

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

CARGA MÁXIMA DE FÓSFORO EM PERÍODO SECO: CASO DO AÇUDE BOQUEIRÃO DE PARELHAS

*Carmem Júlia Sant'Anna de Oliveira¹ ; Maria Helena Faustino Martins de Castro²; Joana Darc
Freire de Medeiros³*

RESUMO – A eutrofização de lagos tem ocorrido de forma acelerada, devido ao lançamento de carga de nutrientes oriundos de atividades humanas. Sendo então, necessário o manejo da qualidade de água, para que assim seja possível o uso dessas águas. Realizado com foco no fósforo (P), por ser na maioria das vezes o nutriente limitante para a floração de cianobactérias, retirando ou reduzindo as suas fontes externas e interna. Este trabalho tem, então, como objetivo estimar as cargas críticas de fósforo para reservatório em região semiárida tropical, visando o manejo da qualidade da água. Para essa estimativa foi realizado um balanço hídrico seguido por um balanço de massa. A carga definida foi referente à concentração máxima estabelecida pela Resolução 357/05 do CONAMA. Os resultados obtidos mostraram que o reservatório, em algumas situações, não suporta entrada de carga externa do nutriente, sendo necessário tratamento para uso dessas águas.

ABSTRACT– The eutrophication of lakes has occurred in an accelerated way, due to the release of nutrient load from human activities. Therefore, it is necessary to manage the quality of water, so that it is possible to use these waters. Based on phosphorus (P), it is most often the limiting nutrient for the flowering of cyanobacteria, removing or reducing its external and internal sources. The objective of this work is to estimate the critical loads of phosphorus to the reservoir in the tropical semiarid region, aiming at water quality management. For this estimation a water balance was carried out followed by a mass balance. The defined load was related to the maximum concentration established by Resolution 357/05 of CONAMA. The results showed that the reservoir, in some situations, does not support entrance of external nutrient load, being necessary treatment for the use of these waters.

Palavras-Chave – Eutrofização; balanço de massa.

1) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN. Cx. Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal-RN; carmem.julia.oliveira@gmail.com

2) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN. Cx. Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal-RN; mhelenafmc@hotmail.com

3) Professora Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN. Cx. Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal-RN; joanadarc.medeiros@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O aumento da entrada de nutrientes no ambiente aquático acelera o crescimento do fitoplâncton de forma desordenada, o que dificulta a assimilação dessa biomassa no ambiente, provocando um desequilíbrio ecológico (Esteves, 1998). Estes ambientes eutrofizados são susceptíveis à ocorrência de florações de cianobactérias.

A qualidade da água em reservatórios eutrofizados é comprometida, tornando o ambiente impróprio para usos como abastecimento humano e pesca, trazendo riscos à saúde humana e animal, a partir de toxinas produzidas por florações de algumas espécies de algas (Bouvy et al, 2000; Panosso et al, 2007; Costa et al, 2009; Smith e Schindler, 2009).

Dependendo das condições ambientais da região, os efeitos da eutrofização são mais acentuados. Por exemplo, nas regiões semiáridas, caracterizadas pela baixa precipitação e secas mais frequentes, se espera maior variabilidade nos níveis de água dos lagos e reservatórios (Jeppesen et al, 2015), resultando em condições mais vulneráveis para a proliferação de algas e cianobactérias.

Para que seja possível, então o uso dessas águas é necessário realizar o manejo para melhoria de sua qualidade, utilizando como base o nutriente limitante. Por ser o fósforo, geralmente, limitante para a proliferação de algas e cianobactérias, a melhor forma de controlar os efeitos da eutrofização é minimizar a entrada desse nutriente no sistema (Canfield e Bachmann, 1981; Schindler, 2008). Para isso, deve-se retirar ou reduzir as fontes externas dos nutrientes, mas também reduzir o retorno do fósforo do sedimento para a coluna d'água (Carpenter et al, 1998; Lürling e Oosterhout, 2013).

