

RISCOS AMBIENTAIS ATRELADOS ÀS FLORAÇÕES TÓXICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL: SOB À LUZ DE UMA PERSPECTIVA SOCIOLÓGICA

Environmental risks related to toxic blooms in the Piancó-Piranhas-Açu watershed in Rio Grande do Norte state, Brazil: under the light of a sociological perspective

Riesgos ambientales vinculados a las floraciones tóxicas en la cuenca hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu del estado de Rio Grande do Norte, Brasil: a la luz de una perspectiva sociológica

Aleson da Silva Fonseca¹
Carmem Sara Pinheiro de Oliveira²
Cimone Rozendo³
Ivaneide Alves Soares da Costa⁴

RESUMO

Objetivou-se explicar como ocorreu o processo de formulação social dos riscos ambientais atreladas às florações de algas potencialmente tóxicas na Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte. Foi realizada uma revisão de literatura e uma análise documental com dados de artigos, dissertações/teses, relatórios de órgãos de monitoramento da qualidade ambiental das águas e informações de projetos de pesquisa e ações de extensão. A partir da análise da literatura, é possível inferir que os riscos sociais iminentes, caso haja negligência de mitigação por parte dos gestores públicos e privados, estão atrelados à interrupção do abastecimento doméstico da água à população, potencial efeito negativo à saúde humana da população exposta às concentrações subletais das cianotoxinas, conflitos de interesse pela disponibilidade e qualidade da água para usos múltiplos entre os municípios do semiárido potiguar que apresentam os mananciais superficiais de abastecimento permanentemente eutrofizados. É importante destacar a expressiva contribuição das ações extensionistas do grupo de pesquisa da UFRN, cumprindo o seu papel na sociedade de divulgação científica; oferta de cursos de capacitação para monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas; formação de recursos humanos com nível de pós-graduação; formação de diferentes agentes sociais; produção de oficinas educativas em eventos locais; produção de materiais didáticos, todos relacionados à problemática de poluição da água e seus efeitos socioambientais e na saúde humana. Embora essa contribuição, estudos mostram que a população ainda apresenta fragilidades no entendimento das formas e origens das florações tóxicas. Apesar da importância da divulgação científica, é importante considerar que o conceito de gestão democrática de recursos requer não somente a participação da sociedade civil, mas também políticas públicas eficazes que deve ser igualmente constante e contínua. Recomenda-se que os investimentos para prevenção das causas da eutrofização sejam contemplados com rigor, assim como o monitoramento dos mananciais, e mitigação dos problemas ambientais e sociais decorrentes das florações tóxicas de cianobactérias.

Palavras-chave: Cianotoxinas; Semiárido; Qualidade de água; Sociologia ambiental.

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). E-mail: aleson.fonseca@unesp.br;

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: sarinha.s@hotmail.com;

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: cimone.rozendo@gmail.com;

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: iasoaresc@gmail.com.

ABSTRACT

The objective was to explain how the social formulation of environmental risks related to potentially toxic algae blooms occurred in the Piancó-Piranhas-Açu watershed in Rio Grande do Norte. A literature review and a documentary analysis were carried out with data from articles, dissertations/theses, reports from agencies that monitor the environmental quality of the waters, and information from research projects and extension actions. From the literature review, it is possible to infer that the imminent social risks, if there is negligence of mitigation by public and private managers, are linked to the interruption of domestic water supply to the population, potential negative effect on human health of the population exposed to sublethal concentrations of cyanotoxins, conflicts of interest for the availability and quality of water for multiple uses among the municipalities of the semi-arid region of Potiguar that have surface water supplies permanently eutrophicated. It is important to highlight the expressive contribution of the extensionist actions of the UFRN research group, fulfilling its role in the society of scientific dissemination; offering of training courses for the monitoring of cyanobacteria and cyanotoxins; training of human resources at the graduate level; training of different social agents; production of educational workshops in local events; production of didactic materials, all related to the problem of water pollution and its socio-environmental effects and human health. The survey of the literature related to environmental perception shows that the civil population still has weaknesses in understanding the forms and origins of toxic blooms. Despite the importance of scientific dissemination, it is important to consider that the concept of democratic resource management requires not only the participation of civil society, but also effective public policies that must be equally constant and continuous. It is recommended that investments to prevent the causes of eutrophication be rigorously considered, as well as the monitoring of springs, and mitigation of the environmental and social problems resulting from toxic cyanobacterial blooms.

Keywords: Cyanotoxins; Semiarid; Water quality; Environmental sociology.

RESUMEN:

Su objetivo es explicar cómo se produjo la formulación social de los riesgos ambientales relacionados con las floraciones de algas potencialmente tóxicas en la cuenca hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu en Rio Grande do Norte. Se realizó una revisión bibliográfica y un análisis documental con datos de artículos, disertaciones/tesis, informes de organismos de monitoreo de la calidad ambiental de las aguas e información de proyectos de investigación y acciones de extensión. A partir del análisis de la literatura, es posible inferir que los riesgos sociales inminentes, si hay negligencia en la mitigación por parte de los gestores públicos y privados, están vinculados a la interrupción del suministro de agua doméstica a la población, al potencial efecto negativo sobre la salud humana de la población expuesta a concentraciones subletales de cianotoxinas, a los conflictos de intereses por la disponibilidad y calidad del agua para usos múltiples entre los municipios de la región semiárida de Potiguar que tienen suministros de agua superficial permanentemente eutrofizados. Es importante destacar la contribución expresiva de las acciones extensionistas del grupo de investigación de la UFRN, cumpliendo su papel en la sociedad de divulgación científica; oferta de cursos de capacitación para el monitoreo de cianobacterias y cianotoxinas; formación de recursos humanos a nivel de posgrado; capacitación de diferentes agentes sociales; producción de talleres educativos en eventos locales; producción de materiales didácticos, todo relacionado con la problemática de la contaminación del agua y sus efectos socioambientales y de salud humana. El estudio de la bibliografía relacionada con la percepción del medio ambiente muestra que la población civil sigue teniendo deficiencias en la comprensión de las formas y los orígenes de las floraciones tóxicas. A pesar de la importancia de la divulgación científica, es importante considerar que el concepto de gestión democrática de los recursos requiere no sólo la participación de la sociedad civil, sino también políticas públicas eficaces que deben ser igualmente constantes y continuas. Se recomienda considerar rigurosamente las inversiones para prevenir las causas de la eutrofización, así como la vigilancia de los manantiales y la mitigación de los problemas ambientales y sociales derivados de las floraciones de cianobacterias tóxicas.

Palabras clave: Cianotoxinas; Semiárido; Calidad del agua; Sociología ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A eutrofização é um processo natural que pode levar à perda da qualidade das águas de reservatórios em todo o planeta, é resultado da entrada de nutrientes no corpo hídrico,

principalmente, nitrogênio e fósforo, que são imediatamente incorporados nas atividades metabólicas de algas, o que leva ao seu crescimento exponencial de alguns grupos do fitoplâncton, conhecido como *bloom* de algas (PINTO; BECKER, 2014). Contudo, embora seja um fenômeno de ordem natural, as atividades antropogênicas nos últimos anos têm contribuído expressivamente para o aumento no grau de trofia de corpos aquáticos, ocasionando a eutrofização artificial (CHEN et al., 2016).

Essas alterações no crescimento excessivo de algas levam a perda da qualidade das águas devido aos poluentes encontrados nos corpos hídricos, comprometendo os usos múltiplos por parte da população, levando ainda ao comprometimento da dinâmica ecológica aquática (TUNDISI, 2003; FIGUEIREDO et al., 2007).

Embora exista o reconhecimento de que os reservatórios de abastecimento doméstico sejam de alta importância para o desenvolvimento social e econômico, mediante os fins que estão associados ao seu uso, a maior parte dos corpos hídricos do semiárido brasileiro apresentam eventos de eutrofização, sendo categorizados como eutrófico ou hipereutrófico em parte do ano (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007).

Pesquisas envolvendo a comunidade microbiológica no território potiguar têm reportado alterações significativas nas dinâmicas ecológicas associadas ao fitoplâncton, resultando em impactos diretos na qualidade ambiental dos reservatórios de água, provocando efeitos negativos do ponto de vista ecológico e socioeconômico, podendo ainda refletir no comprometimento da saúde humana, pela contaminação das águas por cianotoxinas (COSTA et al., 2009; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007; FONSECA et al., 2015; SILVA; COSTA, 2015; VIEIRA et al., 2015; REGO et al., 2020).

As comunidades microbianas podem ser usadas como indicadores de alterações ambientais, portanto, informações qualitativas e quantitativas de microrganismos planctônicos são comumente empregadas em pesquisas de biomonitoramento para aferir a qualidade ambiental dos corpos d'água (TUNDISI, 2003; GENTIL et al., 2008).

No processo de eutrofização, as cianobactérias (microrganismos que compõem a comunidade fitoplanctônica) recebem uma maior atenção em função da existência de *taxa* potencialmente tóxicas (FONSECA et al., 2015; MOURA et al., 2017). Não se sabe com segurança os mecanismos que regulam a liberação de cianotoxinas na água. No entanto, com a lise celular, associados à senescência da estrutura que envolve a cianobactéria pode aumentar as concentrações desses metabólitos secundários (CALIJURI et al., 2006). Em

condições eutróficas, os ecossistemas aquáticos apresentam dominância de espécies de cianobactérias, com gêneros potencialmente nocivos (NASELLI-FLORES, 2003).

Tendo em vista que a eutrofização é um problema ambiental, de ordem climatológica e antropogênica, estudos envolvendo a comunidade de fitoplanctônica têm crescido nos últimos anos em função dos eventos recorrentes de florações tóxicas nos reservatórios do Rio Grande do Norte. Nesse sentido, essas pesquisas têm apontado riscos ambientais devido ao comprometimento da qualidade das águas que são ofertadas para abastecimento doméstico no âmbito do semiárido potiguar, mediada pela ação das cianotoxinas, ficando o monitoramento como uma atividade indispensável, uma vez que essas substâncias podem ter efeitos neurotóxicos, dermatotóxicos, citotóxicos e/ou hepatotóxicos, colocando em risco a saúde humana (SILVA; COSTA, 2015; VIEIRA et al., 2015; REGO et al., 2020).

No entanto, parte dos estudos envolvendo a problemática da eutrofização e as florações tóxicas estão associados às pesquisas biológicas, ou seja, com viés laboratorial, onde são empregadas técnicas pautadas na racionalidade científica de mensuração para descrever riscos ambientais (BECK, 2011), como demonstramos anteriormente, pois de acordo com as premissas de Porto-Gonçalves (2004), o que necessita de uma atenção de várias áreas do conhecimento.

De acordo com a perspectiva teórica da sociedade de risco abordada por Beck (2011), a racionalidade científica que domina a ciência atual se fundamenta em métodos matemáticos para calcular a probabilidade dos riscos ambientais, restringindo o entendimento dos riscos às pesquisas acadêmicas, enquanto a população, de maneira geral, desconhece esses aspectos, ganhando apenas destaque no contexto social quando ocorrem eventos catastróficos.

Nesse sentido, tendo em vista a crise ecológica atrelada às florações tóxicas, em especial no âmbito potiguar, alguns autores têm proposto bases teóricas para apreciação sociológica (RENN, 1992; HANNIGAN, 1995; ACSELRAD, 2002; PORTO-GONÇALVES, 2004; BECK, 2011). De acordo com a teoria da Sociedade de Risco proposta por Ulrich Beck, a modernidade tardia (pós-industrial) configurada como a atual lógica produtiva leva a geração de bens na mesma medida em que origina novos riscos. Portanto, estes estão unidos ao modo como gerenciamos a produção das riquezas, traduzindo-se em conflitos por influência da estratificação das classes que geram danos que são percebidos de formas distintas entre os grupos sociais (BECK, 2011).

