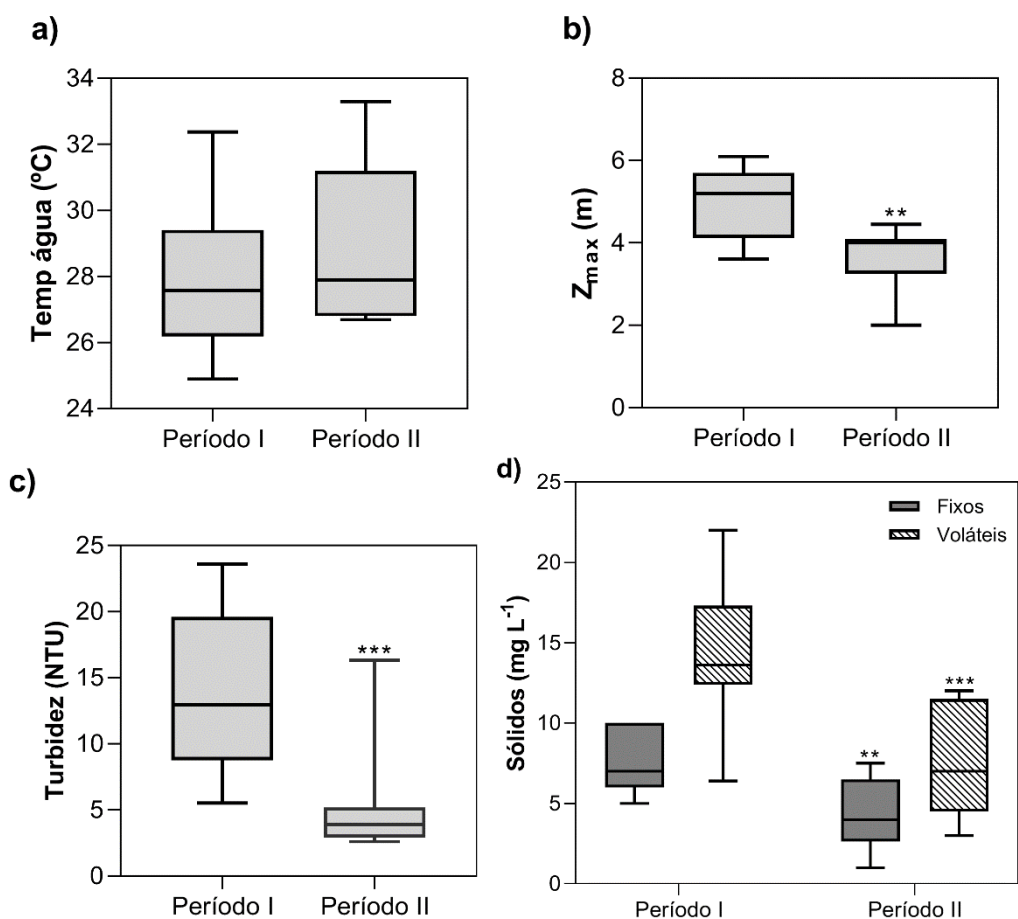


Figura 4. Boxplots para os Períodos I e II das variáveis físicas: Temperatura da água (a), Profundidade máxima (b), Turbidez (c) e Sólidos fixos e voláteis (d). *Significativamente diferente do Período I ($P < 0,05$), ** ($P < 0,01$), *** ($P < 0,001$), **** ($P < 0,0001$).

O pH ($P = 0,0037$; $t = 4,055$), oxigênio dissolvido (OD) ($P = 0,0245$; $t = 2,455$) e a condutividade elétrica (CE) ($P < 0,0001$; $t = 11,13$) apresentaram maiores valores no início do período de seca prolongada, sendo significativamente diferentes do Período II (Figuras 5a, 5b e 5c, respectivamente). Com destaque para a condutividade elétrica que apresentou uma média de $816 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ no período inicial do estudo e $195 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ após o esgotamento hídrico.