É importante lembrar que existe uma carga limite ou máxima que o ambiente é capaz de absorver sem que ocorra deterioração excessiva da qualidade da água, ou seja, uma carga máxima que possa manter as condições ambientais desejáveis do ecossistema aquático (Middleton e Doubell, 2014). Portanto, conhecer esta carga limite é essencial para a tomada de decisões na gestão das águas.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo estimar as cargas máximas de fósforo para o reservatório Boqueirão de Parelhas, visando o manejo da qualidade de água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Para este estudo foi selecionado o reservatório Boqueirão de Parelhas ($6^{\circ}41'49,7''S$ $36^{\circ}37'17,1''W$), localizado na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu (Figura 1), mais especificamente na sub-bacia do rio Seridó. O reservatório possui como capacidade máxima de armazenamento $84,79 \text{ hm}^3$ e área de bacia hidráulica $1.267,27 \text{ ha}$ (SEMARH, 2015).

A bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, com área total de 43.683 km², divide-se entre os estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%). Está totalmente inserida em região semiárida (ANA, 2016).

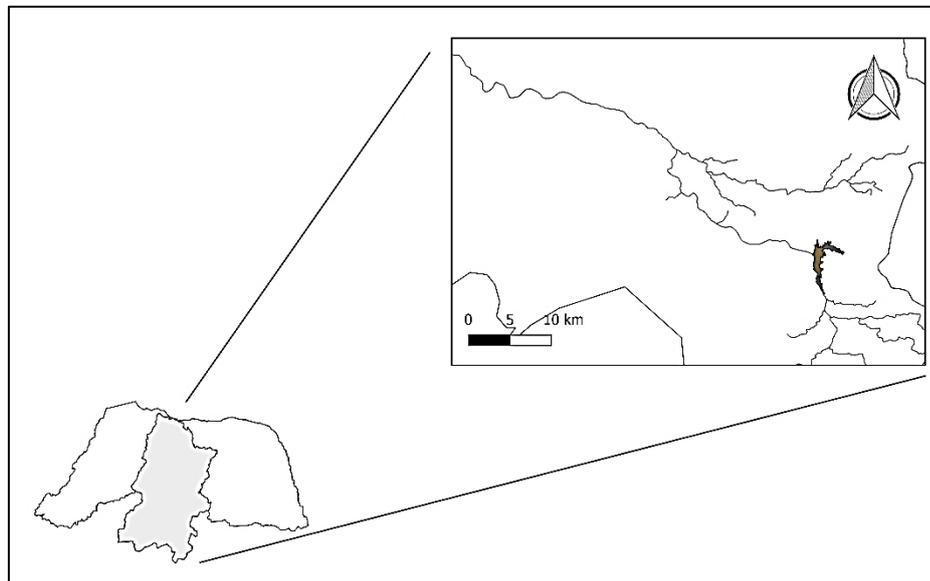


Figura 1 - Localização do Reservatório Boqueirão de Parelhas

2.2. Estimativa da carga máxima

Para a obtenção dos resultados foi necessário assumir algumas premissas:

1) a vazão afluente ao reservatório é zero. Com isto, o período de simulação será de 18 meses, considerando-se que no próximo período chuvoso não haverá aporte de água e nutrientes ao reservatório e que após os 18 meses as condições de qualidade da água do reservatório retornam às iniciais;

2) quanto a concentração máxima aceitável no reservatório, será utilizado o limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA para a concentração de fósforo total de 30 mg/m³, referente a ambientes lênticos de águas doces enquadrados na classe 2.

3) Não será considerada a sedimentação do fósforo, ou seja, toda a carga de fósforo estará disponível na coluna de água.

A simulação do reservatório foi realizada considerando-se diferentes volumes iniciais. Para cada volume inicial simulado, foi obtida a carga para diferentes concentrações iniciais. Foram testados volumes iniciais entre 100 e 20% da capacidade máxima e concentrações iniciais 1,0 mg/m³ e variando entre 10,0 e 20 mg/m³.

Como base nas premissas acima descritas o modelo realiza inicialmente o balanço hídrico, para considerar a variação de volume dos reservatórios, a partir da seguinte equação:

$$V_{t+1} = V_t + Q_{af} - (E - P) \times \bar{A} - dem \quad (1)$$

Onde: V_t e V_{t+1} : Volumes no início e final do intervalo de tempo (m^3); Q_{af} : Volume afluente ao reservatório – considerada zero (m^3); dem : Volume de demanda/ usos do reservatório (m^3); E : Evaporação (mm); P : Precipitação (mm); \bar{A} : Média das áreas superficiais referentes aos volumes (m^2).