Com o propósito de mostrar a natureza socioambiental dos problemas são

empregadas bases teóricas que se fundamentam na perspectiva de Hannigan (1995) e Renn (1992). Nesse sentido, Hannigan (1995) construiu uma base teórica capaz de auxiliar no entendimento de como o risco é socialmente construído e percebido, enquanto as ideias de Renn (1992) destacam a percepção do risco na esfera social. Cada autor propõe dimensões de análise que se complementam, podem contribuir e auxiliar na construção de reflexões não apenas para uma sociologia ambiental, mas para uma ciência ambiental. A natureza socioambiental do problema da eutrofização associada às florações tóxicas foi revelada quando em uma Clínica de Hemodiálise, no município de Caruaru/PE, em 1996, pacientes que passavam pelo tratamento morreram devido à contaminação da água por toxinas de uma cianobactéria. Esse evento ficou conhecido como “Síndrome de Caruaru”. Após o trágico incidente houve maior interesse dos pesquisadores em estudar os mecanismos que levam à eutrofização e as florações tóxicas, especialmente no Nordeste brasileiro.

Sendo assim, esse evento pode ser destacado como um marco histórico. No entanto, observa-se que os riscos atrelados a eutrofização e as florações de algas potencialmente tóxicas têm sido negligenciados, especialmente, pela interrupção em 2016 do Programa Água Azul que realizava o acompanhamento da qualidade das águas nos reservatórios de abastecimento doméstico no Estado do Rio Grande do Norte. Além disso, do ponto de vista social, essa questão tem se mostrado secundarizada. Portanto, foi questionado se a população, ou parte dela, que vive e depende das águas dos reservatórios pode desconhecer os potenciais riscos ambientais que podem vir a sofrer.

Considerando que quase inexistente abordagem sociológica sobre essa temática, neste trabalho buscamos responder as seguintes questões: Esse cenário permanente de eutrofização dos ecossistemas aquáticos no território potiguar oferecer riscos sociais, além dos ambientais? Como ocorreu o processo de formulação dos riscos ambientais atrelados as florações tóxicas na Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu no território do Estado do Rio Grande do Norte? Quais os principais agentes formuladores dos riscos ambientais e como esses se articulam para descrever os riscos e/ou implicações ligado as florações tóxicas nesta mesma bacia e Estado?

Essa abordagem sociológica tem sido empregada para demonstrar as relações sociais que permeiam os problemas ambientais associados às ações sociopolíticas, tendo como grandes expoentes as contribuições de Renn (1992), Hannigan (1995) e Beck (2011).

Portanto, o objetivo deste trabalho é explicar como ocorreu o processo de formulação

social dos riscos ambientais atreladas às florações de algas potencialmente tóxicas em reservatórios da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu. Como objetivos secundários, destaca-se a identificação dos principais riscos, contribuições e limitações dos estudos que reportam a temática aqui investigada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

As informações apresentadas ao longo do trabalho são oriundas da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu (04° S e 36° W). De acordo com a legislação pertinente, a bacia está sob o domínio da União. Por estar inserida na região ocidental do Estado da Paraíba e o centro-norte do Rio Grande do Norte, consegue acumular 79,6% das reservas hídricas do território potiguar. A área total corresponde a cerca de 44.000km², no qual ocupa cerca de 17.489,5 km² do RN (BRASIL, 1997; COSTA et al., 2009; REGO et al., 2019).

Segundo o sistema de classificação de Köppen, o clima regional é semiárido de baixas latitudes e altitudes (ALVARES et al., 2013). Os volumes pluviométricos da região onde estão localizados os reservatórios são baixos e são influenciados por eventos climáticos, como o *El Niño* e *La Niña*, de modo que os gradientes de pressão atmosférica interferem na formação de massas de ar, acarretando alterações bruscas no clima da localidade, provocando secas severas que duram anos ou chuvas torrenciais (PEREIRA et al., 2011).

2.2 Natureza da pesquisa e análise dos dados

O presente manuscrito pode ser classificado como pesquisa básica, exploratória e descritiva e de natureza bibliográfica, com abordagem qualitativa (CERVO; BERVIAN, 2002; GIL, 2008; PRODANOV; FREITAS, 2013), uma vez que as informações aqui apresentadas são oriundas de dados secundários publicados por pesquisadores, centros de pesquisas e órgãos de monitoramento da qualidade ambiental das águas do estado do Rio Grande do Norte e os resultados estão expressos através de tabelas, quadros, gráficos, e/ou transcrições de informações pertinentes.

Para atingir o objetivo proposto, foi realizado a uma revisão de literatura nas bases de pesquisa *Scielo*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. Foram usadas combinações de palavras-chave, a saber, cianobactérias, cianotoxinas, florações tóxicas, reservatórios, além de

outras expressões que julgamos pertinentes para o presente estudo, tais como, Rio Grande do Norte e qualidade de água. O recorte temporal abrangeu o intervalo compreendido entre 1996 a 2020, uma vez que foi demonstrado que a produção científica envolvendo a temática no contexto do Rio Grande do Norte ocorreu logo após o evento conhecido como “Síndrome de Caruaru” em 1996 (MOURA et al., 2018).

Os critérios de exclusão adotados para a revisão de literatura foram: i) eliminação de trabalhos de pesquisa publicados na forma de resumo expandido, artigos publicados em anais de eventos científicos, monografias, livros e capítulos de livro; ii) Artigos que não trazem uma abordagem da comunidade fitoplanctônica, com ênfase em cianobactérias; iii) Pesquisas envolvendo a comunidade fitoplanctônica de outros ambientes limnéticos pertencentes a outras bacias hidrográficas que não fossem do Piancó-Piranhas-Açu, na porção do Estado do Rio Grande do Norte; iv) Artigos relatando pesquisas ecotoxicológicas com abordagem exclusivamente em ensaios ou bioensaios em laboratório.

Ademais, foi realizada uma análise documental, a fim de complementar dados, informações e demais aspectos importantes obtidos por outras técnicas (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Para isso, foram incluídos os relatórios técnicos de monitoramento das águas superficiais no estado do Rio Grande do Norte, no âmbito do Programa Água Azul, tendo em vista o nível de contribuição desse programa governamental na temática aqui reportada.

Desta forma, foram compilados os dados históricos de dois reservatórios de usos múltiplos (2008-2016), incluindo o abastecimento doméstico no Estado do Rio Grande do Norte, a saber, os reservatórios Boqueirão e Passagem das Traíras, que estão localizados nos municípios de Parelhas e São José do Seridó, possuem capacidade máxima de acumulação hídrica de 84,8 e 49,7 hm³, respectivamente. A inclusão desses dois corpos d'água ocorreu por se tratar de ecossistemas aquáticos, que foram analisados a partir de uma técnica molecular, investigada durante a pesquisa de mestrado do primeiro autor deste manuscrito. Portanto, a escolha desses dois ambientes se justificando apenas pelo interesse do primeiro autor. Cabe ressaltar, que os demais reservatórios não foram incluídos, mediante o número elevado de número de dados, embora estejam vinculados diretamente com a temática aqui inquerida.

Nesse sentido, o foco da análise dos relatórios do Programa Água Azul ocorreu com base nos dados históricos dos Índices de Qualidade da Água (IQA), Índices de Estado Trófico (ITE) e Densidade populacional de cianobactérias nos reservatórios anteriormente citados. Os

gráficos apresentam os Valores Limites Permitidos (VLP) para corpos de água de Classe 2 de acordo com a recomendação do CONAMA N° 357/2005 (CONAMA 2005) e os limites impostos pela Portaria N° 2.914/2011, do Ministério da Saúde (incorporada pela Portaria de Consolidação N° 5/2017) (BRASIL, 2017).

Por conseguinte, foram incluídos as dissertações/teses, para isso, foram escolhidas como base de dados, as pesquisas desenvolvidas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em função deste programa exibir uma proposta interdisciplinar, apresentar linha de pesquisa que investiga a qualidade de água no semiárido potiguar, balizadas por aspectos da microbiologia ambiental e ações educativas, como forma de mitigação da problemática.

Contudo, justifica-se que as dissertações/teses de outros programas de pós-graduação da UFRN, que embora sejam relevantes, para a presente investigação, tais como, Ecologia, Ciências Biológicas, Engenharia Sanitária e Ambiental e outros, ainda que apresentem dados de pesquisas nesse seguimento, não foram incluídos por ficarem restritas as produções com viés puramente disciplinares o que podem resultar em informações já disponibilizadas na forma de artigos científicos, ou seja, contemplados pela revisão da literatura, além disso, o foco da análise das dissertações/teses está no mapeamento das principais ações educativas, e a sua respectiva contextualização, com o problema de investigação da pesquisa.

Incluíram-se ainda informações pertinentes dos projetos de pesquisa e de extensão universitária, desenvolvidos pelos pesquisadores da UFRN, para investigação, mitigação e/ou divulgação da problemática das florações tóxicas e qualidade de água no contexto do semiárido, em especial, nos municípios que são banhados pela Bacia Hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu, com interesse na identificação dos coordenadores dos projetos de pesquisa, título, objetivo, período de realização do estudo, centros de pesquisa, principais contribuições no contexto das florações tóxicas, entre outras informações. Para isso, foi usada a plataforma do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA) e complementados a partir da análise do Currículo Lattes dos pesquisadores, de modo que os projetos foram recuperados a partir da utilização de palavras-chave na barra de busca: Cianobactérias, Fitoplâncton, Qualidade de água e Limnologia.

Nesse sentido, foram incluídos os projetos de pesquisa com limnologia na interface da eutrofização, pesquisas envolvendo aspectos da diversidade e/ou ecologia da comunidade

fitoplanctônica, com ênfase em cianobactérias; Projetos de pesquisa com fins educacionais na interface de qualidade de água e comunidade microbianas, reportando dados do fitoplâncton. No entanto, foram excluídos os seguintes estudos: i) projetos de pesquisa, cujas informações demonstram ligação voltada à investigação da qualidade de água e/ou comunidade fitoplanctônica para fins puramente aquícolas; ii) estudos envolvendo a qualidade de água e/ou comunidade fitoplanctônica, explicitamente descritas fora do contexto do semiárido; iii) estudos com qualidade de água, sem a interface com a eutrofização e florações tóxicas.

2.3 Arcabouço Teórico-Metodológico

A presente pesquisa tomou como arcabouço teórico-metodológico a perspectiva sociológica de *Formulação social de risco ambiental* exposto por Hannigan (1995) (Figura 1). De acordo com o modelo teórico pretendido, a *formulação social do risco ambiental* parte da perspectiva sociológica que se fundamenta na construção do risco, ou seja, quando o risco é formulado pelos atores sociais.

Figura 1 - Modelo teórico de formulação social de risco ambiental.



Fonte: Elaboração própria (2020).

Ressaltamos que esses atores sociais concebem o risco de formas diferentes em função das oportunidades de vida díspares. A “*influência pessoal*” é dada no contexto da formação das inquietações humanas, sendo as “*percepções*” influenciadas por filtros que atuam na disseminação e/ou inibição das informações sobre o risco. Nesse sentido, entram as

“*influências primárias*” (indivíduos que atuam como cooperadores na evidenciação do risco) e “*secundárias*” (mídia sociais, órgãos públicos e autoridades), logo, esses elementos auxiliam nas formações de opiniões dos indivíduos.

