

ANÁLISE DO ELEMENTO FÓSFORO EM PERFIL VERTICAL E A QUALIDADE DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO JUCAZINHO, EM SURUBIM - PERNAMBUCO

Maria Helena Gonçalves Lima (*), Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *campus* Recife; helenaglima9@gmail.com.

RESUMO

O reservatório Jucazinho é responsável por abastecer em torno de 800 mil habitantes na região do Agreste Pernambucano. O crescimento populacional verificado nesta região provoca aumento na demanda de água para abastecimento, ao mesmo tempo que se intensificam os despejos de efluentes domésticos e industriais em rios e lagos. Nesse sentido, ambientes lênticos ficam mais sujeitos a ter uma elevação do estado trófico, o que pode vir acarretar diversos problemas atrelados à saúde e qualidade ambiental. A montante do reservatório encontram-se os núcleos urbanos das cidades de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, que despejam seus efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento, contribuindo consideravelmente para a elevação do elemento fósforo na coluna d'água. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Jucazinho, através da análise das concentrações de fósforo em perfil vertical e a carga acumulada no reservatório, no período de 2001 à 2013. Foram realizadas coletas de amostras de água no reservatório e os resultados foram manipulados em planilhas eletrônicas e aplicados em equação. Como resultados, observa-se que o quantitativo de fósforo acumulado no manancial tem se elevado nos últimos anos, principalmente no período chuvoso. No que diz respeito ao aporte de fósforo, o reservatório acumulou uma carga elevada de fósforo total, em sua coluna d'água, apesar das perdas ao longo do percurso do Rio Capibaribe. É necessário que sejam tomadas medidas pelo poder público, principalmente no que diz respeito a fiscalização dos lançamentos de efluentes das lavanderias de jeans e a implantação de sistema de tratamento de efluentes sanitários para as cidades, visando à melhoria da qualidade de água e, conseqüentemente, da qualidade ambiental e qualidade de vida da população que é abastecida com as águas do reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório, Fósforo, Jucazinho, Qualidade Ambiental.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos ecossistemas aquáticos estão os reservatórios, os quais apresentam uma importância fundamental pela sua própria característica de usos múltiplos, como produção de energia elétrica, irrigação, criação de peixes, abastecimento humano, navegação e recreação. No entanto, a disposição de resíduos (nutrientes e poluentes) têm gerado diversos problemas e ocasionando a eutrofização dos reservatórios, aumentando a carga de sedimentos depositados, bem como a concentração de metais pesados e outros elementos tóxicos (LEITE, 1998).

Para que fosse revertido esse quadro de degradação ambiental, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), através da Lei Federal nº 9433 de 1997, e junto com ela o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, visando efetivar o planejamento, o controle e a tomada de decisão no tocante à gestão dos recursos hídricos. Em Pernambuco, como um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), instituída pela Lei 12.985 de 30 de dezembro de 2005, o monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos do Estado fornece subsídios para implementação de ações de combate à poluição.

Como área de estudo, o reservatório Antônio Gouveia Neto, popularmente conhecido como Jucazinho, foi construído pela DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as Secas) e inaugurado em 1998 com o principal objetivo o controle de inundações. Contudo, desde sua construção, já se previa o aproveitamento das águas para atendimento da crescente demanda de abastecimento (BRASIL, 1995), apesar de não ter sido construída a torre de captação de água para este fim.

Este manancial é responsável por abastecer em torno de 800 mil habitantes na região do Agreste Pernambucano e juntamente com o reservatório de Carpina, o Goitá e o Tapacurá formam o sistema de reservatórios de maior porte da bacia do Capibaribe. Todos eles são operados para usos múltiplos, especialmente abastecimento de água e controle de enchentes a jusante de suas barragens e são gerenciados por uma comissão constituída por órgãos federais e estaduais sob a coordenação da SRHE-PE (PE- SRHE, 2010).

A montante do reservatório encontram-se algumas cidades, dentre elas o núcleo urbano de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, que despejam, sem o devido tratamento, seus esgotos domésticos. O rio também é destino dos efluentes industriais de dezenas de lavanderias de jeans, neste último município (BARBOSA, 2012).

Toritama é conhecida pela quantidade de lavanderias instaladas no município, atendendo à demanda da indústria de confecções de jeans da cidade e de outras vizinhas, demandando grandes volumes de água no seu processo de produção.