Os dados de precipitação e evaporação foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As curvas cota-área-volume foram obtidas nas fichas técnicas disponibilizadas pelo IGARN, e a demanda utilizada foi obtida junto ao IGARN a partir das outorgas emitidas.

Considerando que a massa total de fosforo no reservatório é o produto da concentração (C) pelo volume (V), tem-se o balanço de massa em um determinado intervalo de tempo:

$$C_{t+1} \cdot V_{t+1} = C_t \cdot V_t + Q_{af} C_N + C - C_{med} \cdot dem \quad (2)$$

Onde: C_t e C_{t+1} : Concentração de P no reservatório no início e no final do intervalo de tempo; C : Carga de P afluente ao reservatório (mg/mês); C_N : Concentração natural (mg/m³); C_{med} : Concentração média no intervalo de tempo (mg/m³).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado das simulações foram obtidos valores de carga de fósforo elevadas (Quadro 1), sendo o maior valor encontrado quando o reservatório inicia com sua capacidade máxima e concentração igual a 1,0, sendo essa carga máxima igual a 89.266 kg/mês. Mas também, foram obtidos valores mais baixos, sendo o menor valor encontrado, quando o reservatório inicia com 20% da sua capacidade máxima e concentração 15,0, resultando em uma carga máxima de 391 kg/mês.

Quadro 1 - Cargas máximas referentes à cada volume e concentração inicial

CARGA MÁXIMA (Kg/mês)												
Concentrações/ Volumes iniciais	1,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
100%	89.266	47.365	42.710	38.054	33.399	28.743	24.087	19.432	14.776	10.121	5.465	809
90%	78.600	40.944	36.760	32.576	28.392	24.207	20.023	15.839	11.655	7.471	3.287	-897
80%	68.617	35.204	31.491	27.779	24.066	20.354	16.641	12.928	9.216	5.503	1.791	-1.922
70%	59.035	29.864	26.623	23.382	20.141	16.900	13.658	10.417	7.176	3.935	694	-2.548
60%	49.505	24.578	21.808	19.038	16.269	13.499	10.729	7.959	5.190	2.420	-350	-3.120
50%	39.985	19.302	17.003	14.705	12.407	10.109	7.811	5.513	3.214	916	-1.382	-3.680
40%	30.488	14.052	12.226	10.400	8.573	6.747	4.921	3.095	1.269	-558	-2.384	-4.210
30%	21.293	9.109	7.755	6.401	5.048	3.694	2.340	986	-367	-1.721	-3.075	-4.429
20%	12.716	4.793	3.912	3.032	2.152	1.271	391	-490	-1.370	-2.250	-3.131	-4.011

Os resultados obtidos mostraram que a carga máxima possível de lançamento no ambiente aquático está diretamente relacionada com o volume inicial do reservatório, para uma mesma concentração inicial (Quadro 1 e Figura 2), ou seja, para a mesma concentração inicial, o reservatório irá aceitar maior carga do nutriente se o volume no início da simulação for elevado.

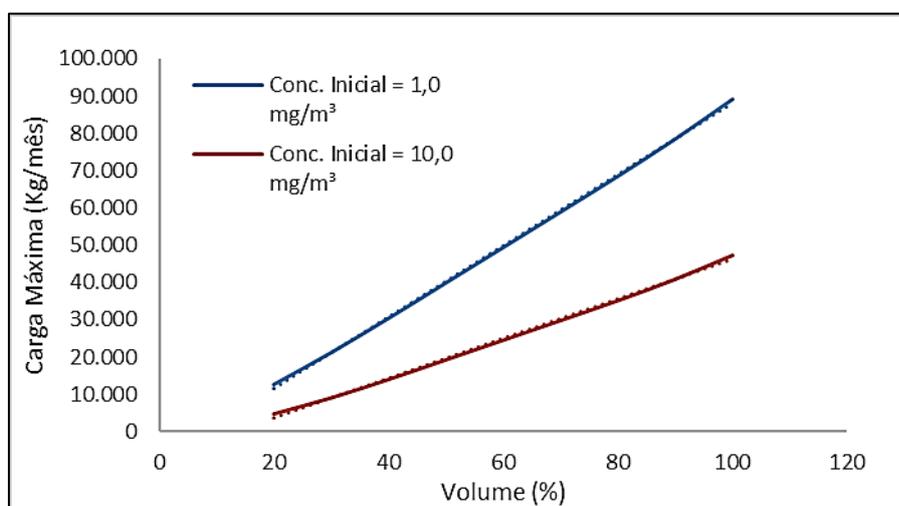


Figura 2 - Relação entre carga máxima e volume inicial do reservatório para concentrações iniciais 1,0 e 10,0 mg/m³.

