

# ESTIMATIVA DA CARGA DIFUSA DE NUTRIENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA E HIDRÁULICA DE ALGUNS AÇUDES DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

*Paulo Augusto Pires Sucupira<sup>1</sup>; Walt Disney Paulino<sup>2</sup>; Deborah Mithya Barros Alexandre<sup>3</sup> &  
Andrea Cristina da Silva Ferreira<sup>4</sup>*

**RESUMO** - O principal objetivo deste estudo consiste na elucidação das causas da aceleração do processo natural de eutrofização, em três reservatórios do Estado do Ceará, através da quantificação das cargas difusas de Nitrogênio e Fósforo. A aplicação do Inventário Ambiental dos Açudes, do Modelo Matemático de Cargas de Nutrientes e da coleta de amostras de água, basearam-se em métodos convencionais de pesquisa, atividades de campo, escritório e laboratório. Isto possibilitou o conhecimento das características físicas do meio ambiente e social da bacia hidráulica e de drenagem dos açudes Acarape do Meio, Castro e Serafim Dias. Os resultados indicam que os todos se encontram eutrofizados, podendo-se associar este problema ao processo de degradação ambiental e este aos conflitos dos usos múltiplos da água, falta de saneamento básico e educação ambiental. Desenvolvendo-se através de atividades agrárias rústicas, pastoreio extensivo e agroextrativismo, passíveis a estruturação de atividades socioeconômicas de baixa rentabilidade. O efeito da combinação desses problemas é o incremento na demanda de água potável e o maior risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas que se torna, dessa forma, um problema permanente de saúde pública, na medida em que a água representa um veículo importante de disseminação de diversas doenças.

**ABSTRACT** - Main objective this study consists in elucidation of acceleration natural eutrofization process causes, in three Ceara State dams, through nitrogen and phosphorus diffuse charges quantification. Dams Environmental Inventory application, Charges Nutrients Mathematical Model and water samples collection, based in research conventional methods, field activities, office and laboratory. This enabled basin hydraulics environment physical characteristics knowledge and social drainage dams Acarape do Meio, Castro and Serafim Dias. Results indicate that everybody find eutrophiced, could associate this problem to environmental degradation process and this to water multiple uses conflicts, sanitary basic and environmental education lack. Developing through rustic agrarian activities, extensive pasturing and vegetable extractive, possible activities economy station low profitability structuring. Composite effect these problems is increment in contamination drinking water and biggest risk demand of superficial water and subterranean that is become, a public health permanent problem, in measure where water represents a sowing several diseases important vehicle.

**Palavras-chave:** Eutrofização, fontes difusas, qualidade de água.

---

1) Técnico de Nível Superior da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH, Rua Adualdo Batista, 1.550 Fortaleza, CE, 60.824-140. e-mail: paulo@cogerh.com.br

2) Gerente de Desenvolvimento Operacional da COGERH . e-mail:disney@cogerh.com.br

3) Analista de Gestão dos Recursos da COGERH. e-mail: deborah@cogerh.com.br

4) Técnico de Nível Superior da COGERH. e-mail: andrea@cogerh.com.br

## **1 – INTRODUÇÃO**

O gerenciamento dos recursos hídricos da região semi-árida do Brasil é fundamental para seu uso sustentável. Tal região apresenta escassez de água tanto em termos de disponibilidade quanto de qualidade das águas, ocasionada pelos fatores climáticos, geológicos e antrópicos, que influenciam na renovação das reservas hídricas e na variação da qualidade das águas. Algumas pesquisas vêm procurando observar as conseqüências da ocupação do solo pelo homem, associando a urbanização à poluição dos corpos hídricos devido aos esgotos domésticos, parcialmente ou não tratados, aos despejos industriais, além da impermeabilização de grandes áreas das bacias hidrográficas. Parte dessa poluição gerada em áreas urbanas tem origem também no escoamento superficial das águas de chuva sobre áreas impermeáveis e em redes de drenagem (Tucci, 1995). De acordo com Mansor *et al* (2005), na área rural a poluição difusa é devida, em grande parte, à drenagem pluviométrica de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos carregados quando há erosão do solo, aos nutrientes nitrogênio e fósforo e aos defensivos agrícolas. A drenagem das precipitações em áreas de pecuária é associada, ainda, aos resíduos da criação animal – nutrientes, matéria orgânica e coliformes.

A poluição difusa é difícil de ser quantificada ao nível de bacia hidrográfica, pois depende da interação dos diversos fatores originários tais como a intensidade e duração das precipitações, o tipo de solo, suas formas de uso e a fisiografia do terreno.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar as cargas difusas de fósforo e nitrogênio em três reservatórios do Estado do Ceará, monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH.

## **2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

Os reservatórios estudados foram o Acarape do Meio, Castro e Serafim Dias, estes apresentam duas estações bem definidas: uma seca, em torno de 7 a 8 meses (de julho a dezembro) e uma chuvosa, que, dificilmente, ultrapassa 5 meses, com temperaturas de inverno superiores a 18 °C e concentração das precipitações no outono. As precipitações médias anuais variam de 800 a 1.000 mm. Abrangem parte das regiões de Depressão Sertaneja e Maciços Residuais com altimetria variando dos 140 aos 800 m, respectivamente. As características hidrológicas se encontram na Quadro 1.

