

## IMPACTO DA DESCARGA DE FUNDO EM RESERVATÓRIO

*Ioná Rameh<sup>1\*</sup>; Almir Cirilo<sup>2</sup>; Mauro Marinho<sup>3</sup>; Clênio Torres<sup>3</sup>*

**Resumo** – Algumas variáveis exercem forte influência no funcionamento e, conseqüentemente, na qualidade da água em reservatórios artificiais. Dentre elas, o tempo de residência da água pode ser considerado uma das principais, pois o controle do volume acumulado e da velocidade de saída da água resulta em diferentes concentrações de fósforo e de densidade de algas, os quais podem elevar ou diminuir o estado trófico de um manancial. O reservatório Jucazinho é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 800 mil habitantes no Agreste Pernambucano e, desde 2004, mantém suas águas represadas, sem a devida abertura da válvula de descarga para renovação hídrica. Este artigo descreve a estratégia utilizada e os resultados obtidos de um teste experimental de funcionamento da descarga de fundo neste manancial. Observou-se que as concentrações de fósforo ao longo do perfil vertical do reservatório aumentaram após abertura da descarga. No rio, no trecho a jusante, verificou-se que, após abertura da válvula de descarga, a tendência da curva de OD foi a mesma, porém os valores diminuíram, ficando abaixo do recomendado pela legislação. Contudo, em análises anteriores à abertura, já se verificava uma diminuição de OD, revelando possíveis fontes de poluição ao longo percurso do rio neste trecho.

**Palavras-Chave** – Qualidade de água; reservatório.

## IMPACT OF BOTTOM OUTLET IN RESERVOIR

**Abstract** – Some variables exert a strong influence on the functioning and hence on the quality of water in artificial reservoirs. Among them, the residence time of the water can be considered a major because the accumulated volume control and velocity water outlet results in different concentrations of phosphorus and algae density, which can increase or decrease the trophic status a fountainhead. The reservoir Jucazinho is responsible for the supply of approximately 800 000 inhabitants in the Wasteland Pernambucano and, since 2004, maintains its backwaters, without proper opening of the discharge valve for water renovation. This article describes the strategy used and the results obtained from an experimental test of operation of this spring bottom outlet. It was observed that the phosphorus concentration throughout the vertical profile of the shell increased after discharge opening. On the river, in the downstream, it was found that, after opening the discharge valve, the trend curve DO is the same, but the values decreased, falling below the recommended legislation. However, in previous analyzes opening, already verified a decrease of DO, revealing possible sources of pollution along the route of the river in this stretch.

**Keywords** – Water quality, reservoir.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos continentais estão sujeitos a um conjunto de impactos resultantes das atividades humanas e dos usos múltiplos das bacias hidrográficas e à medida que aumentam e se diversificam, mais complexos se tornam e mais difícil é a solução dos problemas a eles relacionados (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

<sup>1\*</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE. [ionarameh@yahoo.com.br](mailto:ionarameh@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco- SRHE. [almir.cirilo@gmail.com](mailto:almir.cirilo@gmail.com)

<sup>3</sup> Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC. [mauromarinho@gmail.com](mailto:mauromarinho@gmail.com) e [cleniotorresfilho@yahoo.com.br](mailto:cleniotorresfilho@yahoo.com.br)

Em se tratando de problemas em corpos hídricos, a eutrofização é o mais comum e que, atualmente, tem despertado grande interesse e preocupação por parte do poder público, visto que compromete os usos previstos da água, podendo oferecer riscos à saúde da população (BARBOSA, 2012).

Diante desta realidade, cabe aos órgãos gestores de recursos hídricos a implementação de políticas e ações com o objetivo de manter aptas as escassas reservas hídricas. Para tal, ações de recuperação e conservação em bacias hidrográficas e mananciais são, sem dúvida, estratégias para um maior aproveitamento das águas represadas e o controle dos recursos hídricos.