Uma das características das lavanderias de Toritama é que estas empresas são prestadoras de serviço para muitas fábricas de jeans espalhadas pelos municípios que formam o Polo de Confeccões do Agreste. Portanto, o volume de peças lavadas é bastante superior ao verificado nas lavanderias instaladas em outros municípios, que geralmente confeccionam e lavam apenas sua própria produção. Segundo ALMEIDA (2008), a maioria das lavanderias é responsável por lançar os efluentes industriais que resultam das etapas de lavagem, amaciamento, estonagem e tingimento do jeans sem o tratamento adequado, apesar da existência do sistema de tratamento. Os efluentes líquidos resultantes desses processos contêm diferentes produtos químicos utilizados na indústria têxtil dentre eles, detergentes e amaciantes, capazes de elevar o nível de poluição do rio. Além disso, também são observados cor intensa, alta salinidade e metais pesados que fazem parte da constituição dos corantes e que são tóxicos ao meio ambiente e ao homem (SANTOS, 2006).

O fósforo, especificamente, existe em baixa disponibilidade no ambiente natural quando comparado com outros macronutrientes (WETZEL & LIKENS, 1991). Como as possíveis causas dessa escassez têm-se a baixa abundância deste elemento na crosta terrestre; a pouca solubilidade dos minerais fosfatados; por este elemento não existir na forma gasosa e por se unir fortemente às partículas finamente granuladas, o que favorece a sua remoção da água, transportando-o para o sedimento de fundo (CHAPRA, 2008). Com a finalidade de diminuir este sedimento de fundo, é previsto pelo órgão gestor estadual a operação da válvula de descarga de fundo de Jucazinho como forma de renovação da água represada, contribuindo para a melhoria da sua qualidade, além de aumentar sua capacidade de contenção de enchentes e perenizar o trecho a jusante do manancial.

Esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Jucazinho, através da análise das concentrações de fósforo em perfil vertical e a carga acumulada no reservatório, no período de 2001 à 2013.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O Jucazinho localiza-se na bacia hidrográfica do rio Capibaribe no Agreste pernambucano, entre os municípios de Surubim e Cumaru, com capacidade máxima de 327.035.000 m³. Na Figura 1, tem-se um mapa temático da bacia do Capibaribe, na parte superior direita apresenta-se o polígono do reservatório, destacando a sua extensão dentro da bacia; e à esquerda, a localização do núcleo urbano da cidade de Toritama, com destaque para os pontos vermelhos que localizam as lavanderias existentes neste município. (VERIFIQUE O QUE CORTEI DO SEU TEXTO)