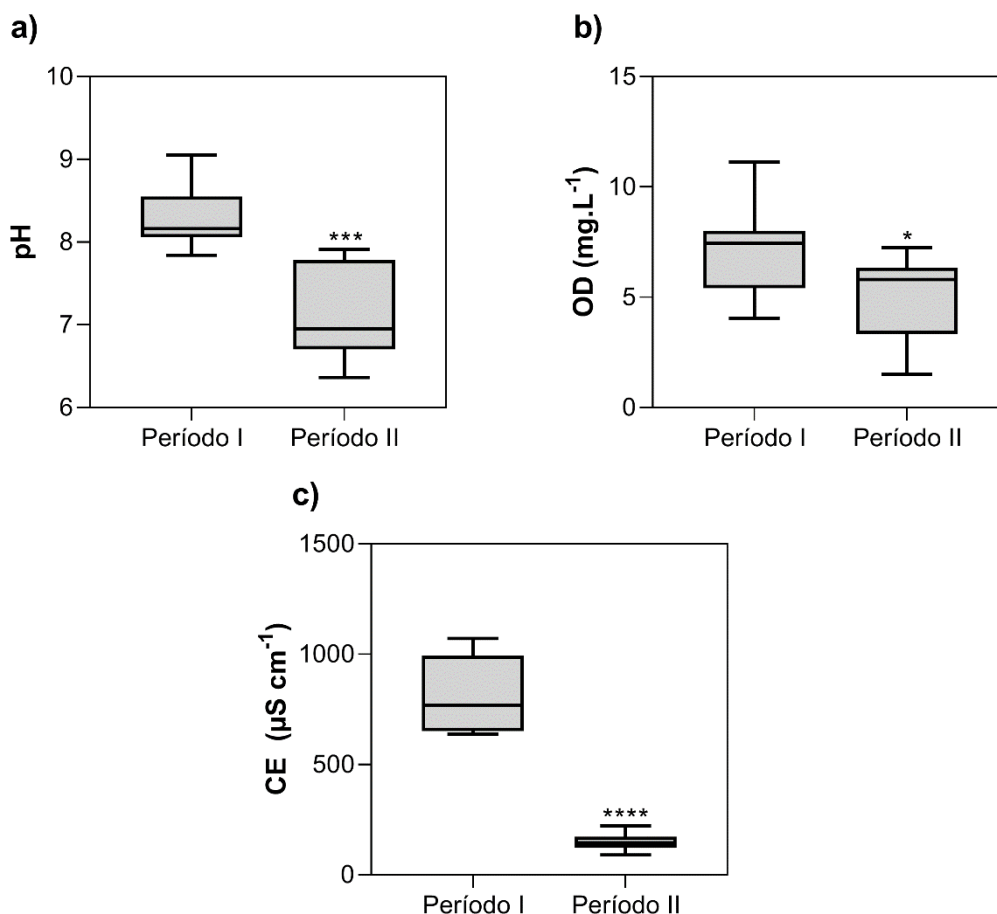


Figura 5. Boxplots para os Períodos I e II das variáveis físico-químicas: pH (a), Oxigênio dissolvido (b) e Condutividade elétrica (c). *Significativamente diferente do Período I ($P < 0,05$), **($P < 0,01$), ***($P < 0,001$), ****($P < 0,0001$).

O fósforo total (PT) apresentou menores valores no Período I, com um valor médio de $53,80 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ e máximo de $82,33 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, sendo significativamente diferente do Período II ($P = 0,0034$; $t = 3,348$) que apresentou uma média de $217 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ e máxima de $394,67 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. No entanto, o fósforo solúvel reativo (FSR) não apresentou diferença significativa ($P = 0,7034$; $t = 0,3865$) entre os períodos (Figura 6b). O nitrato (NO_3) apresentou valores maiores no Período I, com um valor máximo de $212 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sendo este

significativamente diferente do Período II ($P = 0,0315$; $t = 2,321$) (Figura 6a), onde apresentou um valor máximo de $94 \mu\text{g. L}^{-1}$. As concentrações de clorofila-a (Chla) do Período I, média de $23,10 \mu\text{g. L}^{-1}$ e máximo de $67,63 \mu\text{g. L}^{-1}$ no segundo mês, foram significativamente diferentes do Período II ($P = 0,0214$; $t = 2,506$), média $46 \mu\text{g. L}^{-1}$, apresentando valores superiores após a renovação das águas com valor máximo de $76,74 \mu\text{g. L}^{-1}$ (Figura 6c).

Com base nos valores das concentrações de fósforo total (PT) e clorofila-a (Chla) para classificação de estado trófico, de acordo com Thornton e Rast (1993), foi constatado que o reservatório de Cruzeta se manteve no fim do Período I como mesotrófico. No entanto, para todo o Período II (após a renovação hídrica) apresentou classificação eutrófica (Figura 6a e Figura 6c).