Tundisi e Tundisi (2011) enumeram algumas técnicas que promovem a recuperação de bacias hidrográficas e a capacidade de auto-sustentação de ecossistemas aquáticos, dentre elas destacam-se reflorestamento da bacia hidrográfica e a introdução de corredores de florestas de espécies nativas; recuperação dos rios da bacia hidrográfica e o tratamento de esgotos domésticos, de efluentes industriais e o reuso da água; a conservação e recuperação de áreas alagadas como sistema tampão e de tratamento, assim como a construção pré-reservatórios em tributários com altas taxas de material em suspensão e o gerenciamento e adequação da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas na bacia hidrográfica e o gerenciamento integrado dos usos do solo da bacia hidrográfica.

Estas medidas são de caráter preventivo, contudo não devem ser adotadas isoladamente, mas em conjunto através de programas de manejo integrado da bacia hidrográfica para atingir o objetivo de redução de cargas poluentes.

Por outro lado, quando a eutrofização é uma realidade a ser enfrentada em reservatórios artificiais, deve-se recorrer também às medidas corretivas para controle do processo. Segundo Esteves (1998), só a eliminação das fontes externas não é suficiente para o ecossistema em adiantado estágio de eutrofização, retornar, através de mecanismos próprios, à estabilidade ecológica original. O mecanismo de “fertilização interna” é muito eficiente, pois garante a reciclagem constante de nutrientes, mantendo a sua condição eutrófica.

Uma alternativa bastante promissora quando se almeja a recuperação do reservatório é a adoção dos chamados métodos ecotecnológicos que são conhecidos por, em geral, utilizar tecnologias de baixo custo que incorporam um conjunto de técnicas que promovem a utilização de mecanismos inerentes ao ecossistema para a sua recuperação e conservação. Como exemplo desta tecnologia pode ser citado o uso do tempo de residência em reservatórios para controlar a biomassa de cianobactérias e, portanto, os florescimentos indesejáveis que podem produzir toxinas (STRASKRABA, TUNDISI & DUNCAN, 1993; STRASKRABA et al. 1995 apud TUNDISI & TUNDISI, 2011).

Uma das consequências da qualidade deteriorada da água hipolimnética em reservatórios é a perda do uso de volumes consideráveis em função da péssima qualidade da água nas camadas mais profundas. Este hipolímnio, além de elevada concentração de matéria orgânica e anoxia, apresenta concentrações muito altas de gases como CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Fe e Mn (STRASKRABA, TUNDISI & DUNCAN 1993, STRASKRABA & TUNDISI, 1999 apud TUNDISI, 2011).

Andreoli e Carneiro (2005) mencionam que a liberação de água das camadas mais profundas do manancial afetado é uma das estratégias ou métodos físicos mais eficientes por quebrar o ciclo de acúmulo de fósforo no sedimento e poder escoar mais nutrientes para fora do corpo d'água do que os sedimentos podem acumular por ano. O aumento do fluxo da água, visando reduzir o tempo de residência, tem efeitos diretos na redução de biomassa de algas, porém uma condição básica para o emprego deste método é a disponibilidade de água para tal fim.

Assim como muitos reservatórios brasileiros, o reservatório Jucazinho, localizado na Bacia do rio Capibaribe no estado de Pernambuco, apresenta a qualidade das águas deteriorada em função do aporte de nutrientes devido ao uso e ocupação da bacia hidrográfica contribuinte.

A montante do reservatório encontram-se algumas cidades, dentre elas o núcleo urbano de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, que despejam, sem nenhum tratamento, seus esgotos domésticos. O rio também é destino dos efluentes industriais sem o devido tratamento de dezenas de lavanderias de jeans, neste último município.

Como agravante do problema, o reservatório Jucazinho, desde 2004, mantém suas águas represadas, sem a devida operação do dispositivo de descarga de fundo, o que contribui ainda mais para o acúmulo de nutrientes e outros elementos nas camadas inferiores do manancial.