De acordo com Hannigan (1995), os “*acidentes normais*” ocorrem mediante a imprevisibilidade dos potenciais “*prejuízos*” às partes envolvidas, configurando-se como a probabilidade de fracasso do sistema técnico-científico desenvolvido pela comunidade científica para evitar que o dano ocorra.

Os aspectos que colaboram na “*definição social do risco*”, se dão pela ação do “*objeto*”, que equivale ao elemento que faz com que o risco se concretize; o “*prejuízo*” corresponde aos danos às partes envolvidas; o “*sistema articulado*” trata-se da relação de causa e efeito que ocorre pela ação do “*objetivo*” que impõe o risco (HANNIGAN, 1995).

As “*áreas de construção de risco*” se dão pela atuação política dos agentes, seja para potencialização do risco ou a sua mitigação. Essas áreas são vistas como locais de disputas (*arenas sociais*), em que os argumentos são manifestados nos discursos impetrados pelos atores envolvidos. Em contrapartida, os atores sociais podem ser classificados a partir dos seus “*papeis genéricos*”, a saber, *portadores de risco, defensores dos portadores de risco, geradores de risco, ajudantes, investigadores do risco, árbitros do risco informadores de risco, amplificadores das questões, informadores do risco e movimentos de feedback* (HANNIGAN, 1995).

Portanto, os resultados foram discutidos à luz da perspectiva sociológica de Hannigan (1995) e por meio da literatura pertinente, de modo a evidenciar a argumentação dos aspectos que contribuíram significativamente para a construção social do risco ambiental das florações tóxicas de cianobactérias nos reservatórios potiguares.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão de literatura ocorreu a partir da análise das principais contribuições das pesquisas científicas envolvendo a Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açú, na porção do estado do Rio Grande do Norte. Sendo assim, foram reunidos 28 artigos científicos que trazem os principais argumentos impetrados pelos autores dos estudos, destacando suas contribuições mais relevantes diante da temática reportada no presente manuscrito. Observa-se que o ecossistema aquático mais estudado foi o reservatório Gargalheiras (12), seguido do

Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas (cada um com 8 estudos reportando aspectos da ecologia do fitoplâncton e suas interações com as variáveis limnológicas) (QUADRO 1).

Quadro 1 – Principais contribuições destacados nas literaturas analisadas.

Bibliografia	Reservatórios reportados	Riscos ambientais e/ou síntese das principais contribuições na temática
COSTA et al., (1998)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Correlação positiva entre clorofila <i>a</i> produtividade primária. Impactos ambientais na dominância de cianobactérias.
CHELLAPPA & COSTA (2003)	Gargalheiras	Demonstração do efeito da sazonalidade na dominância de cianobactérias em período de estiagem. Perda da qualidade hídrica pela eutrofização.
COSTA et al., (2006)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Co-dominância de espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas. Registro de ocorrência da presença de microcistinas e saxitoxinas.
PANOSSO et al., (2007)	Sabugi; Gargalheiras; Itans, Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas	<i>Chek-list</i> com ocorrência registrada de 123 <i>taxa</i> , incluindo as spp. de cianobactérias potencialmente tóxicas e seus respectivos níveis de dominância na biomassa algal dos sistemas analisados; Potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)
CHELLAPPA et al., (2008)	Gargalheiras	Co-dominância de espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, dominância 90% da comunidade fitoplanctônica. Efeito letal pela presença de microcistina no fígado de peixes.
Chellappa et al., (2008)	Cruzeta	Caracterização da ecologia do fitoplâncton; Registro de dominância de uma cianobactéria potencialmente tóxica;
COSTA et al., (2009)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves; Gargalheiras; Itans; Passagem das Traíras; Sabugi; Boqueirão de Parelhas	Caracterização da ecologia do fitoplâncton; Interferência das variáveis ambientais na dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas; Efeito hepatotóxico das florações no reservatório Eng. Armando Ribeiro
MENEZES et al., (2010)	ESEC	Potencial controle biológico de tilápia na mitigação da eutrofização em reservatórios. Efeito das variáveis ambientais na comunidade planctônica.
ESKINAZI-SANTANA et al., (2013)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras, Boqueirão de Parelhas, Itans, Passagem das Traíras e Sabugi	Caracterização da comunidade da ecologia de zooplâncton e seu papel como indicador biológico em reservatórios eutróficos com dominância de cianobactérias.
BEZERRA; BECKER; MATTOS (2014)	Gargalheiras e Cruzeta	Demonstração do efeito do uso e ocupação na área da bacia que afeta o balanço de fósforo total nos reservatórios a partir dos rios afluentes.
COSTA; ATTAYDE; BECKER (2015)	Pocinhos e ESEC	Efeito da redução do volume de água na comunidade fitoplanctônica. Caracterização da ecologia da comunidade algal.
FONSECA et al., (2015)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves; Passagem das Traíras; Itans; Gargalheiras	Densidade de cianobactérias acima dos limites máximos permitidos pela legislação. Presença de microcistina e saxitoxinas sendo influenciados pela sazonalidade.

Vieira et al., (2015)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Perda da qualidade de água. Caracterização da diversidade e ecologia do fitoplâncton.
MEDEIROS et al., (2015)	Cruzeta	Efeito da sazonalidade na ecologia do fitoplâncton. Ocorrência de espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas. Resposta incomum do fitoplâncton, com baixa biomassa de cianobactérias em condições de redução de volume de água.
CÂMARA et al., (2015)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	Variáveis ambientais influenciando a ecologia do fitoplâncton. Predominância de espécies filamentosas heterocitadas. Aumento do volume de água influenciando a diminuição da dominância de cianobactérias e aumento da diversidade algal.
ALMEIDA et al. (2016)	ESEC	Estudo da interação entre eutrofização e fluxo de carbono aquático
FIGUEIREDO; BECKER (2018)	Cruzeta e Gargalheira	Chuvas e secas extremas afetam diretamente as variáveis hidrológicas dos reservatórios. A eutrofização está relacionada com o tamanho e profundidade dos reservatórios.
CAVALCANTE; ARAÚJO; BECKER (2018)	Cruzeta e Gargalheira	A disponibilidade de fósforo na coluna d'água é maior em períodos em que a profundidade é menor. Foi demonstrado que a clorofila- <i>a</i> e a quantidade de sólidos suspensos estão em proporção ao fósforo disponível nos sistemas.
CAVALCANTE et al. (2018)	Cruzeta e Gargalheira	A limitação de luz em períodos de seca prolongada intensifica as florações de cianobactérias. Indicação do controle do fósforo do sedimento como possibilidade para conter as florações de cianobactérias.
ROCHA-JÚNIOR et al., (2018)	Cruzeta; Caldeirão de Parelhas; Boqueirão de Parelhas; Gargalheiras; Carnaúba; Itans e Passagem das Traíras	Efeito da precipitação pluviométrica na perda da qualidade da água e alteração do estado trófico.
COSTA et al., (2018)	Cruzeta; Caldeirão de Parelhas; Boqueirão de Parelhas; Gargalheiras; Carnaúba; Itans e Passagem das Traíras	Efeito da seca na dominância de cianobactérias e perda da qualidade de água. Demonstração de período de extrema seca favorecendo a dominância de algas mixotrófica.
SOUZA; CROSSETTI; BECKER (2018)	Boqueirão de Parelhas	Elucidação do efeito da temperatura e nutrientes nos grupos funcionais do fitoplâncton em escala experimental (microcosmo).
MENDONÇA JÚNIOR et al. (2018)	Dourados, Passagem das Traíras, Boqueirão e Gargalheiras.	Efeito da seca no aumento da concentração da clorofila- <i>a</i> e redução do CO ₂ na água.
JUNGE R et al. (2019)	Ênfase em Cruzeta e Gargalheiras.	Efeito da precipitação incitando a variabilidade sazonal de <i>p</i> CO ₂ relacionados com a diluição do fitoplâncton e aporte de CO ₂ terrestre no interior da bacia, estando relacionados com a latitude baixa e a sazonalidade que influencia as características dos reservatórios inqueridos.
LEITE; BECKER (2019)	Dourados	Efeito da reinundação na redução da clorofila- <i>a</i> , pH, condutividade elétrica e turbidez indicando melhora na qualidade da água.

REGO et al., (2020)	Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Itans, Passagem das Traíras, Boqueirão de Parelhas e Gargalheiras	Aumento do grau de trofia com a redução do volume de água. Densidade populacional de cianobactérias acima dos limites máximos permitidos. Dominância de cianobactérias no biovolume, principalmente por táxons potencialmente tóxicos. Detecção de concentrações de microcistinas.
BRAGA & BECKER (2020)	Dourado e Cruzeta	A redução no volume de água em período de seca extrema intensifica a perda da qualidade da água devido à alta turbidez e biomassa do fitoplâncton.
BRAGA & BECKER (2020)	Dourado	A redução do volume hídrico mediante a seca prolongada aumenta as florações de cianobactérias. Os testes realizados com duas abordagens, grupos funcionais e grupos baseados em morfologia demonstraram o efeito da disponibilidade de luz na assembleia fitoplanctônica, indicando que pode ser aplicado em reservatórios semelhantes. Todavia, a abordagem de grupos funcionais fornece dados mais particularizados da comunidade fitoplanctônica.

Fonte: Elaboração própria (2020).

Como podemos observar no Quadro 1, os estudos reportando a comunidade fitoplanctônica dos reservatórios pertencentes à Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu trazem uma abordagem ecológica e toxicológica, com técnicas dependentes de cultivo e/ou análises tradicionais em microscopia óptica de investigação. Contudo, a partir dos critérios de busca adotados, não foram encontrados nenhum estudo com abordagem molecular de verificação nos reservatórios dessa bacia, demonstrando, em certa medida, a lacuna na literatura pertinente.

No entanto, justifica-se que há estudos no território potiguar com análise metagenômica, a partir da recuperação do DNA Total da comunidade microbiana, em alguns desses casos, a comunidade fitoplanctônica são incorporadas, mas não há estudos exclusivamente voltados à diversidade e demais aspectos do fitoplâncton. De modo que o foco dessas pesquisas está direcionado aos aspectos funcionais e o potencial biotecnológico da dos ecossistemas aquáticos, principalmente as espécies do Domínio *Bacteria*, nesse sentido, tendo em vista o enfoque dessas análises, os critérios de busca não foram capazes de recuperá-los.

Portanto, a partir do levantamento da literatura, verificou-se que os maiores números em produções científicas foram concentrados nos períodos de 2013-2015 e 2016-2018 (QUADRO 1). Esse número pode ser explicado pelos investimentos em pesquisas científicas através das parcerias firmadas entre os próprios pesquisadores, assim como, a colaboração com diferentes órgãos públicos no estado do RN. Essas informações foram constatadas na

análise dos dados provenientes dos projetos de pesquisa e de extensão universitária.

Na teoria da *formulação social do risco ambiental*, um elemento comumente considerado na perspectiva sociológica é a “*percepção dos indivíduos sobre risco*”, logo, elas são visualizadas de formas distintas entre os indivíduos da população e ao longo das gerações (HANNIGAN, 1995).

Tratando especificamente sobre a produção social do risco ambiental das florações tóxicas, é possível inferir que a percepção dessa problemática teve sua origem no contexto acadêmico das pesquisas científicas, sendo inclusive, os responsáveis pela evidenciação dos danos decorrentes do enriquecimento de nutrientes e suas implicações na comunidade fitoplanctônica (COSTA et al., 1998; CHELLAPPA; COSTA, 2003; COSTA et al., 2006; 2009; PANOSSO et al., 2007; CHELLAPPA et al., 2008^{a; b}; MENEZES et al., 2010; FONSECA et al., 2015; VIEIRA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2015; CÂMARA et al., 2015; COSTA et al., 2015; ROCHA-JÚNIOR et al., 2018; COSTA et al., 2018; REGO et al., 2020; BRAGA; BECKER, 2020).