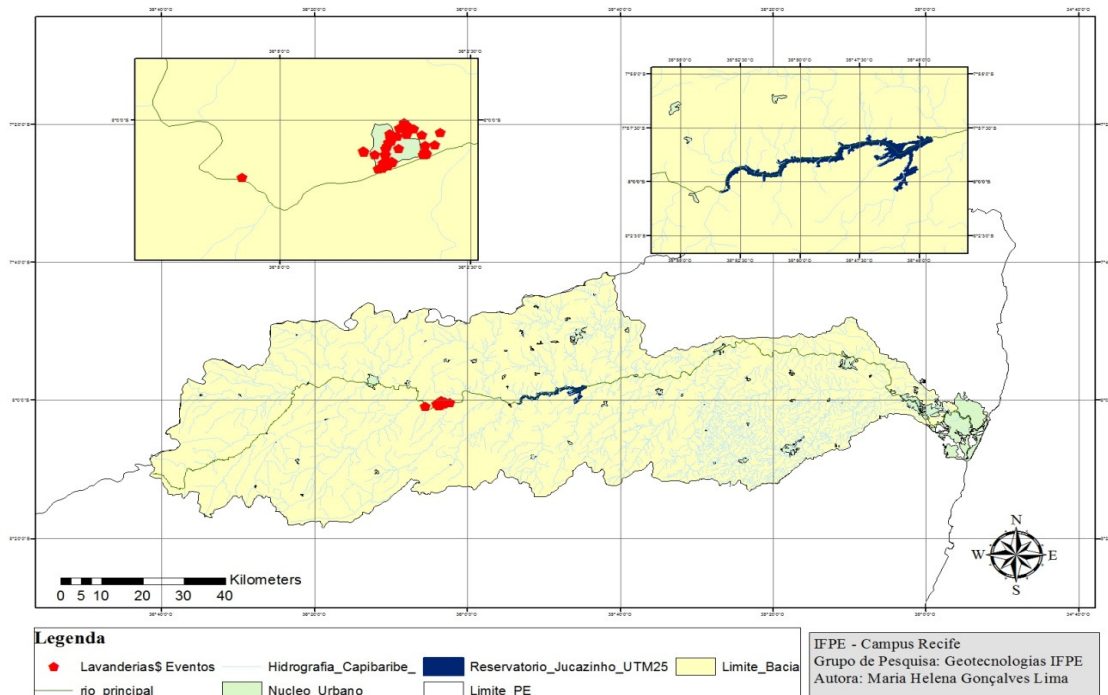


Figura 1 - Mapa temático da Bacia Hidrográfica do Capibaribe. Fonte: Autora do trabalho.

Monitoramento do fósforo total na coluna d'água

Os resultados de fósforo total das campanhas realizadas em 2001 e 2004 foi obtido junto a Companhia Pernambucana de Saneamento- COMPESA em diferentes profundidades. Já a campanha de 2011 foi realizada para um estudo específico (tese de doutorado) e a de 2013 foi realizada para subsidiar projeto de pesquisa, financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco- FACEPE. A Figura 2 mostra o barramento e o flutuante de captação de água da COMPESA, locais utilizados como pontos de coleta de água em perfil vertical.



Figura 2 - Flutuante da COMPESA, utilizado como ponto de captação de água para abastecimento. Fonte: Autora do Trabalho, 2013.

Nas coletas em profundidade, foi necessária a utilização da garrafa *Van Dorn*, cilindro de 2,2 L de volume, aberto nas extremidades e projetada com duas vedações, que quando acionadas, permitem a coleta de água na profundidade desejada. As amostras de água foram depositadas em frascos previamente definidos e preservadas em caixas térmicas com gelo até o momento da análise.

O fósforo total das amostras da COMPESA, assim como da CPRH foi determinado colorimetricamente pelo método do ácido ascórbico com digestão pelo persulfato de potássio. A metodologia utilizada para as coletas das amostras, bem como para as análises são as indicadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (ALBUQUERQUE, 2005). A maior parte deste conjunto de amostras foi coletada a cada 5 metros de profundidade ao longo do perfil da água do reservatório.

Carga de fósforo total acumulada

Procurou-se calcular o conteúdo de fósforo baseado na curva cota x volume e nos dados observados de concentração deste elemento ao longo da coluna de água. Concentrações médias (C_z) foram obtidas entre duas profundidades e seus respectivos volumes (V_z), o qual foi definido pela curva cota x volume através da diferença de volumes nas extremidades inferior e superior da camada considerada. O conteúdo de fósforo acumulado no reservatório (P) é dado pelo somatório das cargas nas camadas consideradas, conforme equação abaixo:

$$P = \sum_1^n C_{z_n} * V_{z_n} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

C_{z_n} é a concentração média de fósforo total na camada n e;

V_{z_n} é o volume de água na camada n .

Importante salientar que o somatório das cargas é feito da superfície da água até o ponto de amostragem mais profundo (Figura 3). Esta abordagem é descrita em Jorgensen e Vollenweider (1988) como sendo uma das alternativas para obtenção da carga de uma substância num corpo de água.

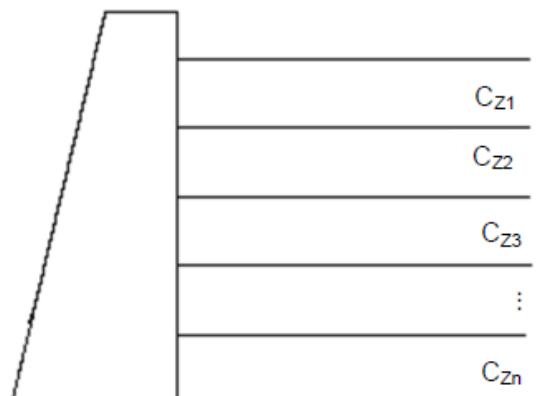


Figura 3 - Figura esquemática mostrando as variações de concentração média de fósforo entre camadas de volume no reservatório. Fonte: Barbosa, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação das principais fontes na área

As principais causas da poluição do reservatório são advindas do esgoto industrial despejado de forma inadequada no rio Capibaribe pelas lavanderias, concentradas principalmente em Toritama e os efluentes domésticos (Figura 4) dos núcleos urbanos desta cidade, de Santa Cruz do Capibaribe e de um povoado chamado Trapiá, pertencente ao município de Riacho das Almas, localizado no remanso do reservatório.



