



XVII Fórum Ambiental

Alta Paulista

27 a 29 de outubro de 2021

Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo

ISBN - 978-65-86753-38-7

EIXO TEMÁTICO:

- () Ambiente e Saúde pública
- (X) Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
- () Biodiversidade e Unidades de Conservação
- () Campo, Agronegócio e as Práticas Sustentáveis
- () Cidades Sustentáveis
- () Conforto Ambiental no Ambiente Construído
- () Desastres, Riscos Ambientais e a Resiliência Urbana
- () Direito Ambiental
- () Educação Ambiental e Práticas Ambientais
- () Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental
- () Patrimônio Histórico, Turismo e o Desenvolvimento Local
- () Saneamento e Ambiente
- () Segurança e Saúde do Trabalhador

Diagnóstico da Qualidade Hídrica de Reservatórios e sua Importância para a Gestão das águas em Pernambuco: análise na Região Metropolitana do Recife (RMR) e Zona da Mata

Diagnosis of Reservoir Water Quality and its Importance for Pernambuco Water Management: Analysis in the Metropolitan Region of Recife (RMR) and Zona da Mata

Diagnóstico de la calidad del agua del embalse y su importancia para la gestión del agua de Pernambuco: análisis en la Región Metropolitana de Recife (RMR) y Zona da Mata

Gilberto Queiroz de Lima Filho

Analista Gestão de Recursos Hídricos, APAC, Brasil.
gilbertofilho.queiroz@gmail.com

Rafaela Vieira Ribeiro

Coordenadora de Fiscalização, APAC, Brasil
rafaela.vieiraribeiro@gmail.com

Micaella Raíssa Falcão de Moura

Professora Doutora, UNICAP, Brasil.
micaella.moura@unicap.br

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos contribui para o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas relacionadas à segurança hídrica. A Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, tem como objetivo “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Desta forma, a caracterização qualitativa de mananciais é de extrema importância para entender os impactos das dinâmicas antropológicas e seus efeitos na qualidade da água. A construção de diagnósticos qualitativos, com análises de parâmetros e demais características, servem de apoio para o gerenciamento e planejamento dos usos múltiplos dos mananciais, especialmente dos reservatórios. Nessa perspectiva, o presente artigo apresenta um diagnóstico da qualidade de água de 10 reservatórios da Região Metropolitana do Recife – RMR e da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. Foram utilizadas as amostragens realizadas no período de dezembro de 2018 a novembro de 2019, com frequência trimestral e parâmetros pré-selecionados. Tais coletas foram realizadas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) através da Gerência de Monitoramento e Fiscalização (GRMF). Os resultados obtidos apontaram que os reservatórios monitorados apresentaram uma elevada concentração do parâmetro fósforo total, acima dos limites de Classe 3 da resolução CONAMA 357/2005. A partir da presente pesquisa ressaltou-se ainda a relevância do monitoramento qualitativo no âmbito da gestão hídrica integrada de Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água. Monitoramento de Reservatórios. Pernambuco.

ABSTRACT

Water resources management contributes to the development of new studies and research related to water security. In Brazil, Law No. 9,433/97, known as the Water Law, aims to “ensure current and future generations the necessary availability of water, in quality standards suitable for their respective uses”. Thus, the qualitative characterization of water sources is extremely important to understand the impacts of anthropological dynamics and their effects on water quality. The construction of qualitative diagnoses, with parameters analysis and other characteristics, supports managing and planning multiple uses of water sources, especially reservoirs. From this perspective, this article presents a water quality diagnosis of 10 reservoirs in the Metropolitan Region of Recife – RMR and the Zona da Mata of Pernambuco State. Samplings carried out from December 2018 to November 2019 were used, with quarterly frequency and pre-selected parameters. Such collections were carried out by the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC) through the Monitoring and Inspection Management (GRMF). The results obtained showed that the monitored reservoirs presented a high concentration of the total phosphorus parameter, above the Class 3 limits of CONAMA resolution 357/2005. This research highlighted the relevance of qualitative monitoring in the context of integrated water management in Pernambuco.