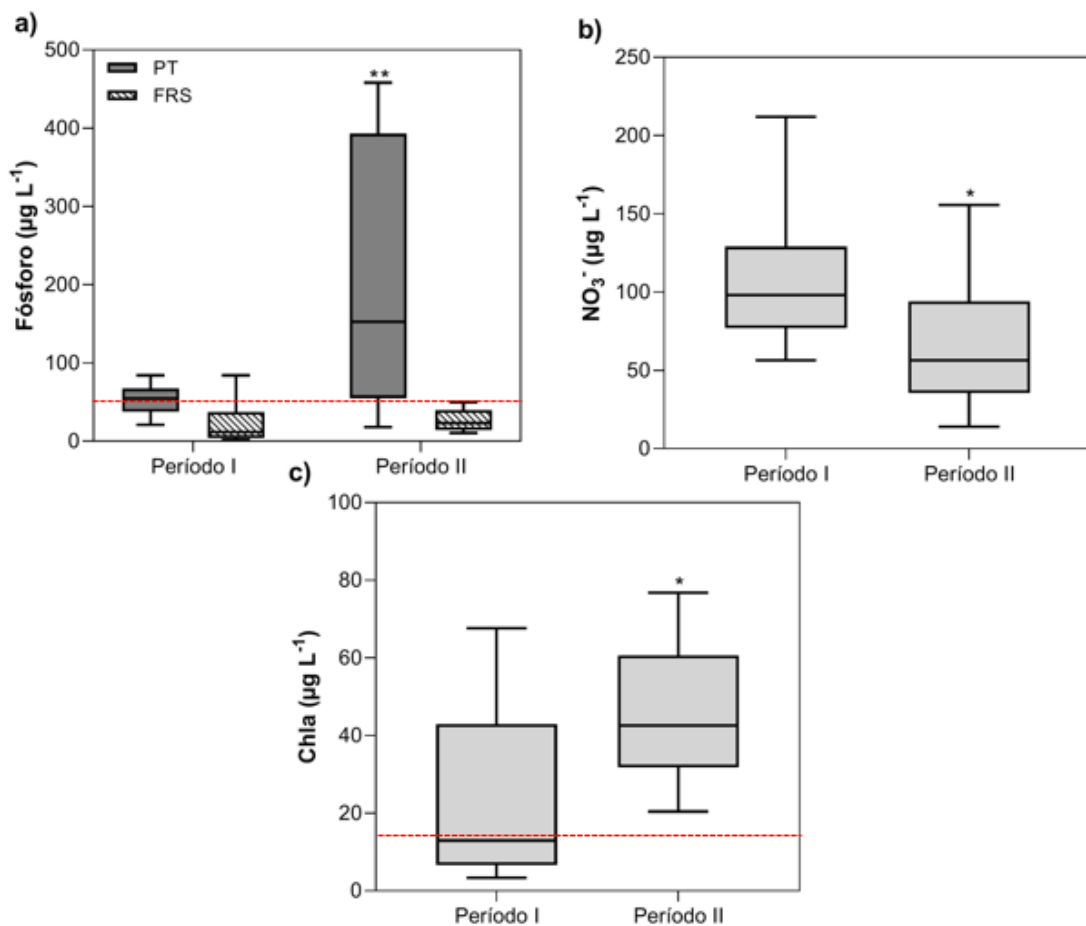


Figura 6. Boxplots para os Períodos I e II dos nutrientes e biomassa algal: Fósforo total e fósforo solúvel reativo (a), Nitrato (b) e Clorofila-a (c), com indicação do intervalo de estado trófico segundo Thornton e Rast, 1993. *Significativamente diferente do Período I ($P < 0,05$), **($P < 0,01$), ***($P < 0,001$), ****($P < 0,0001$).

A análise de componentes principais (PCA) mostrou as unidades segregadas entre os períodos antes e após do evento de seca prolongada (Figura 7). A PCA explicou 46,7% dos dados (eixo 1: 31,4%; eixo 2: 15,3%). Para o eixo 1 ($P=0,001$), as variáveis mais importantes na ordenação foram: fósforo total (0,74), clorofila-a (0,63), sólidos fixos (-0,51), sólidos voláteis (-0,83), turbidez (-0,43), profundidade máxima (-0,76) e nitrato (-0,52). Já para o eixo 2 as variáveis mais importantes foram oxigênio dissolvido (-0,73) e o fósforo solúvel reativo (-0,68). O eixo 1 apresentou uma tendência temporal das unidades amostrais de acordo com os eventos hidrológicos do semiárido, onde do lado positivo do eixo estavam relacionadas as unidades amostrais após o período de seca hídrica (Período II) e no lado negativo do eixo estavam relacionadas as unidades amostrais do início do período de seca prolongada (Período I). Observa-se que o eixo 1 mostra uma tendência a intensificação da eutrofização apresentando maior valor de fósforo total seguido de clorofila-a para o Período II devido à seca prolongada e maiores valores de sólidos totais, nitrato, profundidade máxima e turbidez para o início da seca prolongada.