Quando o reservatório já possui uma certa concentração de fósforo, em função de usos anteriores, ou seja, quando a concentração inicial de fósforo no reservatório é superior a 1,0 mg/m³, a capacidade de suporte é reduzida entre 46 e 62%, para um mesmo volume inicial (Quadro 1).

É interessante observar que a redução da carga máxima admissível com o volume (Figura 2) e com a concentração (Figura 3) é linear. No entanto, observar-se que a declividade da reta é menor quando o reservatório já apresenta alguma concentração inicial.

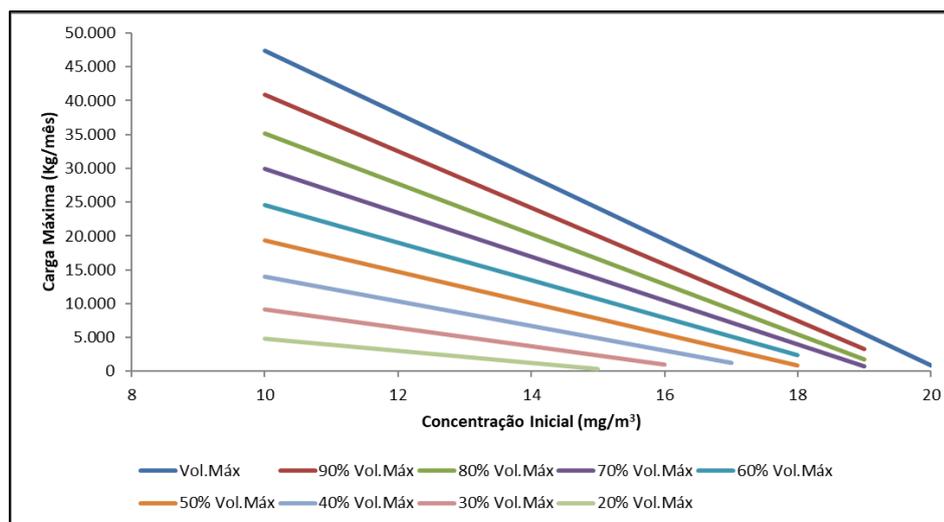


Figura 3 - Relação indireta entre carga máxima e concentração inicial do reservatório para diferentes volumes iniciais

Ao longo dos 18 meses de simulação, a concentração de fósforo no interior do reservatório aumentou em todos os cenários estudados (Figura 4), sendo um crescimento quase linear. A linearidade nas relações entre os resultados, pode ser justificada pela não consideração de aflúncias ao reservatório e a sedimentação do nutriente (fósforo).