Esses riscos ambientais, percebidos pelos pesquisadores, foram usados como unidades temáticas para auxiliar na construção da percepção ambiental da população, por meio de ações de educação ambiental, cursos de capacitação, palestras e oficinas, como uma medida de sensibilização, discutindo os efeitos da poluição e degradação ambiental do Rio Piranhas em vários municípios do semiárido potiguar (ARAÚJO; PANOSSO; COSTA, 2006; SODRÉ-NETO; ARAÚJO, 2008). Pesquisadores elaboraram atividades lúdicas como recursos didáticos de ensino-aprendizagem, para incentivar os docentes a aplicá-los na sala de aula, encorajando-os a discutir essa problemática de modo ativo e interativo (ARAÚJO; AMORIM, 2014).

Diante do levantamento da percepção de professores e alunos de uma escola pública do semiárido, foi constatado que a maioria entende a importância das águas dos reservatórios do semiárido, reconhecem que há problemas na qualidade da água disponível, mas os estudantes demonstraram possuir um menor conhecimento sobre o destino do esgoto doméstico do município. A maior parte dos docentes de ambas as categorias, admitem que a mudança de coloração da água para tons de verde significa que há um comprometimento da sua qualidade, embora exista uma variação nessa percepção, como pode ser visto no seguinte fragmento representativo: “nem sempre a água transparente é água boa, mas não faço à mínima ideia de quando ela é boa” (PETROVICH; ARAÚJO, 2009). Considerando os

resultados constatados, essas autoras ainda chamam à atenção para a necessidade de ampliação e divulgação dessas informações, sobre qualidade de água, pois observaram fragilidades de compreensão sobre os efeitos nocivos das cianobactérias.

Fragilidades de compreensão também foram reportadas por Araújo et al. (2011), na análise das concepções prévias de professores, observou-se que a maioria conhece os problemas de qualidade de água, mas que apresentam desinformação sobre as formas e origens da poluição das águas.

Hannigan (1995) explica que a “*percepção do risco*” é influenciada pelas oportunidades de vida dos atores sociais. Nesse sentido, considerando o nível educacional dos pesquisadores, isso interferiu na concepção da eutrofização e as florações tóxicas dos reservatórios como um “*risco ambiental*”, desse modo, as “*influências pessoais*” atuaram fortemente para disseminação da problemática por meio de diferentes ações que envolveram: pesquisas acadêmicas, com a rede de interação entre os pesquisadores, os quais publicaram seus achados em periódicos científicos, decorrentes dos investimentos em pesquisas científicas, o que impulsionou à formação de recursos humanos especializados na área, foram desenvolvidas ações formativas, tais como, cursos, palestras, oficinas com iniciativas de divulgação científica e audiências públicas com a população do semiárido.

Diante da análise documental, foram encontrados 40 projetos de pesquisa em qualidade de água, na interface da eutrofização, de modo que a maioria dos pesquisadores são vinculados ao Centro de Biociências (76%), seguido do Centro de Tecnologia (19%), ambos da UFRN, enquanto 5% não especificaram o vínculo à instituição proponente. Essas pesquisas foram fundamentais na elucidação das interações ecológicas, dos microrganismos de interesse ambiental e seus efeitos nos ecossistemas aquáticos, a partir da poluição ambiental por cargas difusas, fazendo uso de diferentes estratégias metodológicas, tais como, uso de bioensaios em mesocosmos, identificação, isolamento e cultivo de cepas tóxicas, identificação metagenômica, técnicas em modelagem ecológica como sistema preditivo em cenários de escassez hídrica, ações de divulgação científicas, entre outros.

Nesse sentido, essas pesquisas só foram possíveis por meio do financiamento, com fundos de investimento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e bolsas de fomento à pesquisa da UFRN, que subsidiaram o desenvolvimento dos seguintes projetos: PELD, CT-Hidro, CT-Saúde, CianoTox e outros. Especificamente no contexto do projeto CT-

Hidro (edital MCT-INSA/CNPq/CT-Hidro/Ação Transversal N° 35/2010), muitas ações de divulgação científica e materiais educativos foram elaborados pelos pesquisadores e alunos de pós-graduação, para dar visibilidade aos aspectos da qualidade de água e auxiliar na formação da percepção da população, dessa forma foram gerados diversos produtos socioeducativos, disponibilizados no *site* “Mergulhando Ciência no Semiárido” (<http://mergulhandocienciasnosemiarido.weebly.com/>), que por meio da produção e publicação de materiais científicos, culturais e educacionais, tinha como objetivo contribuir para consolidar a importância do tema da conservação, restauração e uso racional dos recursos naturais no semiárido brasileiro, bem como para o desenvolvimento sustentável dessa região (QUADRO 3). Destaca-se que esses materiais didáticos foram utilizados em cursos de capacitação com docentes, agentes de saúde, profissionais do IGARN, CARN, pescadores, oficinas com alunos e em audiências públicas.

Quadro 3 - Instrumentos elaborados para dar visibilidade à problemática da qualidade da água no contexto do semiárido potiguar.

Tipo de material	Título
<i>Site</i>	Mergulhando Ciência no Semiárido
Palestra/Capacitação	Eutrofização das nossas águas
	Características Ecológicas dos Açudes (Reservatórios) do Semiárido
	Comunidades Aquáticas
	Qualidade de água
	Como estudar a qualidade de água de maneira simplificada?
História em quadrinhos	Eutrofização: Nossas águas cada vez mais verdes
Jogos educativos	Jogo de tabuleiro sobre biodiversidade brasileira, Jogo de cartas para trabalhar introduzir discussões sobre doenças de veiculação hídrica, Jogo de cartas para sensibilização ambiental, e outros.
Materiais paradidáticos	Materiais com temas diversos: Zooplâncton, Protozoários, Doenças de veiculação hídrica, Genotoxicidade, Disputa desigual, Recortes da caatinga, semiárido na Literatura, entre outros.
Artigos	Comunidades microbianas (bacterioplâncton e protozooplâncton) em reservatórios do semiárido brasileiro (ARAÚJO; COSTA, 2007); Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela Tilápia do Nilo (PANOSSO et al., 2007) Impactos da introdução da tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga (ATTAYDE et al. 2007); Composição da comunidade zooplancônica em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007); Águas potiguares: oásis ameaçados (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006);

Fonte: <http://mergulhandocienciasnosemiarido.weebly.com/>

Foram encontradas 17 ações de extensão universitária, que reportavam aspectos da presente temática inquerida no contexto do semiárido, de modo que a proporção de ações por unidades proponentes da UFRN ficou distribuídas da seguinte maneira: 88% do Departamento

de Microbiologia e Parasitologia, 6% do Departamento de Oceanografia, 6% do Departamento de Botânica e Zoologia, todos vinculados ao Centro de Biociências. As principais ações desenvolvidas como forma de mitigação da problemática foram: Projetos (41%), Cursos (35%), Programas (12%) e Eventos (2%).

Isso se explica pelo fato de existir um grupo de professores vinculados ao PRODEMA, que vêm desenvolvendo um programa de desenvolvimento, implantando e desenvolvendo projetos há mais de 10 anos na região semiárida do RN, em parceria com outros pesquisadores e seus alunos de pós-graduação, sob o fomento das agências de pesquisa anteriormente citadas, embora tenha se observado uma diminuição nos últimos anos, em decorrência dos baixos investimentos científicos na área.

Essa problemática da eutrofização dos corpos d'água do semiárido potiguar vem sendo alvo de investigações há mais de 20 anos. De acordo com a revisão bibliográfica, o primeiro trabalho reportando os “*riscos ambientais*” das florações tóxicas da comunidade fitoplanctônica na Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, foi realizado por Costa et al., (1998) no reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, onde se evidenciava a correlação da clorofila-*a* e a produtividade primária apontando para o aumento da biomassa algal e dominância de cianobactérias, com o registro de espécies potencialmente tóxicas.

A “*influência pessoal*” dos autores foi um elemento decisivo para o despertar do interesse de outros pesquisadores e a formação de recursos humanos para treinamento e/ou gerenciamento de novas pesquisas nessa área, o que levou posteriormente à consolidação de uma base de pesquisa envolvendo os estudos de microrganismos de interesse ambiental, atualmente, representada pela equipe de pesquisadores vinculados ao Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAq), no Centro de Biociências, da UFRN. Contudo, essa instituição de ensino superior possui outro grupo de pesquisa, vinculada ao Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA), que tem sido responsável pela maior parte das produções científicas nos últimos anos, de modo que tem contribuído para visibilidade da problemática das florações tóxicas associadas à eutrofização. O LARHISA está localizado no Centro de Tecnologia da UFRN. Vale mencionar que todas as produções científicas analisadas no presente manuscrito são frutos desses dois grupos de pesquisa (QUADRO 1).

Observou-se que ambos os centros de pesquisa têm investido na formação de recursos humanos, em níveis de mestrado e doutorado, principalmente nos programas de pós-

graduação, em que os pesquisadores pioneiros são e/ou foram vinculados, a saber, Ecologia, Engenharia Sanitária e Ambiental, Ciências Biológicas e Desenvolvimento e Meio Ambiente, todos da UFRN. Além disso, registra-se o papel de um programa externo, o de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) que contribuiu na formação dos primeiros pesquisadores do estado com o nível de doutorado, na linha de pesquisa em Microbiologia Ambiental na interface da qualidade de água.

No levantamento das dissertações/teses do PRODEMA verificou-se o nível de preocupação dos pesquisadores em dar visibilidade a problemática da poluição da água, e as alterações nas comunidades de microrganismos dos reservatórios estudados. Nesse sentido, há a preocupação de incorporar nas suas respectivas pesquisas, ações educativas como uma das possibilidades de formação de diferentes atores sociais, em uma perspectiva crítica, como forma de auxiliar na construção da percepção ambiental em torno dos riscos ambientais da poluição hídrica, subsidiando ações sociopolíticas com a população do semiárido.

O mapeamento dessas dissertações/teses apontou a existência de 12 trabalhos, todos correspondiam as pesquisas em nível de mestrado, que foram recuperados para descrição das ações desenvolvidas no contexto do semiárido, como forma de mitigar à problemática. Diante disso, foi observado que, inicialmente, as pesquisas reportavam outros microrganismos de interesse ambiental, destacando aspectos da perda da qualidade da água e suas respectivas ações de sensibilização ambiental, em seguida com a entrada de mais uma pesquisadora no PRODEMA, especialista em ecologia do fitoplâncton, com ênfase em cianobactérias, as pesquisas passaram a incorporar, de modo mais completo, uma gama de populações microbianas como discriminadores ambientais.

A exemplo disso, em uma sequência cronológica, constatou-se a contribuição da pesquisa de Sodré-Neto (2008) que investigou aspectos da dinâmica de bacterioplâncton no reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, e discutiu a importância da socialização da temática da qualidade de água no semiárido, especificamente, nos municípios de Itajá e São Rafael, abrangendo o público em geral e professores. Às estratégias didáticas empregadas consistiram em um seminário para divulgação científica, do nível de qualidade da água desse reservatório, com o grupo de professores, foi realizada uma oficina prática sobre os métodos de estudos da água, empregaram-se diferentes materiais laboratoriais e uso de modelos didáticos, em seguida, foram mapeadas as concepções ambientais desses

docentes sobre os elementos discutidos nessa ação.