KEYWORDS: Water quality. Reservoir Monitoring. Pernambuco.

RESUMEN

La gestión de los recursos hídricos contribuye al desarrollo de nuevos estudios e investigaciones relacionados con la seguridad hídrica. La Ley N° 9.433 / 97, conocida como Ley de Aguas, tiene como objetivo “asegurar a las generaciones actuales y futuras la necesaria disponibilidad de agua, en estándares de calidad adecuados para sus respectivos usos”. Por lo tanto, la caracterización cualitativa de las fuentes de agua es de suma importancia para comprender los impactos de la dinámica antropológica y sus efectos sobre la calidad del agua. La construcción de diagnósticos cualitativos, con análisis de parámetros y otras características, apoyan la gestión y planificación de usos múltiples de fuentes de agua, especialmente embalses. Desde esta perspectiva, este artículo presenta un diagnóstico de la calidad del agua de 10 embalses en la Región Metropolitana de Recife - RMR y en la Zona da Mata del Estado de Pernambuco. Se utilizaron muestreos realizados desde diciembre de 2018 a noviembre de 2019, con frecuencia trimestral y parámetros preseleccionados. Dichas recolecciones fueron realizadas por la Agencia de Agua y Clima de Pernambuco (APAC) a través de la Gerencia de Monitoreo e Inspección (GRMF). Los resultados obtenidos mostraron que los reservorios monitoreados presentaron una alta concentración del parámetro fósforo total, por encima de los límites de la Clase 3 de la resolución CONAMA 357/2005. De esta investigación también se destacó la relevancia del monitoreo cualitativo en el contexto de la gestión integral del agua en Pernambuco.

PALABRAS CLAVE: Calidad del agua. Monitoreo de yacimientos. Pernambuco

1 INTRODUÇÃO

A consolidação de arcabouços para a gestão das águas tem contribuído para o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas que visam o alcance da segurança hídrica em suas diversas escalas. No Brasil, a Lei das Águas (Lei 9.433/97) representa um marco no país ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), contemplando diretrizes que reforçam o protagonismo deste valioso recurso natural que é a água. A referida Lei possui entre seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997).

Nessa perspectiva, observa-se a relevância dos parâmetros de qualidade hídrica no âmbito do gerenciamento dos recursos hídricos. A caracterização qualitativa de mananciais é de extrema importância para compreender os ecossistemas aquáticos, bem como para entender os impactos das dinâmicas populacionais e seus efeitos na qualidade da água (CAVENAGHI *et al.*, 2003; XAVIER, 2005).

No nordeste brasileiro a ascensão das práticas de açudagem culminou não apenas no aumento de reservas hídricas, mas na eclosão de questionamentos técnicos e teóricos de grande importância, como a deterioração da qualidade da água. Nesse sentido, de modo a manter os reservatórios aptos aos múltiplos usos, tem se desenvolvido diagnósticos qualitativos, com análises de parâmetros e demais características que influenciam os aspectos de qualidade (SOUZA, 2011; GUNKEL *et al.*, 2003; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2011)

Em Pernambuco, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) realiza o monitoramento de qualidade das águas de 54 reservatórios do estado, incluindo aqueles mais relevantes dos pontos de vista social, econômico e ambiental. O percentual monitorado equivale a 94,8% (3.025,97 hm³) da capacidade atual de acumulação de água do estado. Destes reservatórios, 16 estão localizados na Região Metropolitana do Recife (RMR) e Zona da Mata.

Considerando as exposições supracitadas, essa pesquisa tem por finalidade apresentar um diagnóstico da qualidade de água dos reservatórios da Região Metropolitana do Recife – RMR e da Zona da Mata Pernambucana, levando em consideração a sua importância para a Gestão dos Recursos Hídricos no Estado.