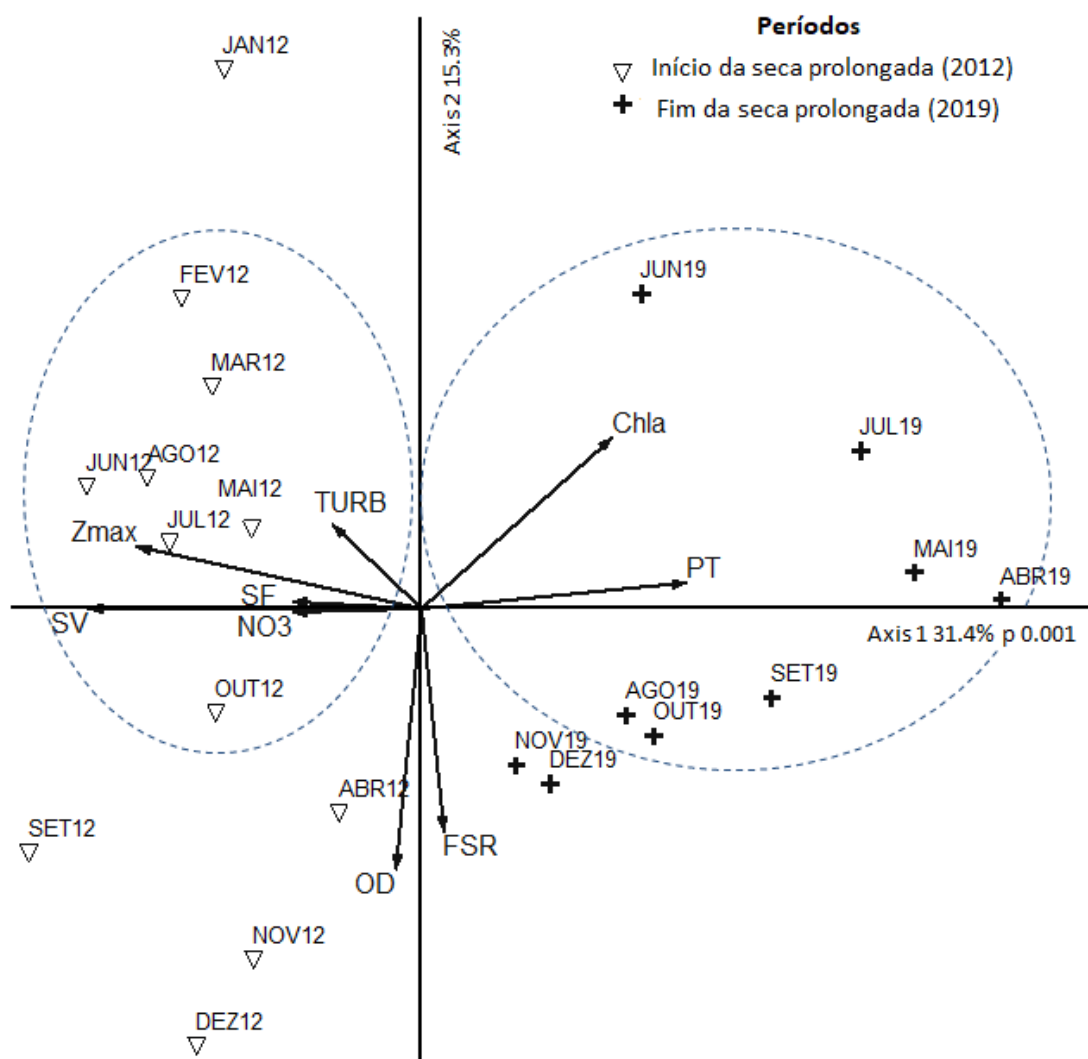


Figura 7. Análise de componentes principais (PCA) das variáveis limnológicas estudadas no reservatório de Cruzeta durante os períodos I e II. Variáveis: OD = oxigênio dissolvido; FSR = fósforo solúvel reativo; PT = fósforo total; Chla = clorofila - a; TURB = turbidez; Zmax = profundidade máxima; SF = sólidos fixos; SV = sólidos voláteis; NO₃ = nitrato.

4. DISCUSSÃO

Eventos extremos como secas prolongadas e chuvas intensas intensificam a vulnerabilidade de ambientes aquáticos interiores, pois variações do volume hídrico acarretam alterações das variáveis físicas, químicas e biológicas. O período de estiagem que compreendeu desde o ano de 2012 até o ano de 2019, na região semiárida, contribuiu para significativas mudanças na qualidade da água do reservatório Cruzeta. Os resultados deste estudo confirmam que o reservatório Cruzeta apresentou uma intensificação do estado de eutrofização após a renovação hídrica, com mudança de trofia, apesar da melhora da qualidade da água para alguns fatores estudados.

As baixas concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos detectadas no reservatório após a renovação das águas explicam os baixos valores de turbidez na coluna d'água, o que não foi o esperado, já que a combinação de pouca profundidade do reservatório ($Z_{\text{máx}} = 3,6$) e a ação dos ventos e dos peixes poderia ter promovido a ressuspensão do sedimento, inibindo as concentrações do fitoplâncton e, por consequência, as concentrações de clorofila-a (Jeppesen et al., 2015; Costa et al., 2019). No entanto, essa baixa concentração de sólidos pode ser explicada pela entrada de novas águas no reservatório que, devido as características morfométricas do reservatório, que permitiu a secagem por oito vezes entre os períodos de estudo e permanecer completamente seco por 3 meses consecutivos antes do início Período II estimado. Segundo um estudo realizado por Teferi et al. (2014), que avaliou a qualidade da água de 13 reservatórios na região semiárida na Etiópia, períodos consecutivos de secagem podem trazer respostas positivas na produção de melhorias na qualidade hídrica do sistema. Um outro trabalho que avaliou a qualidade do reservatório de Cruzeta após ele secar apenas uma vez, indicou que não houve mudanças significativas na qualidade, mesmo após a renovação das águas (Diniz, 2017). O que reforça a hipótese de Teferi et al., 2014 de que para ocorrer uma melhora significativa na qualidade da água, o reservatório deve esvaziar por completo mais vezes.