Figura 4 - Canal que conduz esgoto bruto para o rio Capibaribe e lançamento de esgoto bruto direto no rio, em Toritama-PE. Fonte: Barbosa, 2012.

Avaliação do fósforo total na coluna d'água

As concentrações de fósforo total nos anos de 2001, 2004, 2011 e 2013 permitiram uma avaliação do comportamento deste nutriente ao longo dos anos em Jucazinho. Na Figura 5, verifica-se a variação de fósforo na coluna de água nas respectivas datas de amostragem.

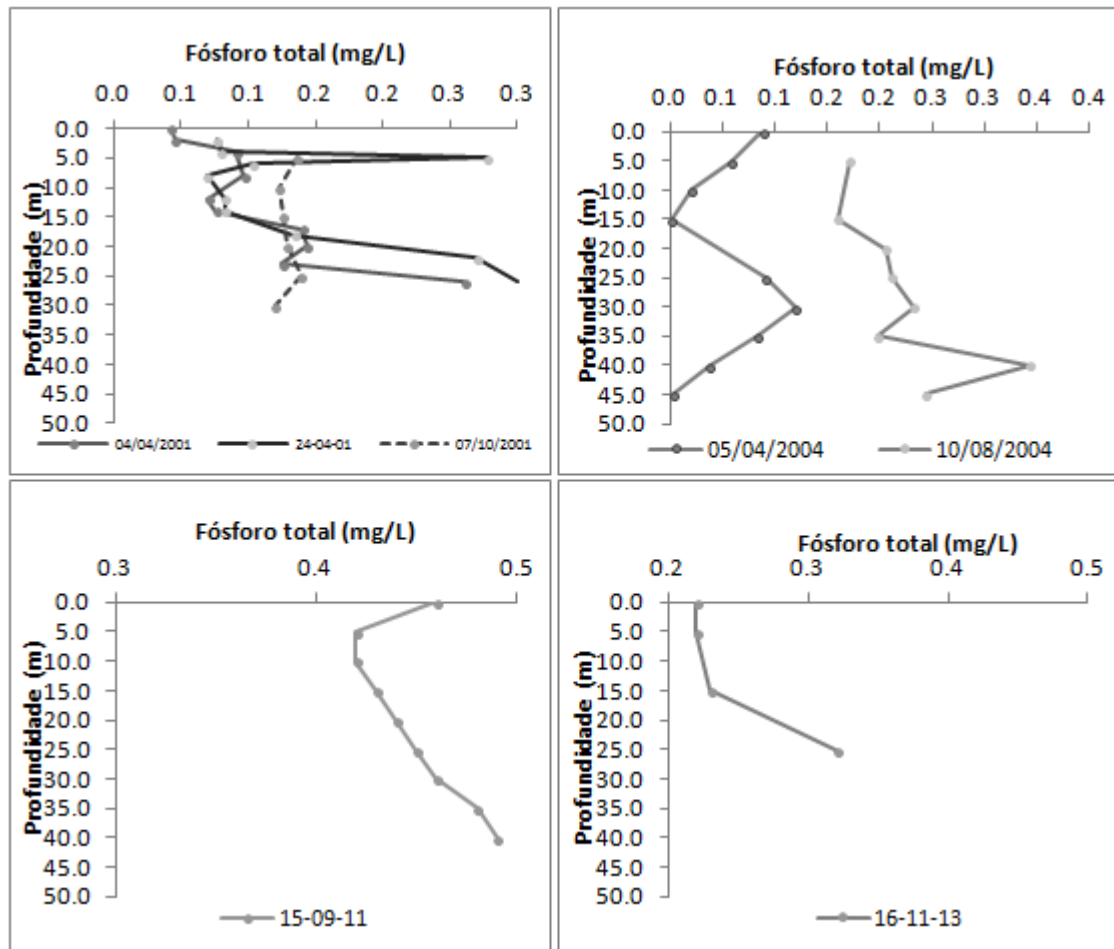


Figura 5 - Variação da concentração de Fósforo Total em perfil vertical em Jucazinho. Fonte: Elaborada com dados do monitoramento da Companhia Pernambucana de Saneamento- COMPESA e da Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC.