2 METODOLOGIA

2.1 Reservatórios monitorados

Foram monitorados 10 reservatórios: Cursaí, Goitá, Tapacurá e Várzea do Una, na bacia hidrográfica do rio Capibaribe; o reservatório de Siriji na bacia hidrográfica do rio Goiana; Duas Unas, Gurjaú, Jangadinha e Pirapama, pertencentes ao Grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 2 – GL2; e o reservatório de Serro Azul, na bacia hidrográfica do rio Una. O monitoramento utilizou como base o disposto na resolução CONAMA 357/2005. O Quadro 1 apresenta as datas das coletas para análise da qualidade da água nos reservatórios em estudo.

Quadro 1 – Periodicidade das coletas e seus respectivos reservatórios

Reservatório	Capacidade de acumulação (10³m³)	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta
Goitá	52.536	29/11/2018	28/05/2019	20/08/2019	19/11/2019
Tapacurá	94.200	29/11/2018	28/05/2019	20/08/2019	19/11/2019
Várzea do Una	11.568	29/11/2018	28/05/2019	20/08/2019	19/11/2019
Cursai	13.000	20/11/2018	21/05/2019	13/08/2019	13/11/2019
Jangadinha	-	13/12/2018	20/03/2019	16/06/2019	18/09/2019
Duas Unas	23.549	19/12/2018	29/05/2019	20/08/2019	20/11/2019
Pirapama	60.937	19/12/2018	27/03/2019	26/06/2019	02/10/2019
Gurjaú	3.300	19/12/2018	27/03/2019	26/06/2019	02/10/2019
Siriji	17.260	12/12/2018	19/03/2019	18/06/2019	17/09/2019
Serro Azul	303.120	05/12/2018	09/05/2019	07/08/2019	07/11/2019

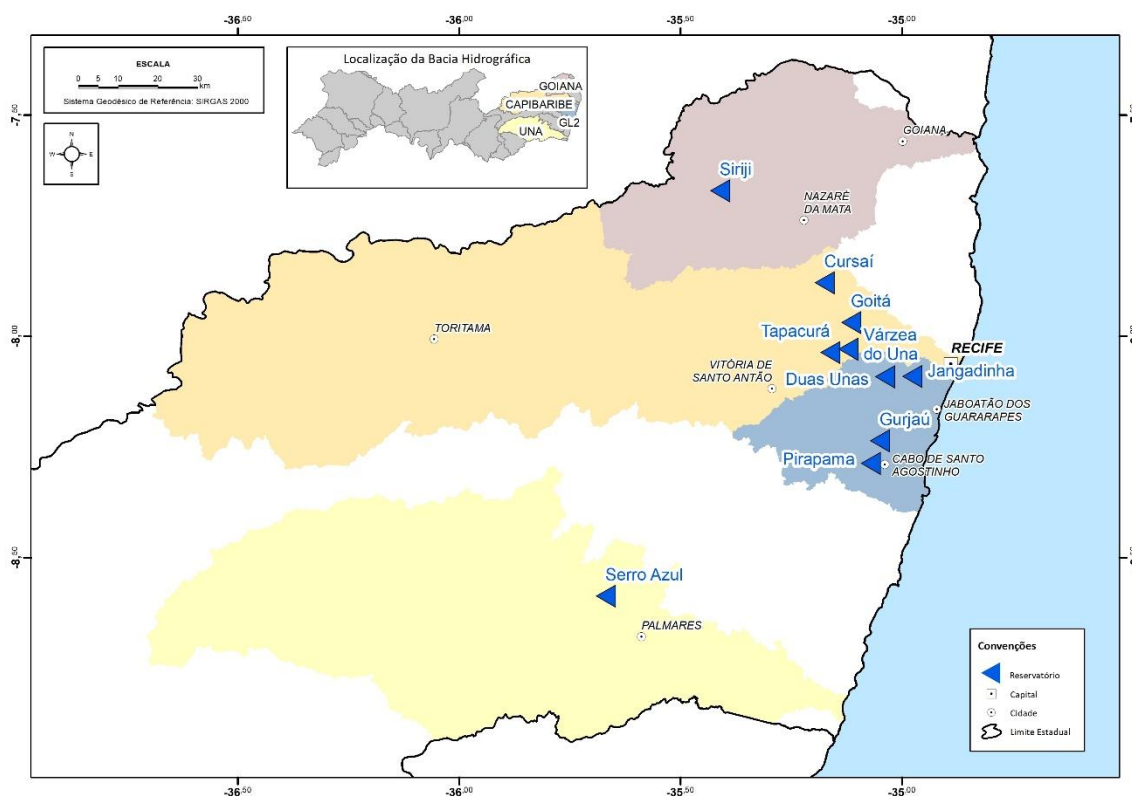
Fonte: Autores (2021)