Jucazinho é responsável por abastecer em torno de 800 mil habitantes na região do Agreste Pernambucano e, devido ao atual estado trófico de suas águas, torna-se imprescindível a realização de estudos que direcionem ações de controle do processo de eutrofização, tendo em vista o crescente aumento das concentrações de nutrientes e, sobretudo, a possibilidade de ocorrência de proliferação de cianobactérias no manancial.

O teste experimental de descarga de fundo no Jucazinho foi previsto e realizado tendo em vista a necessidade de operação do reservatório para melhoria da qualidade da água. Este teste embasou uma pesquisa maior que definiu volumes mensais a serem liberados, visando à redução das concentrações de fósforo total e, conseqüentemente, a tendência à eutrofização das águas ao nível do que recomenda a Resolução CONAMA 357/05 (BARBOSA, 2012).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Como se sabe, a qualidade da água a ser liberada pela descarga de fundo é bastante deteriorada em função da sedimentação de elementos nas camadas mais profundas do reservatório. Por esta razão, é prudente a realização de testes operacionais com a liberação de volumes predefinidos, efetuando-se monitoramento da água em pontos estratégicos no trecho, inclusive no próprio manancial.

Em articulação com a Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC e a Companhia Pernambucana de Saneamento- COMPESA foi definida uma estratégia de abertura da descarga de fundo do reservatório, a qual foi realizada no período de 30/01/2012 a 24/02/2012. Procedeu-se a liberação de uma vazão de 15 m<sup>3</sup>/s de água durante este período e coletaram-se amostras de água em três pontos a jusante de Jucazinho: o primeiro ponto localizado a 1 km do barramento; o segundo e o terceiro, a montante e jusante da cidade de Limoeiro, respectivamente. Também foram realizadas coletas de água no próprio manancial na superfície do lago, a dez e a trinta metros de profundidade, visando conhecer o comportamento do fósforo dentro do reservatório após abertura da válvula de descarga. A Figura 1 apresenta os pontos de monitoramento da qualidade da água definidos no trecho considerado.

Os parâmetros escolhidos para monitoramento do rio em face da descarga de fundo do reservatório foram pH, OD, DBO, amônia, fósforo total, nitrato, nitrito, sulfato e alguns metais (cádmio, chumbo, cromo, manganês, zinco, níquel e ferro).

É importante salientar que os corpos hídricos da Bacia do Capibaribe ainda não estão enquadrados segundo a CONAMA 357/05 e, enquanto isto não ocorre, os rios de águas salobras, como é o caso do Capibaribe, deverão ser considerados de classe I. Contudo, a referida Resolução complementa que para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por

influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

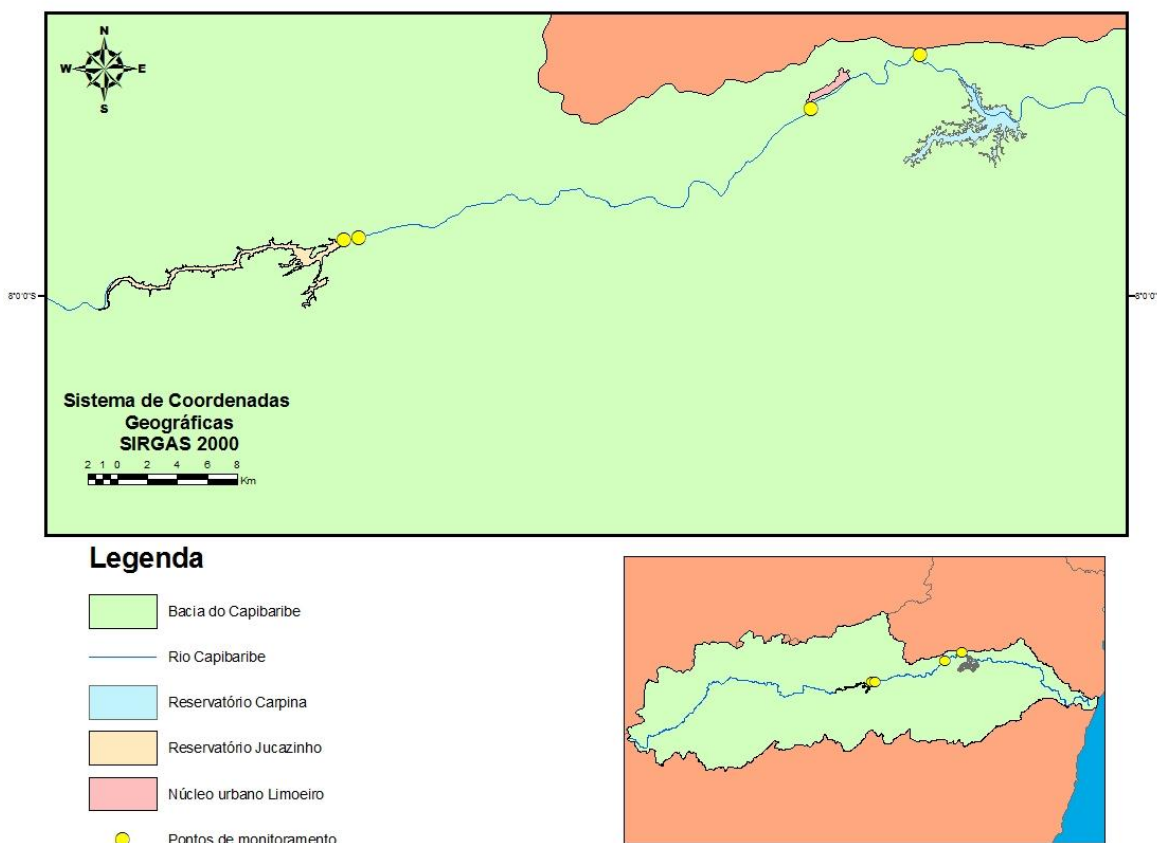


Figura 1- Área do trecho a jusante de Jucazinho com os pontos de monitoramento da qualidade da água. Fonte: Barbosa, 2012.

Para águas salobras (classe I), a CONAMA 357/05 estabelece que o limite de OD é não inferior a 5 mg/L. Para águas doces (classe II- correspondente a classe I de água salobra), o fósforo total deve ser de até 0,050 mg/ L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico e de 0,03 mg/L para ambientes lânticos. Contudo, vale lembrar que estes valores são metas a serem atingidas, quando se efetua o enquadramento do corpo hídrico.

Foi adotado um volume mínimo no reservatório acima do qual a operação da descarga de fundo em Jucazinho pode ser efetuada. Esta imposição já foi levada em consideração no balanço de massa estabelecido no estudo maior anteriormente citado, porém a qualidade da água também é uma restrição a ser atendida nesta operação. Com o teste, avaliou-se o comportamento da água liberada no trecho a jusante de Jucazinho e no manancial, garantindo a segurança quanto à qualidade da água do rio em face à liberação dos volumes de descarga definidos no estudo supracitado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O monitoramento efetuado em Jucazinho e nos pontos a jusante deste mostra o comportamento da qualidade da água diante da operação da descarga de fundo efetuada no período

de 30/01/12 a 24/02/2012. As Tabela 1 e Tabela 2 apresentam os resultados dos parâmetros monitorados no reservatório e no trecho a jusante.

Vale salientar que a vazão de 15 m<sup>3</sup>/s, liberada pela descarga de fundo em Jucazinho, alcança a entrada do reservatório de Carpina em aproximadamente 13 horas, conforme modelo hidrodinâmico adotado pela APAC. Diante disto, a data de coleta, bem como a escolha dos pontos de monitoramento foram definidos visando acompanhar o impacto deste volume próximo ao reservatório de Carpina, localizado a jusante de Jucazinho, conforme mostra a Figura 1 e Figura 2.