Amorim (2010) realizou a elaboração de um barômetro da sustentabilidade para o município de Caicó, e o estudo da comunidade de dinoflagelados e bacterioplâncton associados às variáveis limnológicas. Ademais, como ação para remediar os efeitos adversos da problemática inquerida, a pesquisadora usou jogos para dar suporte à discussão das doenças de veiculação hídrica nesse município. Na oportunidade, efetuou uma investigação da impressão dos professores sobre esses materiais didáticos como instrumento de divulgação científica.

Dantas (2010) efetuou sua intervenção com o estudo de morfotintorial e bioquímico de bacterioplâncton, potencialmente patogênico, com ênfase na família *Enterobacteriaceae* no reservatório Boqueirão de Parelhas, e fez o levantamento das concepções prévias de docentes do ensino básico, sobre o tema qualidade de água e os aspectos microbiológicos.

Nascimento (2011) averigou a ocorrência de bactérias oportunistas no reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, e caracterizou epidemiologicamente as doenças diarreicas em diferentes municípios do semiárido. A intervenção da pesquisadora se deu com agentes de saúde e professores dos municípios de Itajá e São Rafael, de modo que mapeou as concepções prévias, sobre esses microrganismos e seu potencial de efeito na saúde humana, na interface com a questão da qualidade de água. Nesse sentido, foi aplicada uma cartilha educativa com esses profissionais, como medida de sensibilização e divulgação científica.

Medeiros (2012) inquiriu sobre a diversidade e distribuição espaço-temporal de protozoários de vida livre no reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, e investigou as concepções alternativas de professores e alunos, sobre as temáticas da água, relacionados também com esses microrganismos.

Contudo, Peixe (2017) trabalhou a partir da aplicação de uma técnica em biologia molecular, de modo a caracterizar a diversidade metagenômica da diversidade microbiana no reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves. A pesquisa também envolveu a aplicação de um curso com professores nos municípios do Acari e Parelhas, com intenção de discutir informações e auxiliar na formação dos docentes da educação básica, a partir da divulgação científica sobre aspectos da biotecnologia e suas aplicações, de modo a incentivá-los e encorajá-los a usarem estratégias diversificadas e articuladas com a temática da água, sob a perspectiva da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino de Ciências.

Pinheiro (2017) também fez uso das técnicas de identificação metagenômica, assim,

investigou a diversidade de Enterobactérias potencialmente nocivas no reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, efetuou um levantamento epidemiológico de doenças diarreicas e de percepção com agentes de saúde e professores de ciências e biologia, nos municípios de Assu, Acari e Parelhas, a fim de identificar concepções e o modo de atuação objetiva desses atores diante do tema. Entre as estratégias didáticas, mobilizadas para a divulgação científica, observaram-se palestras, oficinas, discussões e elaboração de um livro paradidático para exposição e sensibilização em torno do assunto.

Tratando, especificamente, sobre a comunidade fitoplanctônica, Silva (2013) investigou aspectos da ecologia algal, a partir do biomonitoramento do estado ecológico, variação vertical e nictemeral dos grupos funcionais fitoplanctônicos, e desenvolveu um estudo sobre a caracterização da percepção ambiental da população de Pau dos Ferros, sobre a importância da qualidade de água e sua relação com a saúde humana, formas de contaminação, cianobactérias, cianotoxinas e formas de atuação cidadã, compreendendo como público-alvo, professores, alunos e público não escolar.

Vieira (2013), por sua vez também realizou sua investigação sobre a dinâmica da comunidade fitoplanctônica, com ênfase, em cianobactérias no reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, nos municípios de Itajá, São Rafael e Jucurutu. A ação educativa como alternativa de mitigação, a pesquisadora fez aplicação de uma cartilha educativa como material de divulgação científica, para auxiliar na construção da percepção socioambiental de estudantes sobre a eutrofização desse reservatório.

Nesse sentido, Fonseca (2014) também realizou a avaliação do potencial tóxico das florações de cianobactérias, com ênfase na determinação de microcistina e saxitoxinas nos reservatórios Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Itans, Passagem das Traíras e Gargalheiras. No intuito de subsidiar ações da administração pública ambiental e de saúde, a pesquisadora investigou a percepção de pescadores e aquicultores, sobre os efeitos da poluição dos ecossistemas aquáticos do semiárido, desencadeada pelas intervenções antropogênicas no meio ambiente.

A dissertação de Rego (2017) empregou técnicas de biomonitoramento tradicionais por microscopia óptica, revelando aspectos da ecologia do fitoplâncton em cinco ecossistemas aquáticos, e análise da diversidade metagenômica de cianobactérias para identificação de genes codificadores de cianotoxinas no reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, em cenário de seca extrema.

Ademais, aplicou uma oficina sobre a eutrofização com alunos de uma escola de Acari, com a intenção de auxiliar na ampliação do letramento científico desses discentes para uma formação cidadã. Para isso, foi elaborada uma sequência de ensino usando metodologia de ensino por investigação e uso de materiais didáticos diversos, para ajudar na formação do pensamento crítico dos participantes dessa intervenção.

Em todas as pesquisas anteriormente citadas, foram apontadas algumas fragilidades de compreensão sobre aspectos da poluição ambiental e o efeito na comunidade microbiana. Portanto, de acordo com perspectiva de Hannigan (1995), a “*influência pessoal*” dos pesquisadores citados ao longo deste trabalho contribuiu na difusão dos dados sobre a comunidade fitoplanctônica e os problemas ambientais atrelados a essa temática, inclusive, subsidiaram na formação de novos pesquisadores. No levantamento das dissertações/teses as primeiras pesquisas estavam centradas em bacterioplâncton e só depois passou a investigar o fitoplâncton.

Com base nos dados apresentados, o forte interesse no estudo da comunidade fitoplanctônica foi influenciado pela tragédia em Caruaru, que ocorreu no Estado de Pernambuco em 1996. Nesse sentido, vários pacientes de uma clínica de hemodiálise vieram a óbito pela ação de uma microcistina que estava presente na água. As análises realizadas nas águas do reservatório que abasteciam o município mostraram a alta dominância da espécie responsável pela liberação da toxina, *Raphidiopsis raciborskii* (MOURA et al., 2018).

A elucidação desse caso contribuiu significativamente para o aumento das pesquisas acadêmicas envolvendo a temática em reservatórios de abastecimento público (Moura et al., 2018). Esse evento levou a formulação de dispositivos jurídicos que norteiam a investigação da comunidade fitoplanctônica, impondo os limites máximos permitidos por lei.

Sendo assim, como mencionamos anteriormente, atualmente, existe a Resolução do CONAMA Nº 357/2005 que impõe o limite máximo de densidade de cianobactérias até 50 mil células por mililitro para reservatórios de Classe 2 (CONAMA, 2005). Enquanto a Portaria de Consolidação Nº 5/2017 descreve que a partir de 20 mil células por mililitro, deve-se adotar como medida preventiva o acompanhamento periódico das florações de algas e a mensuração semanal das concentrações de cianotoxinas nas águas no ponto de captação (BRASIL, 2017).

De acordo com a perspectiva sociológica adotada neste trabalho, esse trágico evento é conhecido como “*acidente normal*” (HANNIGAN, 1995). Logo, as pesquisas envolvendo o

estudo de microrganismos aquáticos potencialmente tóxicos teve maior notoriedade (MOURA et al., 2018).

No contexto do Rio Grande do Norte, as maiores contribuições na elucidação dos efeitos da comunidade fitoplanctônica e a ocorrência de cianotoxinas nas águas da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu foram realizados pelos pesquisadores citados no Quadro 1, em que são destacados os principais elementos de evidência do risco ambiental e as suas respectivas contribuições teóricas.

Nesse sentido, foi apontado na literatura que os efeitos das ações antrópicas têm contribuído significativamente para um cenário eutrófico nos reservatórios do Rio Grande do Norte (COSTA et al., 2009; FONSECA et al., 2015; VIEIRA et al., 2015) e que os eventos climáticos que provocam a redução da precipitação no Nordeste brasileiro potencializam os efeitos do crescimento da biomassa algal, levando a dominância de cianobactérias e liberação de cianotoxinas (BRAGA; BECKER, 2020; REGO et al., 2020).

Contudo, partindo da “*definição social do risco*” de Hannigan (1995), podemos classificar a eutrofização artificial dos corpos d’água da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu como sendo o “*objeto*” que impetra os riscos. Em contrapartida, as descrições dos efeitos nocivos do *bloom* de algas nos reservatórios são vistas como “*prejuízo*”.

Entre estes, destaca-se os principais riscos ambientais: a poluição e contaminação da água, com a perda da sua qualidade, alterações na sua coloração, com possibilidade de presença de sabor e odor forte, redução da biodiversidade aquática dos corpos d’água eutróficos, aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que causa mortalidade dos peixes e outros organismos, além de outros aspectos destacados pelas produções científicas (COSTA et al., 1998; CHELLAPPA; COSTA, 2003; COSTA et al., 2006; 2009; PANOSSO et al., 2007; CHELLAPPA et al., 2008^{a; b}; MENEZES et al., 2010; ESKINAZI-SANT’ANNA et al., 2013; FONSECA et al., 2015; VIEIRA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2015; CÂMARA et al., 2015; COSTA et al., 2015; ROCHA-JÚNIOR et al., 2018; COSTA et al., 2018; REGO et al., 2020; BRAGA; BECKER, 2020).

De acordo com os dados apresentados, tendo como base as informações coletadas nas pesquisas científicas, é possível inferir que os riscos sociais são principalmente de natureza política e econômica, a saber, risco de interrupção do abastecimento doméstico da água, caso as concentrações de cianotoxinas presentes na água estejam acima dos valores máximos permitidos, potencial de efeito negativo à saúde humana da população, exposta as

concentrações subletais das cianotoxinas, conflitos de interesse pela disponibilidade e qualidade da água para usos múltiplos entre os municípios do estado do RN.

Na perspectiva de Hannigan (1995), o “*sistema articulado*”, nesses casos, atuam na elucidação da problemática, apontando a relação casual de efeito entre o “*objeto*” que impõe o risco e o “*prejuízo*” decorrente da ação desse “*objeto*”. Portanto, as principais contribuições das pesquisas científicas estão caracterizadas como “*sistema articulado*”.

No caso do presente estudo, a ênfase está centrada nos riscos da eutrofização artificial que tem contribuído para a floração e dominância de espécies de cianobactérias potencialmente tóxica e seus efeitos socioambientais. Essa relação das causas e efeitos são visualizadas pela literatura pertinente, que descreve os motivos que levam à eutrofização e seus efeitos na comunidade aquática, especialmente, na comunidade fitoplanctônica, decorrentes da poluição antrópica difusa, principalmente efluente doméstico, pela ineficiência e/ou inexistência de saneamento básico nos municípios do semiárido potiguar; cargas poluidoras industriais e uso de fertilizantes para atividades agropastoris (COSTA et al., 2009; FONSECA et al., 2015).

Ainda nessa perspectiva, dados oriundos de outros pesquisadores contribuem em novos apontamentos que não foram reportados nos trabalhos analisados nesta revisão. Dentre as novas informações foi possível revelar que algumas espécies de cianobactérias contribuem significativamente para a liberação de gás metano (CH₄), em condições de presença e ausência de radiação solar, óxido e anóxica, embora esse processo tenha sido descrito apenas para algumas espécies do domínio das *Arqueas*. É relatado, inclusive, que o aquecimento global pode elevar os níveis de eutrofização nos ambientes limnológicos de todo o planeta, configurando-se como uma alça de retroalimentação positiva para o crescimento de cianobactérias (BIŽIĆ et al., 2020), isso pode ser caracterizado como outro “*prejuízo*” ambiental na perspectiva de Hannigan (1995).