A nascente do rio Una se localiza no município de Capoeiras, apresentando-se intermitente até aproximadamente a cidade de Altinho, quando se torna perene. Possui uma extensão de cerca de 290 km. Essa bacia apresenta uma área de 6.740,31 km², dos quais 6.262,78 km² estão inseridos no estado de Pernambuco, correspondendo a 6,37% do total do estado. Nesta bacia foi feito monitoramento do reservatório de Serro Azul. A Figura 1 apresenta a localização das bacias de acordo com as regiões econômicas de Pernambuco.

O Grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 2 – GL2 é composta basicamente pelos rios Jaboatão e Pirapama com seus afluentes, O GL2 apresenta uma área de 1.264,94 km², totalmente inerida no estado de Pernambuco e correspondendo a um percentual de correspondendo a um percentual de 1,29%. O rio Goiana apresenta uma área de 2.847,53 km², correspondendo a 2,90% da área total do estado.

O Rio Capibaribe se encontra totalmente inserido no estado de Pernambuco, possuindo nascente localizada no município de Poção-PE. O Capibaribe compreende as regiões Norte e Leste do estado, percorrendo diversos municípios do Agreste, Zona da Mata Norte e trecho do litoral pernambucano que compreende a Região Metropolitana do Recife.

Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas e das regiões de econômicas - PE



Fonte: APAC (2021)