Os baixos valores de turbidez no Período II indicam uma melhora na qualidade da água em relação a essa variável, sendo significativamente diferente do Período I, como previsto à medida que o reservatório enchia com as novas águas provenientes da precipitação.

Contrariamente a alguns estudos (Scholz et al., 1999; Paerl e Huisman, 2009) que indicam que o crescimento excessivo de fitoplâncton aumenta a demanda de CO_2 para manter a fotossíntese e consequentemente aumentando as concentrações de pH, nosso estudo apresentou diminuição significativa de pH após a secagem, se comparado ao período de maior volume (início da seca prolongada) em que o pH era considerado alcalino, mesmo apresentando maiores concentrações de clorofila-a.

O comportamento do reservatório Cruzeta mostra valores de oxigênio dissolvido significativamente menores no período de menor volume no reservatório, evidenciando que as precipitações que ocorreram no Período II não foram o suficiente para suprir a demanda de oxigênio na coluna d'água.

Segundo Brasil et al. (2015), que avaliou variáveis físicas, química e comunidades de plâncton de 40 lagos artificiais no semiárido brasileiro no final das estações chuvosa e seca, apontou que a redução do nível da água aumenta o risco de salinização e agrava a anoxia do sistema, acentuando os sintomas de eutrofização e aumentando a intensidade de florações de cianobactérias, principalmente as formas potencialmente fixadores de N₂. A estiagem, devido à ausência de precipitação nos períodos que deveriam ser chuvosos, contribui para a diminuição do nível da água e intensificam as concentrações de nutrientes e maiores valores de condutividade elétrica (Brasil et al., 2015; Figueiredo; Becker, 2018). As concentrações de condutividade elétrica medidas no reservatório Cruzeta foram em contrapartida do esperado e apresentaram valores significativamente menores no Período II. Nesta condição, a condutividade elétrica melhorou no período pós enchimento, apesar do baixo volume de água no reservatório.

Mesmo com a renovação hídrica, o fósforo total (PT) apresentou concentrações superiores no Período II, sendo significativamente diferente do Período I, e que pode ser relacionado com o baixo volume de água no reservatório e os fluxos de entrada de águas ricas em nutrientes no manancial decorrente do escoamento superficial. Estudos mostraram que baixos níveis de água em regiões semiáridas são constantemente associados a alta biomassa de algas e turbidez orgânica em mananciais, devido à alta disponibilidade de nutrientes para os produtores primários (Naselli-Flores e Barone, 2003; Bond et al., 2008; Braga et al., 2015; Bakker; Hilt, 2015). A carga de PT também pode ser associada à matéria orgânica já presente no sedimento, levando em consideração que o reservatório não recebeu nenhum tipo de manejo antes da entrada de água e possui, no seu entorno, uma ativa atividade agrícola (Ferreira, 2015; Araújo et al., 2019).

Quanto ao fósforo solúvel reativo (FSR), não houve mudança significativa entre os períodos, tendo em vista que essa é a principal fração de fósforo assimilada pelos vegetais aquáticos, microalgas e bactérias. Portanto, o resultado do FSR é provavelmente decorrente do consumo do nutriente pelo fitoplâncton (Rangel, et al., 2012), cuja biomassa apresentou valores mais altos para o Período II do estudo. Esse comportamento foi semelhante em outros reservatórios (Bouvy et al., 2003; Braga et al., 2015; Gomes, 2016).

Já o nitrato obteve valores significativamente menores após o período de estiagem. Para esse resultando, evidenciamos dois fatores. O primeiro é que o reservatório de Cruzeta recebe efluentes de águas residuárias. De acordo com o estudo de Moss et

al.,2013, os efluentes urbanos são proporcionalmente mais ricos em fósforo do que em nitrogênio, em áreas sobre efeito dos processos antropogênicos, como apontam as altas concentrações de PT deste estudo para o Período II. O segundo fator é o processo de fertilização interna em que ocorre a liberação de fósforo para a coluna d'água, enquanto o nitrogênio pode transcorrer a redução biológica pelo processo de desnitrificação em meio anóxico (Moss et al., 2013).