Dados revelados apontam ainda que pode existir uma relação entre as concentrações de saxitoxina (neurotoxina) presente nas águas dos reservatórios do Nordeste brasileiro como uma das responsáveis pela co-indução de malformações cerebrais em recém-nascidos que foram infectados pelo surto do vírus Zika que ocorreu entre 2012 a 2016. A pesquisa demonstrou que a presença da espécie de cianobactéria *Raphidiopsis raciborskii*, conhecida por seu potencial produção de saxitoxina, nos reservatórios da região, pode ter desempenhado um papel significativo na deterioração das células neurais. Essa ocorrência, por sua vez, é um

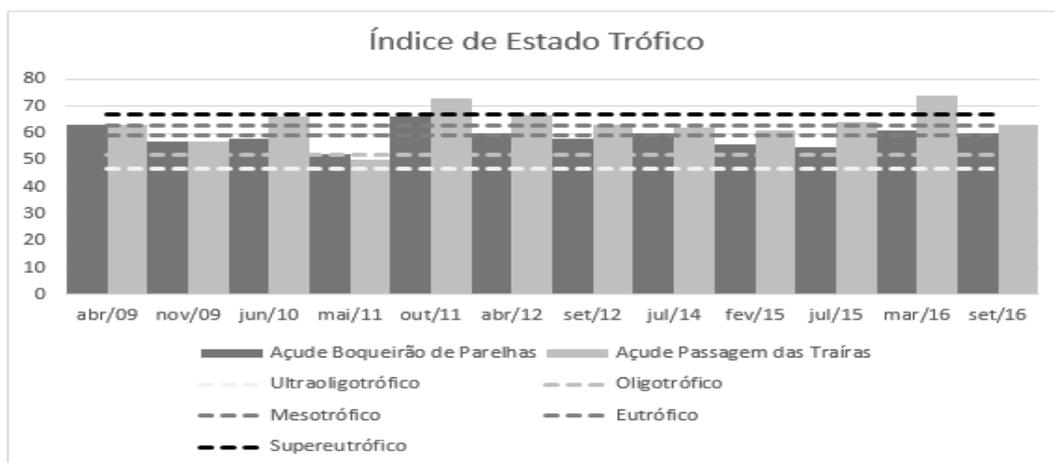
fator contribuinte para o comprometimento do desenvolvimento cerebral em bebês expostos às águas contaminadas. (PEDROSA et al., 2020), sendo que essa informação não foi apontada nos estudos avaliados.

Como podemos observar, as “*áreas de construção de riscos*” têm como “*arenas sociais*” espaços escolares de educação básica, espaços não escolares, audiências públicas com a comunidade civil e os ambientes acadêmicos marcados, principalmente, pelos núcleos de pesquisadores que estão trabalhando nas instituições públicas de ensino superior do Rio Grande do Norte, a saber, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e UFRN, sendo esta última, a responsável pela produção científica até o momento, como foi demonstrado na revisão da literatura (QUADRO 1).

Além disso, também estão presentes nesse contexto outros órgãos públicos, como o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMPARN), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA) e Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) (IGARN 2016).

Todos esses órgãos realizaram entre os anos de 2008 a 2016 uma ação conjunta para monitoramento da qualidade das águas no estado do RN. O projeto foi conhecido como Programa Água Azul. De modo a evidenciar algumas contribuições desse projeto no contexto da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, foram destacados a seguir, os dados históricos compilados para dois reservatórios (Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas), embora as campanhas de acompanhamento envolvessem uma quantidade maior de reservatórios, incluindo outras bacias hidrográficas do estado.

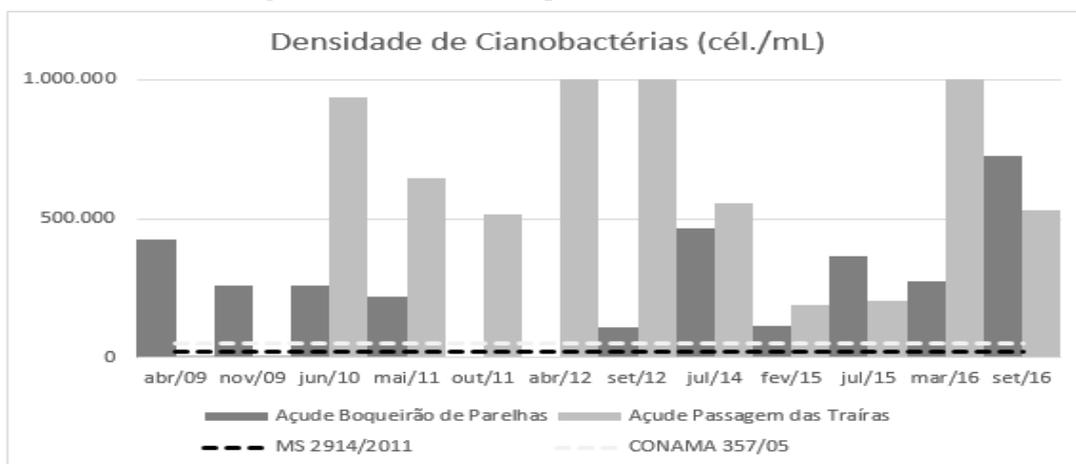
Assim, de acordo com os dados históricos de monitoramento do reservatório Passagem das Traíras, o ecossistema apresentou média eutrófica entre os anos de 2009 e 2016, com maior comprometimento no ano de 2016 que atingiu a marca hipereutrófica (IGARN, 2016) (FIGURA 2). Já o reservatório Boqueirão de Parelhas obteve média mesotrófica, com períodos eutróficos nos anos de 2014 e 2016. Vale mencionar que o projeto teve início em 2008, mas os dados de ITE e análise das densidades populacionais de cianobactérias só foram iniciadas no ano seguinte (2009).



Fonte: IGARN (2016).

Os dados sobre o histórico da densidade populacional de cianobactérias se mostraram superiores ao recomendado pela Portaria de Consolidação Nº 5/2017 (antes normatizada pela Portaria Nº 2.914/2011) (BRASIL, 2017) e a Resolução do CONAMA 357/2005 (CONAMA 2005), com 1.179.389 cél./mL no reservatório Passagem das Traíras (FIGURA 3). Teve predominância de espécies potenciais produtoras de cianotoxinas, a saber, *Raphidiopsis raciborskii*, além de outras duas espécies que não foram reportadas no *check-list* de Panosso et al., (2007), *Planktolyngbya minor* e *Planktotrix agardhii*. As concentrações desses microrganismos estavam acima do permitido em quase todas as amostras coletadas durante os anos amostrados (IGARN, 2016) (FIGURA 3).

Figura 3 - Evolução temporal da concentração de cianobactérias nos reservatórios Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas.

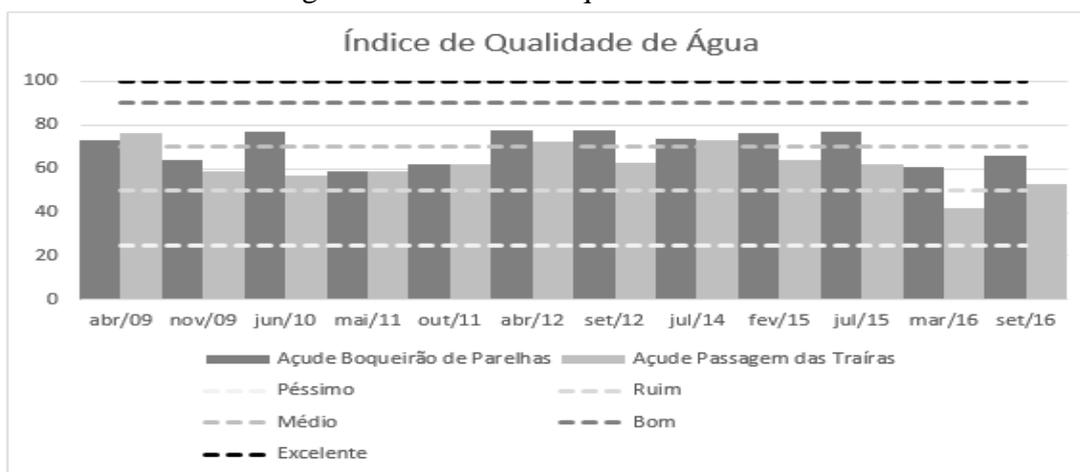


Fonte: IGARN (2016).

As concentrações de cianobactérias do reservatório Boqueirão de Parelhas também estiveram em desconformidade com o que é preconizado nas legislações pertinentes (CONAMA, 2005; BRASIL, 2017), com média de densidade de 352.088 cél./mL (FIGURA 3). Os anos de maior comprometimento foram entre 2008-2009 e 2012-2015. Os dados oriundos das análises apontaram que houve a predominância de *Raphidiopsis raciborskii*, *Aphanizomenon gracile*, *Aphanocapsa kordersii* e *Planktolyngbya minor* (IGARN, 2016).

Verificou-se que no reservatório Passagem das Traíras o Índice de Qualidade da Água (IQA) se mostrou na categoria “médio” durante boa parte do período analisado no estudo, tendo os seus valores comprometidos pela elevada DBO, sólidos totais, fósforo total e pH (IGARN, 2016) (FIGURA 4).

Figura 4 - Variação temporal do Índice de Qualidade da água (IQA) nos reservatórios Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas.



Fonte: IGARN (2016).

A média histórica do IQA no reservatório Boqueirão de Parelhas foi classificado como “bom”, no qual os índices foram reduzidos pela concentração elevada de sólidos totais, elevada DBO, coliformes termotolerantes, de modo que as atividades agrárias podem ter contribuído para redução nos valores correspondentes à qualidade (IGARN, 2016).

De acordo com os dados de monitoramento dos reservatórios pertencentes a Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, todos estavam em estado de eutrofização, de modo que esse processo foi visualizado em outras bacias do semiárido potiguar (IGARN, 2016), como, por exemplo, os Reservatórios pertencentes à Bacia do Rio Apodi-Mossoró que não foram

abordados no presente estudo.

Considerando as informações de Braga e Becker (2020) e Rego et al., (2020), os reservatórios estiveram submetidos aos efeitos de uma seca severa que ocorreu durante os anos correspondentes aos períodos que estes reservatórios foram monitorados pelo IGARN (2016), de modo que os regimes pluviométricos se mostraram baixos em função do *El Niño*.

Conforme demonstrado, a eutrofização artificial é resultado da intervenção humana no ambiente (CHEN et al., 2016). Essa intervenção ocorre por meio de diversas atividades, como o lançamento de efluentes domésticos, práticas agropastoris que envolvem o uso de fertilizantes e a perda de vegetação ribeirinha devido ao rápido processo de urbanização. Nesse sentido, essas ações antrópicas são características de uma lógica econômica capitalista industrial, impulsionada pela ideologia neoliberal, que acarreta a amplificação dos riscos sociais e ambientais. (BECK, 2011; ANA 2018). Esses processos de poluição por cargas difusas foram apontados nas literaturas analisadas (COSTA et al., 2009; FONSECA et al., 2015; REGO et al., 2020)

O emprego dos dados do Programa Água Azul, revelam em certa medida, uma preocupação com esse problema ambiental (eutrofização artificial e as florações tóxicas com perda da qualidade de água) no território do Rio Grande do Norte. No entanto, pensar na “*formulação dos riscos ambientais*” decorrentes disso, é uma tarefa que exige um esforço em reunir e analisar os apontamentos efetuados pelos atores sociais, que nesse caso são frutos das ações de pesquisa e extensão que culminaram com as produções científicas dos pesquisadores que contribuíram na formulação e elucidação dessa problemática, assim como, pelas parcerias firmadas entre diferentes órgãos que levaram a elaboração do maior programa de monitoramento ambiental das águas no território potiguar, Programa Água Azul, que se encontra interrompido.