A partir das Tabela 1 e Tabela 2, observa-se que maior parte dos dados relativos às formas de nitrogênio, seja no rio ou no reservatório, não foi detectada nas análises, esta última reforça o verificado no monitoramento sistemático da APAC/CPRH, realizado bimestralmente no referido reservatório.

Tabela 1- Resultados das análises realizadas em Jucazinho e no ponto a 1 km do barramento no dia 01/02/2012, após descarga de fundo.

Parâmetro	Superfície	Prof. 10 m	Prof. 30 m	Ponto a 1 km
pH	8,8	8,6	7,7	7,7
Condutividade elétrica a 20°C (µs/cm)	1573	1558	1549	1549
Amônia (mg/l)	ND	ND	1,47	1,39
Nitrito (mg/l)	ND	ND	ND	0,07
Nitrato (mg/l)	ND	ND	ND	ND
Sulfato (mg/l)	45,8	48,7	45,1	41,1
Manganês total (mg/l)	0,011	0,02	0,95	0,32
Fósforo total (mg/l)	0,42	0,41	0,60	0,59
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4,8	4,5	0	4,3
Demanda bioquímica de oxigênio 5 dias a 20°C (mg/l)	3,1	1,9	10	3,6

ND= não detectado. Fonte: APAC/CPRH.

Tabela 2- Resultados das análises realizadas no rio, a montante e jusante de Limoeiro, com as respectivas datas de coleta (30/01/2012 antes e 01/02/2012 após abertura válvula).

Parâmetro	Montante	Jusante	Montante	Jusante
	(30/01/12)	(30/01/12)	(01/02/12)	(01/02/12)
pH	8,3	8,1	8,2	8
Condutividade elétrica a 20°C (µs/cm)	1906	2061	2240	1864
Amônia (mg/l)	ND	ND	ND	ND
Nitrito (mg/l)	ND	0,1	ND	0,07
Nitrato (mg/l)	ND	0,11	ND	0,06

Sulfato (mg/l)	60,9	65	68,4	64,1
Fósforo total (mg/l)	0,35	0,52	0,51	0,59
Oxigênio dissolvido (mg/l)	6,5	5,7	3,7	3,5
Demanda bioquímica de oxigênio 5 dias a 20°C (mg/l)	6,2	3,5	3,4	3,9

ND= não detectado. Fonte: APAC/CPRH.

A maioria dos parâmetros inorgânicos analisados como Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Cromo Total, Ferro Dissolvido, Níquel Total e Zinco Total não foram detectados. Alguns apresentaram valores, porém dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05. Apenas o Manganês Total a 1 km do Jucazinho e na profundidade de 30 metros, após abertura da descarga, apresentou valor acima do exigido para a atual classe do rio e do reservatório.

Porém, o fósforo total em nenhuma das coletas de água no rio atende a legislação, permanecendo acima do limite de 0,05 mg P/L, independente da liberação da água pela descarga de fundo, indicando pontos de poluição ao longo do percurso. Para o reservatório, nas diferentes profundidades, o fósforo permaneceu acima de 0,03 mg P/L, limite máximo permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, apresentando valores elevados para as maiores profundidades, corroborando com os resultados obtidos em campanha realizada em 15/09/2011. Com a abertura da válvula ocorreu o que já era esperado: ressuspensão dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório, o que justifica valores maiores para o fósforo após esta operação, na profundidade de 30 metros (Tabela 1) quando comparado com os valores encontrados em campanhas anteriores (15 e 27/09/2011).

A avaliação da DBO e do OD deve ser feita separadamente para os dois ambientes estudados. No reservatório, verifica-se a elevação de DBO e a diminuição do OD com o aumento da profundidade, o que era previsto tendo em vista as condições impostas neste ambiente. Porém, a 1 km de distância do Jucazinho, o OD é bem maior do que o liberado na descarga de fundo e a DBO é reduzida, como mostram os valores destes parâmetros apresentados na Tabela 1.