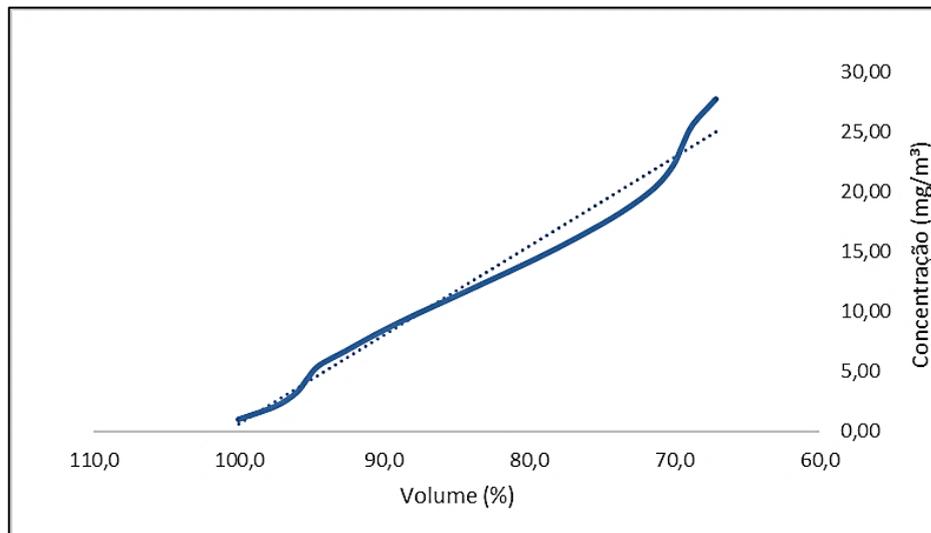


Figura 4 - Concentração ao longo da simulação

Considerando que o reservatório Boqueirão de Parelhas apresentava uma concentração média de fósforo total entre março e maio de 2016 de 150 mg/m³ (Programa Água Azul, 2017), e que a situação volumétrica do reservatório no mesmo período, que era da ordem de 7% do volume máximo (SEMARH, 2015), o valor de carga máxima será nula, já que a concentração de fósforo no reservatório se apresenta acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA. Neste cenário, além de não poder ter lançamentos de cargas, seria necessário o tratamento das águas para que estas

pudessem ser utilizadas, pois já no início do período de simulação o reservatório apresenta concentração acima do limite estabelecido.

Já para o período de julho de 2011, quando o reservatório apresentou uma concentração de fósforo, segundo o Programa Água Azul, de 3,3 mg/m³ com um volume armazenado de 80% da capacidade máxima, a carga admissível seria da ordem de 60.000 kg/mês.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que o açude Boqueirão de Parelhas, em um cenário de reservatório cheio e concentração inicial 1,0 mg/m³ tem capacidade de receber 8,93x10¹⁰ mg de fósforo por mês durante 18 meses, sem que sua concentração ultrapasse o limite estabelecido pelo CONAMA para reservatórios de classe 2.

A carga máxima admissível é dependente do volume e da concentração inicial. Em situação que reservatório já apresenta uma certa concentração de fósforo, a carga admissível cai entre 10 e 90%.

A partir disso, foi possível observar a importância do monitoramento da qualidade das águas do reservatório, para que sejam tomadas decisões referentes à gestão dessas águas da melhor forma possível.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu - Resumo Executivo*. Brasília, 2016.

BOUVY, Marc et al. *Occurrence of Cyndrospermopsis (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought*. Aquatic Microbial Ecology, v. 23, n. 1, p. 13-27, 2000.

CANFIELD JR, Daniel E.; BACHMANN, Roger W. *Prediction of total phosphorus concentrations, chlorophyll a, and Secchi depths in natural and artificial lakes*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 38, n. 4, p. 414-423, 1981.

CARPENTER, Stephen R. et al. *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*. Ecological applications, v. 8, n. 3, p. 559-568, 1998.

COSTA, Ivaneide Alves Soares et al. *Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte*. Oecologia Brasiliensis, v. 13, n. 02, p. 382-401, 2009.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p.

JEPPESEN, Erik et al. *Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity*. *Hydrobiologia*, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

LÜRLING, Miquel; VAN OOSTERHOUT, Frank. *Controlling eutrophication by combined bloom precipitation and sediment phosphorus inactivation*. *Water research*, v. 47, n. 17, p. 6527-6537, 2013.

PANOSSO, Renata et al. *Cianobactérias e Cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)*. **rn**, v. 59072, p. 970, 2007.

PROGRAMA ÁGUA AZUL (Natal) (Org.). *QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS CORPOS D'ÁGUA INTERIORES NORTE-RIOGRANDENSES COM VISTAS AO CONSUMO HUMANO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO DE 2016*. 2017. Disponível em: <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/2016/4RelatorioSemestralSuperficiaisCompletoMarcoMaio_2016.pdf>. Acesso em: 17 out. 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS (SEMARH). *Situação Volumétrica de Reservatórios do RN*. 2015. Disponível em: <<http://sistemas.searh.rn.gov.br/MonitoramentoVolumetrico/Monitoramento/FichaTecnica?idReservatorio=1060>>. Acesso em: Abril, 2018.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. *Eutrophication science: where do we go from here?*. *Trends in ecology & evolution*, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.