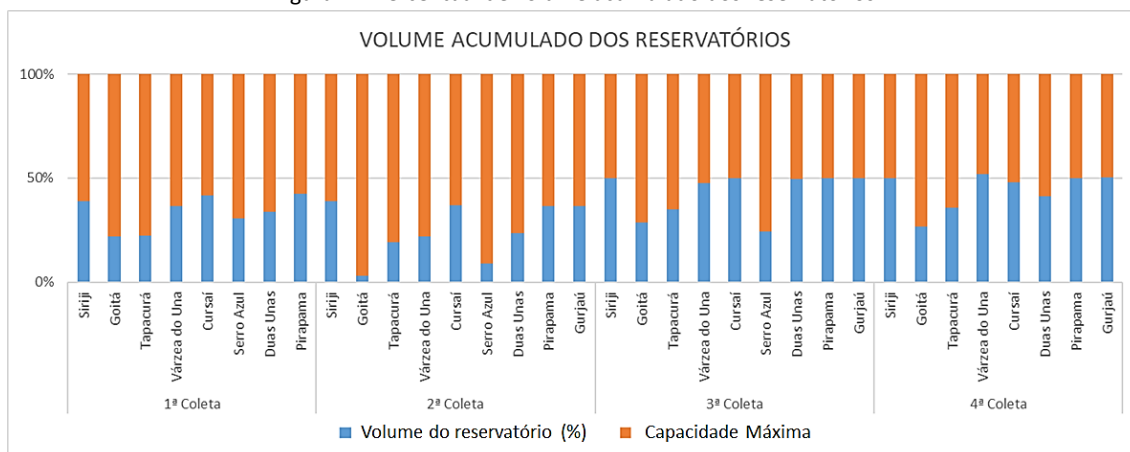
2.2 Parâmetros monitorados

Foram monitorados os parâmetros necessários à obtenção do Índice de Qualidade das Águas (IQA): Coliformes Fecais (NMP/100mL), pH, DBO (mg/L), Nitrogênio Total (mg/L), Fósforo Total (mg/L), Afastamento da Temperatura de Equilíbrio (°C), Turbidez (UNT), Resíduo Total (mg/t), Porcentagem do Oxigênio Dissolvido de Saturação (%). É um índice que une parâmetros que interferem na qualidade da água para preservação da biota aquática, bem como na qualidade para o consumo humano. Ele foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público após tratamento. Foi ainda realizado o teste de ecotoxicidade através da utilização do microcrustáceo *Daphnia magna*, que visa avaliar se a água analisada tem algum agente tóxico que provoque efeito nocivo agudo aos organismos. A proveniência de tais agentes se dá principalmente por efluentes ou agrotóxicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os reservatórios, durante o monitoramento, estiveram com capacidade de acumulação até no máximo 50% da capacidade total de acumulação, embora o período de monitoramento tenha contemplado todos os ciclos hidrológicos da região (Figura 2).

Figura 2 – Percentual de volume acumulado dos reservatórios



Fonte: Autores (2021)

Quanto ao fósforo total, verificou-se que a maioria dos reservatórios de abastecimento da RMR estiveram com níveis com concentrações que ultrapassaram os limites da Classe 3 da resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e pelo menos 75% das coletas. Apenas os reservatórios de Cursai e Pirapama estiveram a maior parte do tempo monitorados com níveis abaixo da Classe 2 da referida resolução, obedecendo o padrão para corpos de água não enquadrados. De acordo com seu Art. 42, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2. Atualmente o Estado de Pernambuco não possui reservatórios Enquadrados, no que se refere aos normativos vigentes, a exemplo da Resolução CNRH nº 91 de 2008. Somente o reservatório de Siriji, município de Vicência, não ultrapassou os limites da Classe 2 em termos de concentrações de fósforo, inclusive em uma das coletas obteve-se concentrações inferiores aos limites da Classe 1 da resolução. Este reservatório, com capacidade de armazenar 17,3 milhões de metros cúbicos de água, possui sua mata ciliar reflorestada por meio de projeto executado pela extinta Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado.

A demanda bioquímica de oxigênio no geral esteve abaixo dos limites da Classe 1 da resolução CONAMA 357/2005, sendo que os reservatórios de Cursai e Goitá estiveram em 100% do tempo nessas condições. Apenas o reservatório de Tapacurá apresentou valor acima da Classe 3, o que ocorreu na primeira coleta.

Quanto aos coliformes termotolerantes as concentrações nos reservatórios de Tapacurá, Várzea do Una e Pirapama estiveram abaixo da Classe 1 durante todo o monitoramento, condição encontrada na maior parte do tempo para os dez reservatórios monitorados. Apenas os reservatórios Cursai, Duas Unas e Gurjaú tiveram concentrações acima dos limites da Classe 3, o que ocorreu em uma das coletas somente.

Quanto ao teste de toxicidade aguda, apenas o reservatório de Gurjaú teve resultado positivo, ocorrendo o registro somente em uma das coletas os monitoramento.

Quanto à densidade de cianobactérias, apenas as águas dos reservatórios de Tapacurá e Várzea do Una ultrapassaram os limites de concentração da Classe 2 da resolução CONAMA 357/2005, em uma das coletas. Os Quadros 2 e 3 mostram um resumo das informações apresentadas.

Quadro 2 - Concentrações de fósforo total, DBO5, Coliformes Termotolerantes e Contagem de Cianobactérias nos reservatórios da Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife.