Os exemplos de dados destacados pelas informações históricas dos reservatórios Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras (IGARN, 2016; ANA 2018), bem como, a literatura pertinente citada anteriormente, demonstram que as “*arenas sociais*” estão basicamente restritas a ambientes de atuação política, isso fica evidente pela ação dos órgãos públicos estaduais (IGARN, EMPARN, IDEMA e SEMARH), enquanto os pesquisadores vinculados às instituições públicas de ensino recorrem aos periódicos científicos para disseminar os “*riscos ambientais*” decorrentes da eutrofização dos corpos de água do estado do RN, mas também fizeram uso de outros espaços para dar visibilidade ao problema da

poluição das águas.

Em relação aos “*papeis genéricos*”, é possível inferir a partir da definição de Hannigan (1995) que os “*portadores de risco*” são vítimas que arcam com os custos diretos de trabalhar e viver em um ambiente perigoso. Neste caso, a população que vive e depende das águas desses reservatórios pode ser enquadrada nessa categoria.

Por outro lado, “*os defensores dos portadores de risco*” usam os espaços de discussões teóricas e lutam pelos direitos das vítimas (HANNIGAN, 1995, p. 135), nesse sentido, os pesquisadores entram nessa categoria, fazendo parte também da classe de “*ajudantes*” e “*profissionais de risco*”, por reunir provas substanciais que mostram os efeitos nocivos da eutrofização e as alterações na comunidade fitoplanctônica, sobretudo, a relação com o potencial risco de interrupção do abastecimento doméstico, possibilidade de comprometimento da saúde humana e ambiental.

Para isso, os pesquisadores usam da sua competência comunicativa para produzir argumentos que deem suporte para disseminar as informações sobre o tema durante as suas pesquisas de pós-graduação e nos periódicos científicos, que na perspectiva de Hannigan (1995), esses espaços são vistos como “*arena*” de debate.

No entanto, os pesquisadores fazem uso de outros espaços (*arenas*), como foi possível perceber na análise das dissertações/teses, onde esses agentes fazem uso de espaços educacionais para divulgação científica, dessa maneira, auxiliar na formação de professores e estudantes da educação básica, também utilizam outros ambientes não educacionais para envolver agentes de saúde, pescadores e outros membros da sociedade civil, subsidiando a formação do pensamento, crítico para atuação sociopolítica dessa população exposta aos riscos (SODRÉ-NETO, 2008; AMORIM, 2010; DANTAS, 2010; NASCIMENTO, 2011; MEDEIROS, 2012; PEIXE, 2017; PINHEIRO, 2017; SILVA, 2013; VIEIRA, 2013; FONSECA, 2014; REGO, 2017).

Considerando os elementos anteriormente apresentados, os órgãos públicos do Estado são responsáveis também pela divulgação dessa problemática, sendo identificados, na perspectiva de Hannigan (1995), como “*informadores do risco*” e “*amplificadores das questões*”, por reforçar e incentivar uma investigação ainda maior por parte dos “*defensores dos portadores de risco*” (os pesquisadores acadêmicos).

As empresas instaladas no entorno dos reservatórios, tais como, as de carcinicultura e as que desenvolvem atividades agropastoris, bem como, os próprios representantes das

prefeituras que negligenciam o tratamento do efluente doméstico, mediante a carência ou ineficiência do saneamento básico nos municípios, podem ser identificados como os “*geradores de risco*”, em função dos impactos ambientais que causam nos corpos hídricos (HANNIGAN, 1995).

Os “*árbitros do risco*” podem ser descritos como os responsáveis pela criação dos dispositivos jurídicos que definem as diretrizes da problemática. Portanto, dentro dessa perspectiva da eutrofização artificial, destaca-se o Ministério da Saúde e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na regulamentação e atuação pública no controle microbiológico e limnológicos dos corpos de água no âmbito brasileiro (HANNIGAN, 1995; CONAMA, 2005; BRASIL, 2017).

Os “*movimentos de feedback*” atuam na amplificação ou atenuação dos problemas decorrentes das florações de algas, pode-se destacar as ações governamentais, que em certa medida incentivam as pesquisas ou podem coibir, como foi o caso do Programa Água Azul, que teve o incentivo do Governo do Estado do RN em um primeiro momento, mas que depois veio a ser paralisado pela ausência de investimento financeiro (HANNIGAN, 2000; IGARN, 2016; ANA, 2018).

Se partir do entendimento de que as florações potencialmente tóxicas são categorizadas como questão de ordem ambiental, de acordo com as premissas de Porto-Gonçalves (2004), é possível afirmar que estamos diante de uma temática que exige seriedade, compromisso ético e político para enfrentar os prejuízos decorrentes dessa intervenção irracional dos recursos naturais do semiárido potiguar.

A análise sociológica empregada neste trabalho aponta que os atores sociais (pesquisadores, órgãos públicos juntos com parte da sociedade civil) vêm ao longo dos anos denunciando os efeitos adversos da eutrofização e os potenciais riscos atrelados às florações de cianobactérias que interferem na qualidade ambiental e efeitos na saúde humana.

Para isso, tem contribuído fortemente na divulgação das informações por meio de ações educativas e na implantação de um programa permanente de formação da população, demonstrando, assim, os danos sociais, econômicos e ambientais que acontecem em função da incapacidade técnica de conseguir prever ou solucionar os problemas que podem, eventualmente, surgir (PORTO-GONÇALVES, 2004).

É notório que as bases técnicas-científicas são incapazes de solucionar todos os riscos socioambientais associados à eutrofização, como foi descrito anteriormente, por isso, que é

preciso repensar a lógica neoliberal que impulsionam a produção de riscos, na mesma medida em que geram lucros e os modelos de “(des) envolvimento” para a região semiárida do RN.

Diante dessa perspectiva da crise ecológica da eutrofização, as ideias de Sachs (2008) têm impulsionado e culminado com a ascensão de uma nova forma de racionalidade, uma que equaciona os processos produtivos, respeitando os interesses e bem-estar sociais e ambientais.

Nesse sentido, esses processos argumentativos dos atores sociais, ao reportar os efeitos adversos da eutrofização como “movimentos subjetivos”, de modo que ao argumentar os danos sociais e ambientais das florações tóxicas, existe em certa medida o interesse em denunciar as situações de desigualdade ambiental, que permeiam a questão aqui analisada. Por conseguinte, novas parcerias vão se consolidando como aliança política para discussão da problemática, como foi o caso do Programa Água Azul, que teve parceria de vários órgãos públicos (IGARN, 2016).

Esses processos argumentativos, sobretudo, formativos encabeçados pelos pesquisadores da área têm almejado à justiça socioambiental (ACSELRAD, 2002), uma vez que a produção e a distribuição dos riscos não afetam de formas iguais às classes sociais em um primeiro momento, ou seja, as populações mais vulneráveis sentem os efeitos negativos desse problema de formas diferentes das populações com acesso aos serviços básicos, como, saneamento, saúde, educação, etc. (HANNIGAN, 1995).

Os dados apresentados por Pedrosa et al. (2020) demonstram essa distribuição desigual dos riscos associados à contaminação por saxitoxina, de maneira que as populações mais afetadas por casos de microcefalia encontravam-se em regiões onde havia a confirmação de contaminação e, sobretudo, tratava-se de localidades mais vulneráveis economicamente.

Os impactos ambientais que resultam na eutrofização e nas florações potencialmente tóxicas dessa região representam riscos de efeito bumerangue. Dessa forma, esses riscos apresentam consequências latentes, que inevitavelmente afetam todas as classes sociais, seja de maneira direta ou indireta, resultando em prejuízos econômicos, sociais, culturais, ambientais e políticos que precisam ser reparados por aqueles que geraram os riscos. Portanto, o real poder social da argumentação, que tem incentivado as ações no contexto do semiárido potiguar, em torno dos riscos socioambientais está pautado no grau de ameaça, com a iminência da concretização dos riscos sociais que pode vir a ocorrer no futuro, ou seja, configura-se um risco iminente de concretização com danos graves (BECK, 2011), como

demonstramos pela produção da visibilidade sociológica dos riscos ambientais da eutrofização, inclusive, fazendo projeções a partir dos efeitos das mudanças climáticas (BRAGA; BECKER, 2020).

4. CONCLUSÃO

Considera-se que a “*formulação social dos riscos ambientais*” decorrentes da eutrofização artificial no contexto do semiárido do Rio Grande do Norte ocorreu mediante a atuação de pesquisadores que tiveram sua atenção voltada aos efeitos negativos de florações de algas potencialmente tóxicas, principalmente, reforçadas pelo trágico evento que ocorreu no município de Caruaru/PE.

Os dados da literatura destacam vários riscos: a poluição e contaminação da água, com a perda da sua qualidade, alterações na sua coloração, com possibilidade de presença de sabor e odor forte, redução da biodiversidade aquática dos corpos d’água eutróficos, aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que causa mortalidade dos peixes e outros organismos, além de outros aspectos destacados pelas produções científicas. De modo que isso repercute na formação de riscos sociais, a saber, risco de interrupção do abastecimento doméstico da água à população, caso as concentrações de cianotoxinas presentes na água estejam acima dos valores máximos permitidos pela legislação, potencial efeito negativo à saúde humana da população, exposta as concentrações subletais das cianotoxinas, conflitos de interesse pela disponibilidade e qualidade da água para usos múltiplos entre os municípios do estado do RN.

Observou-se o empenho dos pesquisadores, não só na formulação dos riscos atrelados às florações tóxicas, mas também no desenvolvimento de ações para sua mitigação, a partir da elaboração de projetos de pesquisa, que receberam financiamento dos principais órgãos de fomento à pesquisa do Brasil, que incentivou à formação de recursos humanos, com novos especialistas no estudo da qualidade de água, na interface com a microbiologia ambiental em nível de pós-graduação *stricto sensu*, capacitação profissional com professores, técnicos do IGARN e CARN, projetos de divulgação científica, usando sequências didáticas, atividades lúdicas, produção de materiais didáticos e paradidáticos, *sites*, cartilhas, palestras, oficinas com alunos e outros seguimentos da sociedade civil, essas iniciativas ocorreram principalmente por meio das ações de extensão.

No entanto, pode-se inferir que a população ainda carece de mais informações sobre os riscos aos quais estão expostos, necessitando da ampliação da percepção ambiental em relação ao tema, que como foi demonstrado por alguns levantamentos, há fragilidades de compreensão dos aspectos ligados à eutrofização dos reservatórios a partir das cargas difusas e outros impactos ambientais, o que resulta em uma problemática, em certa medida secundarizada, sendo importantes essas ações de divulgações científicas, para diminuição do nível de ocultamento da temática, para os demais membros da comunidade civil não especializada, de modo a incentivar a formação da população para atuação sociopolítica.