Para a análise da qualidade da água do rio, a Figura 2 e 3 apresentam gráficos que relevam o comportamento do OD e da DBO, antes e após a abertura da válvula de descarga.

Para o rio, como mostra a Figura 3, observa-se que, após abertura da válvula de descarga, a tendência da curva de OD é a mesma, porém os valores diminuíram, ficando abaixo do recomendado pela legislação (águas salobras classe I). Este fato era esperado devido à quantidade de matéria orgânica contida na água hipolimnética liberada e a “lavagem” da calha do rio induzida pelo escoamento da água que transporta o esgoto estagnado no rio durante o período de estiagem. A diminuição do OD, para as amostras após abertura da válvula, se deve aos efeitos da diluição da DBO do volume de descarga com as águas do rio. Contudo, nas análises anteriores a abertura (Figura 2), já se verifica uma diminuição de OD, revelando possíveis fontes de poluição no rio.

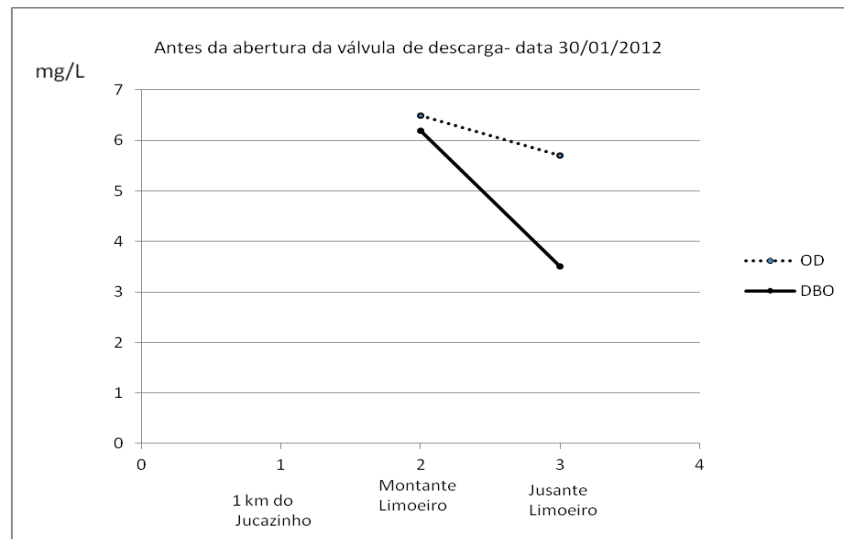


Figura 2- Comportamento do OD e da DBO no trecho a jusante de Jucazinho, a montante e jusante de Limoeiro antes da abertura da válvula de descarga.