RESERVATÓRIO	FÓSFORO TOTAL (mg/L)				DBO5 (mg/l)				COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)				CONTAGEM DE CIANOBACTÉRIAS (cél./mL)			
	CAMPANHA															
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
Reservatório Cursai		0,03	0,03	0,07	0,9	1,8	1,9	1,2	14	47	130	1600	957	261	87	0
Reservatório Goitá	0,02	0,067	0,08	0,04	2,2	2,7	1	2	10	240	17	46	1043	4609	0	0
Reservatório Tapacurá	0,82	0,78	0,07	0,44	12,7	6,8	3,5	2,3	10	170	140	13	78435	957	14783	0
Reservatório Várzea do Una	0,03	0,052	0,64	0,05	2,3	1,7	0,8	6,1	10	21	9,3	6,8	26522	2435	1217	0
Reservatório Siriji	0,03	0,042	0,03	0,02	3,1	1,5	2,2	1,8	350	33	350	350	11478	435	261	696
Reservatório Duas Unas	0,05	0,166	0,07	0,04	1,5	3,1	1	0,9	6,8	1600	49	33	696	174	87	0
Reservatório Gurjaú	0,06	0,064	0,11	0,03	1,3	7,8	1,5	8,9	170	10	1600	130	0	783	87	0
Reservatório Jangadinha	0,06	0,042	0,03	0,05	2,5	1,8	1,3	1,2	920	10	220	49	696	2174	87	87
Reservatório Pirapama	0,04	0,028	0,09	0,04	1,3	3,2	3,6	1,5	11	31	170	27	609	87	0	0
Reservatório Serro Azul	0,05	0,03	0,04	0,05	1,5	1,4	1,6	4,6	100	79	240	240	1130	1043	174	0

Resolução CONAMA Nº 357/2005		
Classe 1	Classe 2	Classe 3

Fonte: Autores (2021)

Quadro 3 – Resultados dos testes de toxicidade e IQA reservatórios da Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife.

RESERVATÓRIO	TESTE DE ECOTOXICIDADE AGUDA				IQA			
	CAMPANHA							
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
Reservatório Cursai	Não tóxico	0	Não tóxico	Não tóxico	BOA	BOA	REGULAR	BOA
Reservatório Goitá	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	BOA	REGULAR	REGULAR	BOA
Reservatório Tapacurá	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA
Reservatório Várzea do Una	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	BOA	BOA	REGULAR	ÓTIMA
Reservatório Siriji	Não tóxico	0	Não tóxico	Não tóxico	REGULAR	BOA	REGULAR	BOA
Reservatório Duas Unas	0	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	BOA	REGULAR	REGULAR	ÓTIMA
Reservatório Gurjaú	Não tóxico	0	Tóxico	Não tóxico	REGULAR	REGULAR	REGULAR	PÉSSIMA
Reservatório Jangadinha	Não tóxico	0	Não tóxico	Não tóxico	REGULAR	BOA	REGULAR	ÓTIMA
Reservatório Pirapama	Não tóxico	0	Não tóxico	Não tóxico	BOA	REGULAR	REGULAR	ÓTIMA
Reservatório Serro Azul	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	BOA	REGULAR	REGULAR	ÓTIMA

Categoria de Resultados	ÓTIMO	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
IQA	100 ≥ IQA > 79	79 ≥ IQA > 51	51 ≥ IQA > 36	36 ≥ IQA > 19	IQA ≤ 19
Significado	Necessário tratamento convencional para o abastecimento público.			Necessário tratamento complementar para o abastecimento público.	

Fonte: Autores (2021)

Via de regra, o fósforo, a priori, não tem efeito proporcional sobre a produtividade em reservatórios tropicais devido à menor resistência à mistura, resultando em um menor tempo de permanência de material na coluna de água (WETZEL, 2000). Entretanto, Carneiro *et al.* (2014) compararam um conjunto de modelos a priori (incluindo variáveis locais e paisagem) e concluíram que o controle de fontes de fósforo em reservatórios tropicais é tão importante quanto em ecossistemas temperados.