Pelo primeiro gráfico, verifica-se uma maior variação das concentrações ao longo da coluna de água nas campanhas realizadas em 04/04 e 24/04/2001, enquanto que os dados de P da campanha realizada no dia 10/07/2001, apresentam-se mais homogêneos, mantendo-se entre 0,10 e 0,20 mg/L. Esta variação, nas duas primeiras amostragens, pode estar associada às manobras operacionais na válvula dispersora para a descarga de fundo em Jucazinho, realizada no período de dezembro de 2000 até abril de 2001, conforme afirmado por Albuquerque (2005).

Para os perfis do ano de 2004, observa-se que no fim do verão (05/04/2004) há menor conteúdo de fósforo no perfil quando comparado com os valores obtidos na campanha realizada no fim do período chuvoso (10/08/2004). Em relação à amostragem efetuada em 15/09/2011, o terceiro gráfico, verifica-se pouca variação das concentrações deste nutriente da superfície ao fundo do reservatório nas profundidades amostradas.

Diferentemente das outras amostras, em novembro de 2013, observou-se uma diminuição considerável no quantitativo de fósforo, assim como menor variação. Isso se deve pelo fato de ser um período de estação seca e, consequentemente, ocorre um menor transporte de efluentes líquidos para o rio principal e consequentemente para coluna d'água do Jucazinho.

Como estratégia de explicar a relação das chuvas com os resultados do fósforo em profundidade, entre os anos 2010 e 2013, tornou-se necessário apresentar, em formato de gráfico (Figura 6), o volume de água acumulado (m³) no reservatório Jucazinho. Através deste, verifica-se que o volume médio no reservatório em 2012 e 2013 permanece em um patamar menor do que para os anos de 2010 e 2011, inclusive neste último o volume, em alguns dias desse ano, ultrapassou sua capacidade de acumulação, o que provocou o vertimento da água. A variação de volume de água acumulado e de fósforo no manancial nesse período ratifica que a chuva mantém forte relação com o aporte de nutrientes no Jucazinho.

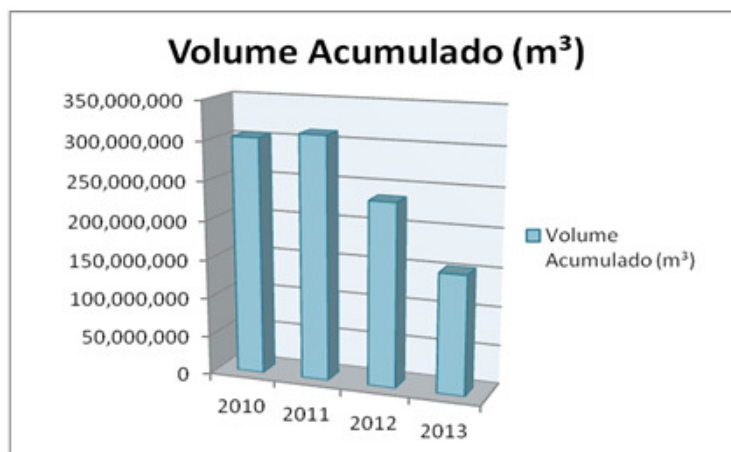


Figura 6 - Gráfico indicativo da média anual do volume acumulado em Jucazinho entre os anos 2010 e 2013. Fonte: Elaborada com dados do monitoramento da APAC.

Cálculo da carga de fósforo total acumulada

Seguindo a metodologia descrita anteriormente, obteve-se a carga acumulada de fósforo total no período estudado, os quais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Carga de fósforo total acumulada no reservatório Jucazinho.

Data	Carga (kg/dia)
04/04/2001	11.962,64
24/04/2001	14.528,64
10/07/2001	12.179,88
05/04/2004	15.640,62
10/08/2004	46.824,70
15/09/2011	138.077,32
16/11/2013	26.462,62

Observando a Tabela 1, nota-se um aumento considerável de fósforo no reservatório entre os anos de 2004 e 2011, que pode ser justificado pela ausência de descarga de fundo neste período, a qual, sendo efetuada, faria com que houvesse a eliminação de parte da carga de fósforo na massa líquida, próximo à saída, como ocorrera no ano de 2001.

Diferentemente das outras amostras, em novembro de 2013, observou-se uma diminuição considerável do conteúdo de fósforo, assim como menor variação deste elemento no perfil. Isso se deve ao fato desta região ter passado em 2012 e 2013 por um período de forte estiagem e, conseqüentemente, menor afluência ao reservatório. E, como citado anteriormente, os efluentes lançados ao rio Capibaribe ficam estagnados na calha e somente são carreados no período de chuvas.