Constatou-se que o estado do Rio Grande do Norte tem caminhado na contramão do problema, com interrupção do Programa Água Azul, uma vez que os dados das séries históricas de investigação revelaram que a eutrofização artificial é um grave problema ambiental, sobretudo, a interrupção do projeto em função dos cortes de financiamento do programa têm contribuído para o negligenciamento dessa problemática. Sendo assim, é imprescindível a divulgação científica nesse contexto, ademais, é importante considerar que o conceito de gestão democrática de recursos requer não somente a participação da sociedade civil, mas também políticas públicas eficazes que deve ser igualmente constante e contínua. Em suma, recomenda-se a retoma que os investimentos para prevenção das causas da eutrofização sejam contemplados com rigor, assim como o monitoramento dos mananciais, e mitigação dos problemas ambientais e sociais decorrentes das florações tóxicas de cianobactérias.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 1, n. 5, p. 49-60, 2002.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMORIM, A. S. **Sustentabilidade ambiental e qualidade da água do Reservatório Itans (Caicó-RN)**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**: resumo executivo. Brasília: Agência Nacional de águas, 168 p. 2018.

ARAÚJO, M. F. F.; AMORIM, A. S. Percepções de professores sobre o uso de atividades

lúdicas para tratar o tema 'água e saúde' em ações de educação ambiental numa região semiárida. **Holos (Natal. Online)**, v. 6, p. 295-306, 2015.

ARAÚJO, M. F. F.; COSTA, I. A. S. Comunidades microbianas (bacterioplâncton e protozooplâncton) em reservatórios do semi-árido brasileiro. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 422-432, 2007.

ARAÚJO, M. F. F.; DANTAS, C. M.; AMORIM, A. S.; SILVEIRA, M. L.; Medeiros, M. L. Q. Concepções prévias de professores do ensino básico de uma região semiárida sobre qualidade de água. **Educação Ambiental em Ação**, v. 38, p. 01, 2011.

ARAÚJO, M. F. F.; PANOSSO, R. F.; COSTA, I. A. S. Ações em educação ambiental visando a sensibilização dos moradores da cidade de Jardim de Piranhas para a preservação do Rio Piranhas (RN). **Revista Educação Ambiental em ação**. v. 18, n. 1, p. 5-6, 2006.

ATTAYDE, J. L. et al. Impactos da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 450-461, 2007.

BECK, U. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 391 p. 2011.

BEZERRA, A. F. M.; BECKER, V. Balanço de Massa de Fósforo Total e o Estado Trófico em Reservatórios do Semiárido Brasileiro. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, 67-76, 2014.

BIŽIĆ, M. Aquatic and terrestrial cyanobacteria produce methane. **Science Advances**, v. 6, n. 3, p.1-9, 2020.

BRAGA, G. G.; BECKER, V. Influence of water volume reduction on the phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake: a comparison of two morphofunctional approaches. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 1, p. 1-17, 2020.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; MENDONÇA JUNIOR, J. R.; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, Â. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei Nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 03 fev. 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <https://portalquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5Portaria-de-Consolidacao-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

CÂMARA, F. R. A.; LIMA, A. K. A.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, N. T. The role of nutrient dynamics on the phytoplankton biomass (Chlorophyll-a) of a reservoir-channel continuum in a semiarid tropical. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, n. 4, p. 431-439, 2015.

CAVALCANTE, H.; ARAÚJO, F.; BECKER, V. Phosphorus dynamics in the water of tropical semiarid reservoirs in a prolonged drought period. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, n. 105, p. 1-12, 2018.

CAVALCANTE, H.; ARAÚJO, F.; NOYMA, N.P.; BECKER, V. Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs. **Science Of The Total Environment**, v. 619-620, p. 1022-1029, abr. 2018.

CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. M.; ROCHA, O. Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 3, p. 477-494, 2008.

CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S. L.; CHELLAPPA, S. Harmful Phytoplankton Blooms and Fish Mortality in a eutrophicated reservoir of Northeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 833-841, 2008.

CHELLAPPA, N. T.; COSTA, M. A. M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a Eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Oecologica**, v. 24, S3-S10, 2003.

CHELLAPPA, N.T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 241-251, 2009.

CHEN, C.; JU, Y.; CHEN, C.; DONG, C. Evaluation of organic pollution and eutrophication status of Kaohsiung Harbor, Taiwan. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 113, p. 318-324, 2016.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 03 fev. 2020.

COSTA, I. A. S.; ARAÚJO, F. F.; CHELLAPPA, N. T. Estudo do fitoplâncton da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Assu/RN. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 10, n. 1, p. 67-80, 1998.

COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1, p. 211-219, 2006.

COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, n. 2, p. 382-401, 2009.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Effects of water level reduction on the

dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 778, p. 75-89, 2015.

COSTA, M. R. A.; MENEZES, R. F.; SARMENTO, H.; ATTAYDE, J. L.; STERNBERG, L. S. L.; BECKER, V. Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 831, n. 1, p. 43-54, 2018.

DANTAS, C. M. **Aspectos da microbiologia de um reservatório do semiárido nordestino (Brasil):** qualidade de água e concepções espontâneas de professores de escolas públicas. 54 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. et al. Águas potiguares: oásis ameaçados: Gestão inadequada ameaça reservas de água do semiárido brasileiro. **Ciência Hoje**, v. 39, n. 233, 2006.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R. C.; COSTA, I. A. S.; ARAÚJO, M.; PANOSSO, R. D.; ATTAYDE, J. L. C. Composição da comunidade zooplancônica em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 410-421, 2007.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. A. S.; ARAÚJO, M.; PANOSSO, R.; ATTAYDE, J. L. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, p. 37-52, 2013.

FIGUEIREDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FONSECA, J. R. **Avaliação do potencial de toxidade de florações de cianobactérias e percepção ambiental em açudes do semiárido potiguar.** 77 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

FONSECA, J. R.; VIEIRA, P. C. S.; KUJBIDA, P.; COSTA, I. A. S. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystins and saxitoxins in reservoirs of the Brazilian semiarid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 78-92, 2015.

GENTIL, R. C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 265-280, 2008.

HANNIGAN, J. **Sociologia Ambiental: A formação de uma perspectiva social.** Lisboa: Ed. Instituto Piaget, p. 272, 1995.

IGARN – INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Programa Água Azul: águas superficiais.** 2016. Disponível em: http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/. Acesso em: 21 mai. 2020.

JUNGER, P. C.; DANTAS, F. C. C.; NOBRE, R. L. G.; KOSTEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; ARAÚJO, F. C.; SARMENTO, H.; ANGELINI, R.; TERRA, I.; GAUDÊNCIO, A. Effects of seasonality, trophic state and landscape properties on CO₂ saturation in low-latitude lakes and reservoirs. **Science Of The Total Environment**, v. 664, p. 283-295, 2019.

LEITE, J. N. C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, n. 15, p. 1-8, 2019.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. Rio de Janeiro, EPU, 2018.

MEDEIROS, L. C.; MATTOS, A.; LÜRLING, M.; BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, v. 49, p. 293-307, 2015.

MEDEIROS, M. L. Q. **Protozoários de vida livre em ambientes aquáticos do RN: ocorrência, caracterização e importância para a educação básica**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

MENDONÇA JÚNIOR, J. R. AMADO, A. M.; VIDAL, L. O.; MATTOS, A.; BECKER, V. Extreme droughts drive tropical semi-arid eutrophic reservoirs towards CO₂ sub-saturation. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, n. 101, p. 1-10, 2018.

MENEZES, R. F.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R. Effects of omnivorous filter-feeding fish and nutrient enrichment on the plankton community and water transparency of a tropical reservoir. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 767-779, 2015.

MOURA, A. N.; ARAGÃO-TAVARES, N. K. C.; AMORIM, C. A. Cyanobacterial blooms in freshwater bodies in a semiarid region, northeastern Brazil: A review. **Journal of Limnology**, v. 77, n. 2, p. 179-188, 2018.

NASCIMENTO, V. S. F. **Doenças de veiculação hídrica em trecho da Bacia do Rio Piranhas-Assu: ocorrência de bactérias oportunistas, caracterização epidemiológica e concepções de professores e agentes de saúde**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

NASELLI-FLORES, L. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of Dr. Deep Lake and Mr. Shallow Lake. **Hydrobiologia**, v. 506, n. 1, p. 13-21, 2003.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 433-449, 2007.

PEDROSA, C. S. G.; SOUZA, L. R. Q.; GOMES, T. A.; LIMA, C. V. F.; LEDUR, P. F.;

KARMIRIAN, K.; BARBEITO-ANDRES, J.; COSTA, M. N.; HIGA, L. M.; ROSSI, A. D.; BELLIO, M.; TANURI, A.; PRATA-BARBOSA, A.; TOVAR-MOLL, F.; GARCEZ, P. P.; LARA, F. A.; MOLICA, R. J. R.; REHEN, S. K. The cyanobacterial saxitoxin exacerbates neural cell death and brain malformations induced by Zika virus. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 3, p. 1-13, 2020.

PEIXE, P. D. **Diversidade microbiana em açude de uma região semiárida do Nordeste brasileiro**: uma perspectiva de integração entre a ciência do laboratório e a ciência da sala de aula. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PEREIRA, V. C.; SOBRINHO, J. E.; OLIVEIRA, A.; MELO, T. K.; YOGO, R. Influência dos eventos *El Niño* e *La Niña* na precipitação Pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 01-12, 2011.

PETROVICH, A. C. I.; ARAÚJO, M. F. F. Percepção de professores e alunos sobre os usos e a qualidade da água em uma região semi-árida brasileira. **Educação Ambiental em Ação**, v. 20, p. 1-2, 2009.

PINHEIRO, L. G. **Diversidade de Enterobacteriaceae e doenças de veiculação hídrica**: percepção ambiental e ações de divulgação científica em região semiárida do RN – BRASIL. 108 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PINTO, T. S.; BECKER, V. Diel dynamic of phytoplankton functional groups in a tropical water supply, Extremoz Lake, northeastern Brazil. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 356-366, 2014.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O Desafio ambiental**: Os porquês da desordem mundial. Mestres explicam a globalização. Rio de Janeiro: Record, 177 p. 2004.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 277 p. 2013.

REGO, A. H. G.; RANGEL-JÚNIOR, A.; COSTA, I. A. S. Phytoplankton scenario and microcystin in water during extreme drought in semiarid tropical water supplies, Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 5, n. 8, p. 1-11, 2020.

RENN, O. Concept of Risk. In: KRIMSKY S, GOLDING D. **Social Theories of Risk**. London: Praeger, 424 p. 1992.

ROCHA-JUNIOR, C. A. N.; COSTA, M. R. A.; MENEZES, R. F.; ATTAYDE, J. L. BECKER, V. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 30, n. 106, p. 1-10, 2018.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 151 p. 2008.

SILVA, A. P. C. **Biomonitoramento da qualidade de água e percepção ambiental na**

Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró, RN. 101 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SODRÉ-NETO, L. Qualidade de água como tema para a socialização do conhecimento científico em região semi-árida brasileira. 53 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SODRÉ-NETO, L.; ARAÚJO, M. F. F. Qualidade de água como tema para a socialização do conhecimento científico em região semi-árida brasileira. **Educação Ambiental em Ação**, v. 26, n. 1, p. 26, 2008.

SOUZA, M. C.; CROSSETTI, L. O.; BECKER, V. Effects of temperature increase and nutrient enrichment on phytoplankton functional groups in a Brazilian semi-arid reservoir. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, n. 215, p. 1-10, 2018.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 223 p. 2003.

VIEIRA, P. C. S. **Comunidade fitoplanctônica como discriminador ambiental em açude eutrófico tropical semiárido (Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, RN) e divulgação científica para reflexão social.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

VIEIRA, P. C. S; CARDOSO, M. M. L.; COSTA, I. A. S. Vertical and temporal dynamics of phytoplanktonic associations and the application of index assembly in tropical semi-arid eutrophic reservoir, northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 130-144, 2015.