A intensificação da seca levou ao aumento das concentrações de PT e Chla no Período II e, conseqüentemente, a mudança de estado trófico do sistema. O reservatório Cruzeta, inicialmente considerado mesotrófico, após a renovação das águas alterou para o estado eutrófico (Figura 6). Essa mudança de trofia corrobora com o estudo de Wiegand et al.,2021, no qual dos 65 reservatórios estudados no nordeste brasileiro, 36 (55,4%) apresentaram alteração de trofia de mesotrófico para eutrófico ao longo do período de seca considerado (2013 a 2017).

A análise de componentes principais (PCA) reforça a diferença entre os períodos de estudo no contexto da seca intensa. No reservatório Cruzeta, os elementos amostrais no período de início da seca prolongada compostos de altos valores de sólidos totais e turbidez, e os elementos do período após a estiagem ordenados com elevados valores de fósforo total e clorofila, indicaram um crescente processo de eutrofização como consequência, também, da intensificação das mudanças do cenário climático da região.

O uso e ocupação da bacia de drenagem afeta diretamente a qualidade da água dos corpos hídricos (Ferreira, 2015; Medeiros, 2016). Quando não há um manejo adequado que anteceda o enchimento do reservatório, o solo exposto dentro do reservatório pode apresentar vegetação e alguns insumos agrícolas, que pode ocasionar em uma decorrente intensificação do processo de eutrofização (Qiu et al., 2004). A prática do manejo do sedimento seco se apresenta como um importante fator para evitar posteriores processos de eutrofização pois, o movimento secagem-enchimento dos sedimentos dos corpos hídricos, pode potencializar a liberação do fósforo, dependendo das condições da região (Dieter et al.,2015).

5. CONCLUSÃO

Eventos extremos como a seca prolongada, provocam mudanças significativas na qualidade da água. A considerável redução nos valores das variáveis turbidez, sólidos totais, pH e condutividade elétrica indicam uma melhora na qualidade da água após o

esgotamento hídrico. No entanto, apesar da renovação das águas, foram constadas maiores concentrações de fósforo total e clorofila, que resultaram na mudança de estado trófico do reservatório de mesotrófico para eutrófico, portanto hipótese deste estudo foi refutada.

O comportamento distinto desse manancial em comparação com outros estudos indica que, para avaliar as respostas dos eventos climáticos extremos, deve-se levar em consideração características físicas tais como a profundidade do reservatório, o comportamento hidrológico e meteorológico e as características da bacia, como por exemplo as condições de infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem.

REFERÊNCIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Atlas esgoto – Despoluição das Bacias Hidrográficas. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos/> Acesso em: 06 de agosto de 2020;

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu. Resumo Executivo. Brasília: 2016;

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar0/Medicao?dropDownListEstados=21&dropDownListReservatorios=12140&dataInicial=01%2F01%2F2011&dataFinal=31%2F12%2F2019&button=Buscar/>. Acesso em: 08 de junho de 2020;

ANUNCIACÃO, Y.M.T.; ANDRÉ, R.G.B. 2010. Regionalização do Índice de Severidade da Seca de Palmer para o Estado do Rio de Janeiro. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém 2010, Brasil;

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC;

ALVARES C.A.; STAPE J.L.; SENTELHAS P.C.; GONÇALVES J.L.M. and SPAROVEK G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22(6): p. 711-728;

- BAKKER, E. S.; HILT, S. 2015. Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management. *Aquatic Ecology*, [S.L.], v. 50, n. 3, p. 485-498;
- BECKER, V.; HUSZAR, V.L.M.; CROSSETTI, L.O. 2009. Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. *Hydrobiologia*, 628: p. 137-151;
- BOND, N.R., LAKES, P.S.; ARTHINGTON, A.H. 2008. The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective. *Hydrobiologia*, 600(1), 3-16;
- BOUVY, M.; NASCIMENTO, S.M.; MOLICA, R.J.R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S.M.F.O. 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, 493(1-3), 115-130;
- BRAGA, G.G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J.N.P.; MENDONÇA JUNIOR, J.R.; BEZERRA, A.F.M.; TORRES, L.M.; GALVÃO, A.M.F.; MATTOS, A. 2015. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 27(1), 15-23;
- BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D.; HUSZAR, V. L. 2015. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia*, v.770, n. 1, p. 145-164, <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2578-5>;
- CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORRELL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPLEY, A.N.; SMITH, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* (3): p. 559-568;
- COLES JF AND JONES RC. 2000. Effect of temperature on photosynthesis-light response and growth of four phytoplankton species isolated from a tidal freshwater river. *J Phycol* 36: 7-16;
- COOKE, G. D.; WELCH, E.B.; PETERSON, S.A.; NICHOLS, S.A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. 3. ed. Boca Raton, Flórida: CRC Press;
- COSTA, M.R.A.; ATTAYDE, J.L.; BECKER, V. 2016. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. *Hydrobiologia*:1-15;

COSTA, M.R.A.; MENEZES, R.F.; SARMENTO, H.; ATTAYDE, J.L.; STERNBERG, L.S.L. e BECKER, V. 2019. Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoir. *Hydrobiologia*, 831(1), 43-54, <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-018-3583-2>;