Quadro 1 - Características hidrológicas dos reservatórios.

<b>Açude</b>	<b>Município</b>	<b>Bacia hidrográfica</b>	<b>Bacia de contribuição (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>
Acarape do Meio	Redenção	Metropolitana	210,01	31.500.000
Castro	Itapiúna	Metropolitana	353,86	63.900.000
Serafim Dias	Mombaça	Banabuiú	1.616,95	43.000.000

Os trabalhos realizados foram divididos em duas etapas distintas. A primeira etapa constou dos trabalhos iniciais de revisão bibliográfica, tratamento dos dados pré-existentes, ensaios de campo e coleta de novos dados obtidos através da aplicação de metodologias específicas, induzindo a caracterização de seus agentes naturais e antrópicos. A segunda baseou-se na integração dos dados levantados, através de análises das amostras e avaliação dos resultados em escritório.

A metodologia de investigação ambiental estruturou-se em inspeções pontuais feitas em campo com o cadastro de qualificação e quantificação das cargas de poluentes das fontes de poluição pontual e difusa por distrito e na bacia como um todo ou a partir de registros indiretos da localização e extensão de entidades ambientais, como são os procedimentos de interpretação de imagem de satélite.

A partir daí, foram realizados os cálculos das estimativas difusas através da estruturação e calibração de um modelo matemático que possibilite vislumbrar o cenário ambiental atual dos reservatórios, em questão, com a adoção de medidas mitigadoras plausíveis para os impactos negativos identificados. Tendo como base os estudos de Lacerda *et al* (2005) e Vollenweider (1976) provido com dados do IBGE (Censo 2000, Produção Pecuária e Agrícola Municipal) e atualizado com o levantamento de informações pelo Inventário Ambiental dos Açudes, elaborado pela COGERH.

A abordagem empírica tem sido mais utilizada do que a conceitual, devido à dificuldade em se elaborar modelos de base física para o fósforo em um reservatório, bem como de se obter os valores dos coeficientes e dados de entrada necessários. O modelo empírico mais conhecido

mundialmente é o de Vollenweider (1976), desenvolvido predominantemente para *lagos temperados*. Este se apresenta da seguinte forma:

$$P = \frac{L \cdot 10^3}{V \cdot (1 + K_s) \cdot t} \quad (1)$$

Em que : P = concentração de fósforo no corpo d'água (gP/m<sup>3</sup>); L = carga afluenta de fósforo (kgP/ano); V = volume da represa (m<sup>3</sup>); t = tempo de detenção hidráulica (ano); K<sub>s</sub> = coeficiente de perda de fósforo por sedimentação (1/ano).

Vollenweider obteve o valor de K<sub>s</sub> por meio de análise da regressão em função do tempo de detenção na represa. O valor obtido foi:

$$K_s = 1 / \sqrt{t} \quad (2)$$

Salas e Martino (1991), analisando dados experimentais de 40 lagos e reservatórios na América Latina e Caribe, obtiveram, por análise da regressão, a seguinte relação para K<sub>s</sub>:

$$K_s = 2 / \sqrt{t} \quad (3)$$

Devido ao fato de ter sido desenvolvido com base em dados regionais (inclusive brasileiros), acredita-se que o modelo empírico proposto por Salas e Martino (1991) deva ser o modelo utilizado para o planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios em nossas condições. Naturalmente que deve estar sempre presente o espírito crítico e a experiência do pesquisador, para evitar distorções, dada à especificidade de cada reservatório ou lago estudado. Após os cálculos buscou-se a integração dos resultados com os dados das análises das amostras.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com considerações a respeito da ocupação das bacias hidrográficas, classificou-se a bacia do açude Acarape do Meio como sendo urbana, e as dos demais açudes como bacias rurais sem a presença de grandes núcleos urbanos. Foram observados na região no entorno dos reservatórios em questão grandes áreas de pecuária extensiva e solos agricultáveis (culturas de subsistência). O açude Castro é, entre os três, o único com cultivo de peixes em tanques-rede e o

que contém a vegetação ribeirinha mais preservada. A bacia do açude Serafim Dias é a mais degradada, tendo uma extensa área de solos agricultáveis, ocupação irregular das margens com o desmatamento da mata ciliar e da presença de extensas áreas de pecuária.

As atividades agropecuárias no semi-árido, geralmente, dominam a emissão de nutrientes pelas fontes difusas e são as maiores emittentes de material particulado (solo) que assoreia rios e reservatórios. A atividade pecuarista, é a grande contribuinte devido ao número de cabeças de bovinos ser relativamente numerosa. Embora o conteúdo de fósforo nos dejetos dos bovinos seja menor que o de nitrogênio, a perda para a atmosfera da amônia excretada pelos animais resulta em contribuição relativamente similar entre os dois nutrientes N e P.