Considerando o clima da região, Esteves (1998) menciona que em lagos tropicais, a ciclagem de matéria orgânica processa-se de maneira mais rápida do que em lagos de regiões temperadas. Assim, a maior parte da matéria orgânica é decomposta na coluna d'água, mesmo antes de alcançar o sedimento. Essa alta taxa de decomposição decorre das altas temperaturas (superior a 20°C), que normalmente são observadas em ecossistemas desta região, em períodos de estiagem.

CONCLUSÃO

A partir dos motivos de localização do Jucazinho, ou seja, de estar à jusante de cidades do agreste de Pernambuco e, pelo fato dessas cidades não possuírem esgotamento sanitário, fazendo o despejo dos efluentes sanitários no corpo hídrico; também pela falta de fiscalização em relação a indústria têxtil que também despeja nos corpos hídricos seus efluentes, sem o devido tratamento, o estado trófico e o quantitativo de fósforo acumulado em Jucazinho tem se elevado consideravelmente nos últimos anos, principalmente no período chuvoso, podendo ser constatado claramente pelos gráficos de fósforo em profundidade apresentados.

No que diz respeito ao aporte de fósforo e a carga acumulada, chegamos a conclusão de que o reservatório Jucazinho acumulou uma carga elevada de fósforo total (dentro do período estudado) apesar de ter diminuído após período de estiagem, entre 2012 e 2013 e que a chuva tem forte relação com a entrada de nutrientes e, conseqüentemente, com o aumento do nível trófico do manancial.

É necessário urgentemente que sejam tomadas medidas pelo poder público, principalmente o que diz respeito a fiscalização das indústrias e a implantação de sistema de tratamento de efluentes sanitários para as cidades, visando à melhoria da qualidade dessa água, já que o manancial abastece mais de 800 mil habitantes desta região como o todo.

As pesquisas nesse manancial continuam, com coletas em superfície e em profundidade, onde os dados obtidos estão sendo avaliados utilizando a Análise por Componentes Principais (ACP) na intenção de obter resultados que expliquem melhor a variação da qualidade da água no Jucazinho.

REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – CPRH. Diagnóstico Ambiental das Lavanderias de Toritama- PE. Recife, dezembro, 2005.
2. ALBUQUERQUE, Nancy Lins. *Estudos da presença do manganês no reservatório Jucazinho localizado na bacia hidrográfica do rio Capibaribe no Agreste pernambucano- Brasil*. 2005. 96f. Dissertação (mestrado em Tecnologia Ambiental)- Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco- ITEP OS, Recife, Pernambuco, 2005.
3. ALMEIDA, Mansueto. Understanding incentives for clustered firms in Brazil to control pollution: The case of Toritama. In: *Upgrading Clusters and Small Enterprises in Developing Countries*. Brasília: IPEA, 2008. Cap. 6, p.107- 134.
4. BARBOSA, I. M. B. R. (2012). *Planejamento da operação de reservatório objetivando a melhoria da qualidade da água: estudo de caso no Agreste Pernambucano*. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Pernambuco- CTG- Departamento de Engenharia Civil, Recife.
5. BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas- DNOCS. 3ª Diretoria Regional. **Hidrologia do reservatório de Jucazinho**. Recife: Águasolos. 1995. 59p.
6. CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. Long Grove: Waveland Press, Inc. 2008. 844p.
7. COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO- COMPESA. *Esquema do Sistema Adutor Jucazinho*. 2010.
8. ESTEVES, F. A. (1998) *Fundamentos da Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.
9. JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. **Guidelines of lake management. Principles of lake management**. Vol. 1. ILEC/UNEP, 1988. 195p.
10. LEITE, M. A. (1998). *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no Reservatório de Salto Grande (Americana – SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
11. PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Capibaribe*. Recife, 2002.
12. PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos – SRHE. Projeteo BRLi. *Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Capibaribe*. TOMO I (vol 1, 2 e 3) e TOMO IV. Recife, 2010.
13. SANTOS, Ester Oliveira. *Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial*. 2006. 136f. Dissertação (mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Pernambuco- CTG- Departamento de Engenharia Civil, Recife, 2006.
14. TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.
15. WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analyses**. 2. Ed. New York: Springer- Verlag. 1991. 391p.