CUNHA, A.P.M.A.; ZERI, M.; LEAL, K.D.; COSTA, L.; CUARTAS, L.A.; MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; VIEIRA, R.M.; BARBOSA, A.A.; CUNNINGHAM, C.C.; GARCIA, J.V.C.; BROEDEL, E.; ALVALÁ, R.C.; RIBEIRO NETO, G.. Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v.10, n.11, p. 1-20, 2019;

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (DATASUS). (2010). Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/sanbr.def>. Acesso em: 17 de julho de 2020;

DINIZ, I.S.M. 2017. A qualidade da disponibilidade hídrica do reservatório de Cruzeta na região tropical em evento de seca prolongada. Natal, 2017. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 24p;

DIETER, D., HERZOG, C., HUPFER, M. 2015. Effects of drying on phosphorus uptake in reflooded lake sediments. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (21), 17065-17081;

DODDS, W. K.; BOUSKA, W.W.; EITZMANN, J.L.; PILGER, T.,J.; PITTS, K.L.; RILEY, A.J.; SCHOLOESSER, J.T.; THORNBRUGH, D.J. 2009. Eutrophication of U.S. Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages. *Environmental Science & Technology*, p. 12-19;

EMBRAPA. (1971). Levantamento Exploratório-Reconhecimento dos solos do Rio Grande do Norte. Recife: Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA-SUDENE/DRN;

EMBRAPA. (2018). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos (5rd ed, p. 93). Rio de Janeiro;

EMPARN – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: 06 de junho de 2020;

FERREIRAS, R.S. 2015. Qualidade da água de um reservatório e do solo da zona ripária sob diferentes usos na região semiárida do Rio Grande do Norte. Natal, 2015. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 54p;

FIGUEIREDO, A.do V.; BECKER, V. 2018. Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region. *Brazilian Journal of Water Resources*, V.23, 1-8;

GERALDES, A.M. and BOAVIDA, M.-J. 2005. Seasonal water level fluctuations: Implications for reservoirs limnology and management. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 10(1): 59-69;

GOMES, S. S. 2016. Alteração do estado trófico durante um evento de seca prolongada e seus impactos na biomassa algal de um manancial tropical da região semiárida. Natal, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 34p;

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). Rio Grande do Norte. (2008). Perfil do seu município. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/>. Acesso em 20 de Agosto de 2020;

KANG, Y., SONG, X.; LIU, Z. 2013. Sediment resuspension dampens the effect of nutrient inputs on the phytoplankton community: a mesocosm experiment study. *Hydrobiologia*, (710): p.117- 127;

KUBICZ, J. 2018. The application of Standardized Precipitation Index (SPI) to monitor drought in surface and groundwaters. *E3S Web of Conferences* 44, 00082 (2018): <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400082>;

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>. Acesso em 08 de junho de 2020;

IPCC, 2014. Resumo para decisores. Alterações climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o quinto relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. [FIELD, C.B.; V.R. BARROS; D.J. DOKKEN; K.J. MACH; M.D. MASTRANDREA; T.E. BILIR; M.

CHATTERJEE; K.L. EBI; Y.O. ESTRADA; R.C. GENOVA; B. GIRMA; E.S. KISSEL; A.N. LEVY; S. MACCRACKEN; P.R. MASTRANDREA; L.L. WHITE (eds)]. Organização meteorológica mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 págs;

IPCC, 2019. Sumário para formuladores de Políticas. Aquecimento Global de 1,5°C. Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza.[MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PORTNER, H.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P.R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J.B.R.; CHEN, Y. ZHOU, X; GOMIS, M.I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T.]. Organização meteorológica mundial (WMO), Genebra, Suíça, 28 págs;

JEPPESEN, E.; KRONVANG, B.; MEERHOFF, M., SONDERGAARD, M.; HANSER, K.M.; ANDERSEN, H.E.; OLESEN, J.E. 2009. Climate change on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potencial adaptations. *Journal of Environmental Quality*, 38(5): 1930-1941;

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P.; ATTAYDE, J.L.; ZOHARY, T.; COPPENS, J.; BUCAK, T.; MENEZES, R.F.; FREITAS, F.R.S.; KERNAN, M.; SONDERGAARD, M., BEKLIOGLU M. 2015. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due changes in water level and related changes in salinity. *Hydrobiologia*;

JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. 1988. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. *Arch. Hydrobiol.* 109: 445-454;

LEITE, J.N.C. 2017. Impactos do esgotamento hídrico na qualidade da água de um reservatório da região semiárida tropical em evento de seca prolongada. Natal, 2017. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 26p.