A avaliação do grau de trofia dos reservatórios, com base na concentração de P encontrada e de acordo com o quadro estabelecido por Sperling (1996), tem-se que os reservatórios estão no limite entre eutrofia e hipereutrofia, admitindo-se o valor de 50 mg P/m<sup>3</sup>, como limite entre mesotrofia e eutrofia. Nestas condições, a carga máxima admissível de fósforo ao reservatório é de 50 micrograma/L, que indica limite mesotrofia/eutrofia. Com isso, para cada açude estimou-se, através do Modelo implementado, as contribuições anuais das cargas de nutrientes (Quadro 2).

Quadro 2 - Aspectos hidrológicos dos açudes e contribuição difusa de nutrientes para o corpo hídrico.

Açude	Área da Bacia Hidráulica (ha)	Concentração de Fósforo na Água (mgP/L)*	Tempo de Residência (anos)	Volume no dia da coleta (m <sup>3</sup> )	Carga Difusa de Nutrientes (ton/ano)**		Carga Total (ton/ano)
					N	P	
Acarape do Meio	220	0,22	1,85	20.892.13 5	13,4	6,8	20,2
Castro	844	0,22	10,34	48.986.37 2	7,5	6,0	13,5
Serafim Dias	688	1,30	3,215	25.916.91 2	43,0	45, 6	88,6

\*Valores medidos em laboratório; \*\* Valores calculados pelo Modelo Matemático.

A consolidação das cargas de nutrientes para bacias de drenagem, embora praticamente impossíveis de medição direta, é, entretanto possível de ser realizada de forma razoável através da estruturação de modelos e do uso de fatores de emissão das diferentes fontes potenciais de atividades antrópicas e pelos processos naturais presentes na bacia hidrográfica. Estes dados devem, na medida do possível, sempre levar em consideração as peculiaridades regionais principalmente quando se trata do semi-árido nordestino.

Carpenter *et al.* (1998) estudaram as fontes difusas de nutrientes em 86 rios nos Estados Unidos e concluíram que em torno de 90% dos incrementos de N e P nas águas superficiais, provêm de áreas rurais. Macleod & Haygarth (2003) reuniram diversos estudos realizados na Europa sobre a importância de fontes difusas de fósforo, de origem agrícola, em águas superficiais e concluíram que as referidas fontes contribuem com 29 a 60% da carga total observada bacias estudadas.

## 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Pode-se observar nos três reservatórios que o total da carga poluidora gerada está relacionado em maior parte ao regime extensivo da atividade pecuarista (gado bovino), dessedentação e pasto, existente no entorno e a montante dos mesmos.
- Os valores estimados das cargas difusas de N e P indicam que os reservatórios estão no limite entre eutrofia e hipereutrofia.
- O reservatório Serafim Dias se encontra em pior situação que os demais, indicando um intenso processo de eutrofização, devido ao intenso processo de degradação ambiental na bacia hidrográfica e hidráulica.
- Para a redução das altas concentrações de nutrientes observadas nos açudes, podem ser citados, como exemplos, de instrumentos eficazes de ação, as campanhas de coleta seletiva do lixo, facilitando o manejo dos resíduos sólidos. A instalação de fossas sépticas biodigestoras, particulares ou coletivas, com o controle do lixo orgânico, dos dejetos produzidos pela pecuária e principalmente dos efluentes sanitários, os quais, no final do processo, podem ser transformados em adubo orgânico (biofertilizante) para aproveitamento na agricultura e também na geração barata de energia para a propriedade rural através da produção de biogás.
- A redução da contaminação dos recursos hídricos superficiais do reservatório depende da melhoria no manejo dos sistemas produtivos, de afluentes, pequenos lagos e principalmente o reflorestamento das margens (mata ciliar) que funcionam como filtros para evitar que o material transportado pelo escoamento superficial atinja os cursos d'água e por fim o reservatório.

## BIBLIOGRAFIA

- CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*. Ecological Applications, Washington, v.8, n.3, p.559-568, 1998.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2004a. *Produção Pecuária Municipal de 2004*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=t&o=20>. Acesso: 10 set. 2006
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2004b. *Produção Agrícola Municipal de 2004*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1612>. Acesso: 12 set. 2006
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2000. *Censo Demográfico 2000*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1437>. Acesso: 09 set. 2006
- LACERDA, L. D. de; SENA, D. L. de. Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará. In: Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 2005, 62 p.
- MACLEOD C.; HAYGARTH, P. *A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water*. Scope Newsletter, Devon, UK, n.51, p.1-10, 2003.
- MANSOR, M. T. C.; TEIXEIRA FILHO, J.; ROSTON, D. M. *Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.715-723, 2006.
- TUCCI, C. E. M. 2003. *Curso de Gestão das inundações urbanas*. Asociación Mundial Del Agua. Porto Alegre. Disponível em:  
<http://www.vitalis.net/Manual%20Gestion%20de%20Inundaciones%20Urbanas.pdf>. Acesso: 02 abr. 2007
- SALAS, H.; MARTINO, P. (1991). *Asimplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes*. *Wat. Res.*, v.25, n.3, p.341-350.
- VOLLENWEIDER, R. A. *Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication*. OECD, Paris, 1976, 192p.
- VON SPERLING, M. *Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 2º ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 1996, 243 p.