Quanto à densidade de cianobactérias, apenas dois reservatórios ultrapassaram os limites de concentração da Classe 2 da Resolução, não havendo correlação entre o estado

trófico, clorofila ou densidade de cianobactérias. Isso se explica pelo fato do fósforo não ser o nutriente limitante, ou ainda outro fator ambiental que não permitiu que a elevada carga de nutrientes se traduzisse numa floração de cianobactérias, por exemplo.

4 CONCLUSÕES

No geral, os reservatórios monitorados apresentaram uma elevada concentração do parâmetro fósforo total, acima dos limites de Classe 3 da resolução CONAMA 357/2005. Este é considerado um dos principais fatores que ocasionam o fenômeno da eutrofização nos ambientes lênticos. Com relação à demanda bioquímica de oxigênio (DBO), no geral apresentou valores abaixo dos limites da Classe 1 da resolução.

Os resultados consistem em análises da água bruta, de modo que todos os reservatórios podem ser utilizados para abastecimento humano, desde que a água receba tratamento adequado. Ainda para fins de consumo humano e padrão de potabilidade, os reservatórios que ultrapassaram a Classe 2 para cianobactérias devem ter os níveis de cianotoxinas avaliados semanalmente pelo órgão de saneamento e abastecimento, conforme PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011.

Os coliformes encontrados nos reservatórios são de origem urbana, que chegam aos mananciais por meio dos seus tributários, em decorrência do déficit de saneamento, podendo ainda ser acentuada pelo carreamento das chuvas.

A ação humana sobre os reservatórios tem favorecido alterações causadoras de interferências no que diz respeito ao uso indiretos e diretos dos recursos naturais da bacia. Fontes de enriquecimento tais como descargas domésticas e industriais e águas residuais urbanas e agrícolas têm restringido drasticamente o tempo de vida útil destes ecossistemas. O desequilíbrio inevitável, provocado por essa interferência nas bacias de drenagem destes ecossistemas aquáticos, repercute sobre o fenômeno de envelhecimento lento e natural destes corpos, substituindo-o por modificações relativamente instantâneas e de difícil reversão.

Apesar de artificiais, os reservatórios possuem uso contemplativo e sua existência ao longo do tempo fixa valores paisagísticos e culturais, bem como, não se pode esquecer da utilização in natura e do contato direto com a água do reservatório pelas comunidades locais.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de uma melhor atenção à questão do uso e ocupação do solo nas áreas de influência destes reservatórios. Ressalta-se também a importância dos dados apresentados para pesquisas posteriores relacionadas ao tema.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, RONALDO CÉSAR DA SILVA; OLIVEIRA, FÁBIO HENRIQUE PORTELLA CORRÊA. Análise de Parâmetros Limnológicos da Água dos Açudes do Prata e do Meio (Pernambuco-Brasil). XIX SBRH - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005.
- CARNEIRO, F. M., NABOUT, J. C., VIEIRA, L. C. G., ROLAND, F., & BINI, L. M. Determinants of chlorophyll-a concentration in tropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 2014.740(1), 89–99
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade da água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. *Planta Daninha*, v. 21, p. 43-52, 2003. (Edição especial)
- GUNKEL, G. ; RUETER, K. ; CASALLAS, J. ; SOBRAL, M. C. . Estudos da Limnologia do Reservatório de Tapacurá em Pernambuco: Problemas da Gestão de Reservatórios no Semi-árido Brasileiro. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003.
- SOUZA, Jonas Otaviano Praça. Sistema fluvial e açudagem no semiárido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco. Dissertação (Mestrado). UFPE, 2011.
- WETZEL, S. W., 2000: Investigation of the Dynamical and Thermodynamical Ingredients for Mid-Latitude Winter Season Precipitation. M.S. Thesis, University of Wisconsin, Madison, 158pp
- XAVIER, Christine da Fonseca. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba - Paraná . Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná- UFPR. Paraná, 2005.