- MAC DONAGH, M.E., CASCO, M.A. and CLAPS, M.C. 2009. Plankton relationships under small water level fluctuations in a subtropical reservoir. *Aquatic Ecology* 43(2): 371-381;
- MARENGO, J.A., ALVES, L.M., ALVALA, R.C.S., CUNHA, A.P., BRITO, S., MORAES, O.L.L. 2017. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Annals of the Brazilian Academy of Science* 90 (2): 1973-1985;
- MEDEIROS, L.C. 2013. O efeito hidrológico do semiárido na composição de espécies durante dominância de cianobactérias em um reservatório tropical. Natal, 2013. Dissertação de Mestrado(Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 44p.
- MEDEIROS, L.C.; MATTOS, A.; LURLING, M.; BECKER, V. 2015. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. *Aquatic Ecology*, no prelo;
- MEDEIROS, C. E. B. F. DE S. 2016. Os impactos do uso e ocupação e evento de seca extrema na qualidade da água e do solo de um manancial tropical do semiárido. Natal, 2016. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 44p
- MOSLEY, L. M. 2015. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews*. 140: p.203-214;
- MOSS, B.; KOSTEN, S.; MEERHOFF, M.; BATTARBEE, R.W.; JEPPESEN, E.; MAZZEO, N.; HAVENS, K.; LACEROT, G.; LIU, Z.; MEESTER, L.; PAERL, H.; SCHEFFER, M. 2011. Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters*:. 101-105;
- MOSS, B., E. JEPPESEN, M. SØNDERGAARD, T. L. LAURIDSEN & Z. LIU, 2013. Nitrogen, macrophytes, shallow lakes and nutrient limitation: resolution of a current controversy? *Hydrobiologia* 710: 3–21;
- MÜLLER, S.; MITROVIC, S. M. 2015. Phytoplankton co-limitation by nitrogen and phosphorus in a shallow reservoir: progressing from the phosphorus limitation paradigm. *Hydrobiologia*. 744 (1): p. 255-269;

NASELLI-FLORES, L. 2003. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of Dr Deep Lake and Mr Shallow Lake. *Hydrobiologia*, 506509(1-3): 13-21;

NASELLI-FLORES; BARONE, R. 2005. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. *Hydrobiologia*, 548:85-99;

PAERL, H. W.; HUISMAN, J. 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*: 27–37;

QIU, H.; HU, C.; YOON, S.; NATARAJAN, K.; SWANSON M.J.; HINNEBUSCH A.G. 2004. An array of coactivators is required for optimal recruitment of TATA binding protein and RNA polymerase II by promoter-bound Gcn4p. *Mol Cell Biol* 24(10): 4104-17;

RANGEL, L. M.; SILVA, L. H. S.; ROSA, P.; ROLAND, F.; HUSZAR, V. L. M. 2012. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical hydroelectric reservoirs. *Hydrobiologia* 693: 13–28

REBOUÇAS, A.C. 1997. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 11 (29): p. 127-154;

ROCHA JUNIOR, C.A.N.; COSTA, M.R.A.; MENEZES, R.F.; ATTAYDE, J.L., BECKER, V., 2018. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 30;

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). (2018). Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 17 de julho de 2020;

SCHINDLER, D. W. 2012. The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. *Proc. R. Soc. B.* 279: p. 4322-4333;

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em 02 de junho de 2020;

SCHOLZ, O.; GAWNE, B.; EBNER, B.; ELLIS, I.; BETTS, F.; MEREDITH, S.; 1999. The impact of drying on the ecology of the Menindee Lakes. Technical report, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology: Can.;

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution*, 24, p. 201-207;

SMITH, V. H. 2003. Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems: A Global Problem. *Environ. Sci. & Pollut. Res.* 10(2): 126-139;

TEFERI, M.; STEVEN, A.J.D.; BIE, T.; LEMMENS, P., GEBREKIDAN, A., ASMELASH, T., DEJENIE, T., GEBREHIWOT, K., BAUER, H. 2014. Strong effects of occasional drying on subsequent water clarity and cyanobacterial blooms in cool tropical reservoirs. *Freshwater Biology* 59: 870 – 884;

THORNTON J.A.; RAST W. 1993. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: 56 Straskraba M, Tundise JG, Duncan A *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, London, 1–24. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1096-1_1;

WIEGAND, M.C.; NASCIMENTO A.T.P.; COSTA, A.C.; NETO, I.E.L. 2021. Trophic state changes of semi-arid reservoirs as a function of the hydro-climatic variability. *Journal of Arid Environments*, 184 (2021) 104321;

VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total and phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*. 10: 109-122;

VAN GEEST, G.J.; COOPS, H.; ROIJACKERS, R.M.M.; BOUIJSE, A.D; SHEFFER, M. 2005. Succession of aquatic vegetation driven by reduced water-level fluctuations in floodplain lakes. *Journal of Applied Ecology*, 42: 251-260;

ZHANG, Q.; LI, J.; SINGH, V.P.; BAI, Y.2012. SPI-based evaluation of drought in Xinjiang, China. *Nat Hazards* (2012) 64: 481-492.