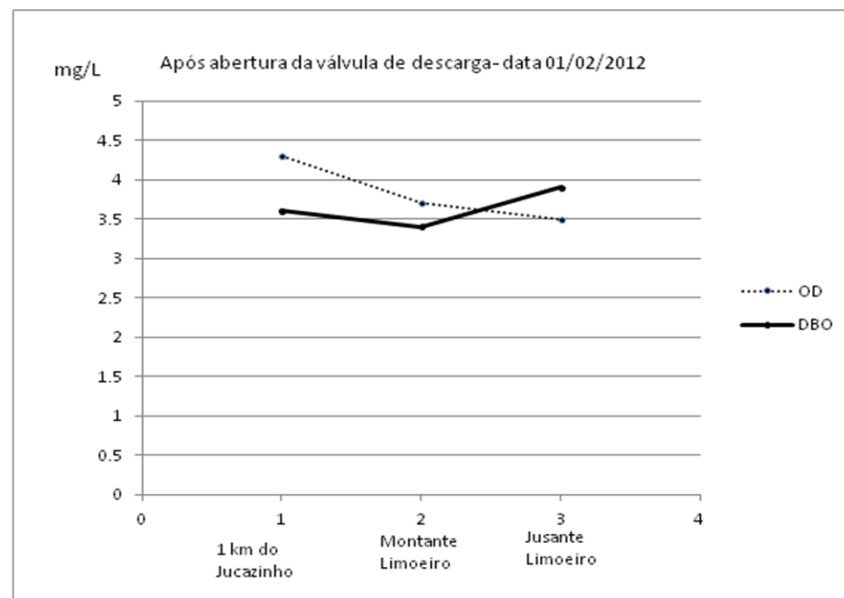


Figura 3- Comportamento do OD e da DBO no trecho a jusante de Jucazinho, jusante e montante de Limoeiro após a abertura da válvula de descarga.

Por outro lado, uma análise dos valores observados de DBO na Figura 2 reforça esta observação, pois, mesmo antes da abertura da válvula, este parâmetro apresenta-se alto com tendência a diminuição. Para esta situação, mesmo com a entrada dos esgotos de Limoeiro, a DBO diminui acentuadamente graças ao alto teor de oxigênio encontrado neste trecho (acima de 5 mg/L).

Observa-se também na Figura 3 que após a cidade de Limoeiro a tendência de diminuição da DBO não é verificada. Este fato está associado ao lançamento de esgoto bruto do núcleo urbano nestas proximidades, corroborando com o que foi verificado na análise do OD, neste mesmo gráfico.

Vale ressaltar que no estudo maior anteriormente citado os valores de descarga de fundo são diferentes para cada mês do ano, tendo em vista os meses de estiagem e chuvosos, entretanto os valores se repetem a cada ano para o período em estudo (março/ 2012 a agosto/2023). O maior valor de descarga obtido foi de 9,07 m<sup>3</sup>/s, para abril de 2012, enquanto que a vazão no teste foi de 15 m<sup>3</sup>/s.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o teste, verifica-se, até a montante de Limoeiro, que a descarga de fundo efetuada em Jucazinho reproduziu a mesma tendência (OD e DBO) quando da sua não operação, porém com valores mais reduzidos de OD. Contudo, após a cidade, com a entrada dos esgotos do núcleo urbano, verifica-se que a DBO se eleva, a ponto do rio não conseguir, dentro do trecho analisado, voltar a reproduzir a tendência anterior verificada.

De forma geral, os resultados observados atestam que a operação do reservatório proposta pode ser feita sem risco de contaminação mais severa, dado que as vazões a serem liberadas serão inferiores ao valor de vazão do teste realizado.

É importante salientar que a abordagem apresentada neste artigo possui certa restrição. Após o teste operacional, a região do Agreste, onde está localizado o reservatório Jucazinho, passou por um período crítico de estiagem, acarretando em adiamento da abertura da descarga de fundo. Diante da situação imposta, devem ser conduzidos novos estudos complementares, incluindo campanhas de testes operacionais da válvula de descarga para acompanhamento da qualidade da água liberada.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Eds.) (2005). *Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados*. Ed. Graf. Capital Ltda, Curitiba. 500p.

BARBOSA, I. M. B. R. (2012). *Planejamento da operação de reservatório objetivando a melhoria da qualidade da água: estudo de caso no Agreste Pernambucano*. 138f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Pernambuco- CTG- Departamento de Engenharia Civil, Recife.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: jun. 2009.

ESTEVES, F. A. (1998) *Fundamentos da Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. and DUCAN, A. (1993). State of the art of reservoir limnology and water polity management. In: *Comparative Reservoir Limnology and water quality Management*. Org. por Straskraba, M.; Tundisi, J.G.; Ducan, A., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, pp. 213-288.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (2011) *Água no Século XXI: Enfrentando a escassez*. 4. Ed. São Carlos: Rima. 256p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.