
QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS NAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS DA PARAÍBA

Msc. Rebecca Luna Lucena
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba - UFPB
Campus Universitário I, Caixa Postal 5122, CEP 58051-970, João Pessoa (PB), Brasil
Tel/Fax.: (83) 32167472 - rebeccaosvaldo@yahoo.com.br

Maria de Fátima Menezes
Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente - PB

Prof. Dr. Roberto Sassi
Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a qualidade da água de grandes reservatórios do estado da Paraíba destinados ao abastecimento público. Foram escolhidos nove reservatórios distribuídos nas zonas úmida (As'), semi-árida (Bsh) e sub-úmida (Aw') do estado. A metodologia consistiu em levantamento bibliográfico, cartografia digital, trabalhos de campo, análises laboratoriais e cálculo do Índice de Qualidade da água (IQA). Constatou-se que, durante 2007, os nove reservatórios apresentaram água de boa e ótima qualidade. Entre as diferentes regiões climáticas do estado, os resultados dos IQAs foram melhores nos reservatórios do Cariri (Bsh), seguidos pelos do Sertão (Aw'), e os mais baixos foram encontrados na Zona da Mata (As'). Sete dos nove reservatórios apresentaram melhor qualidade da água durante a estação seca. Apesar dos resultados de qualidade terem sido satisfatórios, alguns parâmetros estavam em desacordo com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA (357/2005) para águas doces da classe 2. O fósforo total foi o único parâmetro que extrapolou o limite máximo permitido em todos os reservatórios. O maior número de parâmetros em desacordo com o limite permitido ocorreu nos reservatórios da Zona da Mata onde se verificou predomínio de áreas 100% antropizadas no entorno dos reservatórios.

Palavras-chave: Paraíba, qualidade da água, reservatórios.

ABSTRACT

This study had as main aims to analyze water quality in large water reservoirs in Paraíba destined to public use. Nine reservoirs evenly distributed in the three climatic regions of the state were chosen: humid region (As'), semi-arid region (Bsh) and sub-humid region (Aw'). The methodology consisted in bibliographic research, digital cartography, field work, laboratory analyses and determination of the Water Quality Index (WQI). During 2007 the water quality of the nine reservoirs was between good and excellent. The WQI results were better in reservoirs in the Cariri region (Bsh), followed by the ones in the Sertão region (Aw), and the lowest were found in reservoirs in the rainforest region (As). Seven of nine reservoirs presented small increases of water quality in the dry season. Even though the water quality results were satisfactory, some parameters were out of the range allowed by the CONAMA resolution (357/2005) for class 2 freshwater reservoirs. Total phosphorus was the only parameter that extrapolated the allowed limit in all reservoirs. The highest number of parameters out of the allowed range occurred in the rainforest region's reservoirs, where it was observed 100% antropism in the reservoirs' surrounding areas.

Key-words: Paraíba, water quality, reservoirs.

Introdução

A água doce é um elemento essencial para o consumo humano e para o desenvolvimento industrial e agrícola, sendo de importância vital aos animais e plantas que integram os ecossistemas terrestres (REBOUÇAS, 2002). O acesso à água é um direito humano fundamental, e toda pessoa deve ter água potável em quantidade suficiente, com custo acessível e fisicamente disponível, conforme previsto pela legislação brasileira e agenda 21 (MMA, 2005).

Apesar de dispor hoje de um alto índice de açudagem, totalizando 9.985 açudes, com pelo menos 20 grandes reservatórios com capacidade superior a 30.000.000m³ (MARINHO, 2006; AESA, 2008), o estado da Paraíba ainda apresenta uma grande heterogeneidade quanto à quantidade, qualidade e disponibilidade de água para população. Nas regiões semi-áridas e sub-úmidas é comum a utilização de carros pipa que abastecem a população de pequenas cidades e vilarejos captando a água diretamente dos reservatórios sem qualquer tratamento prévio.

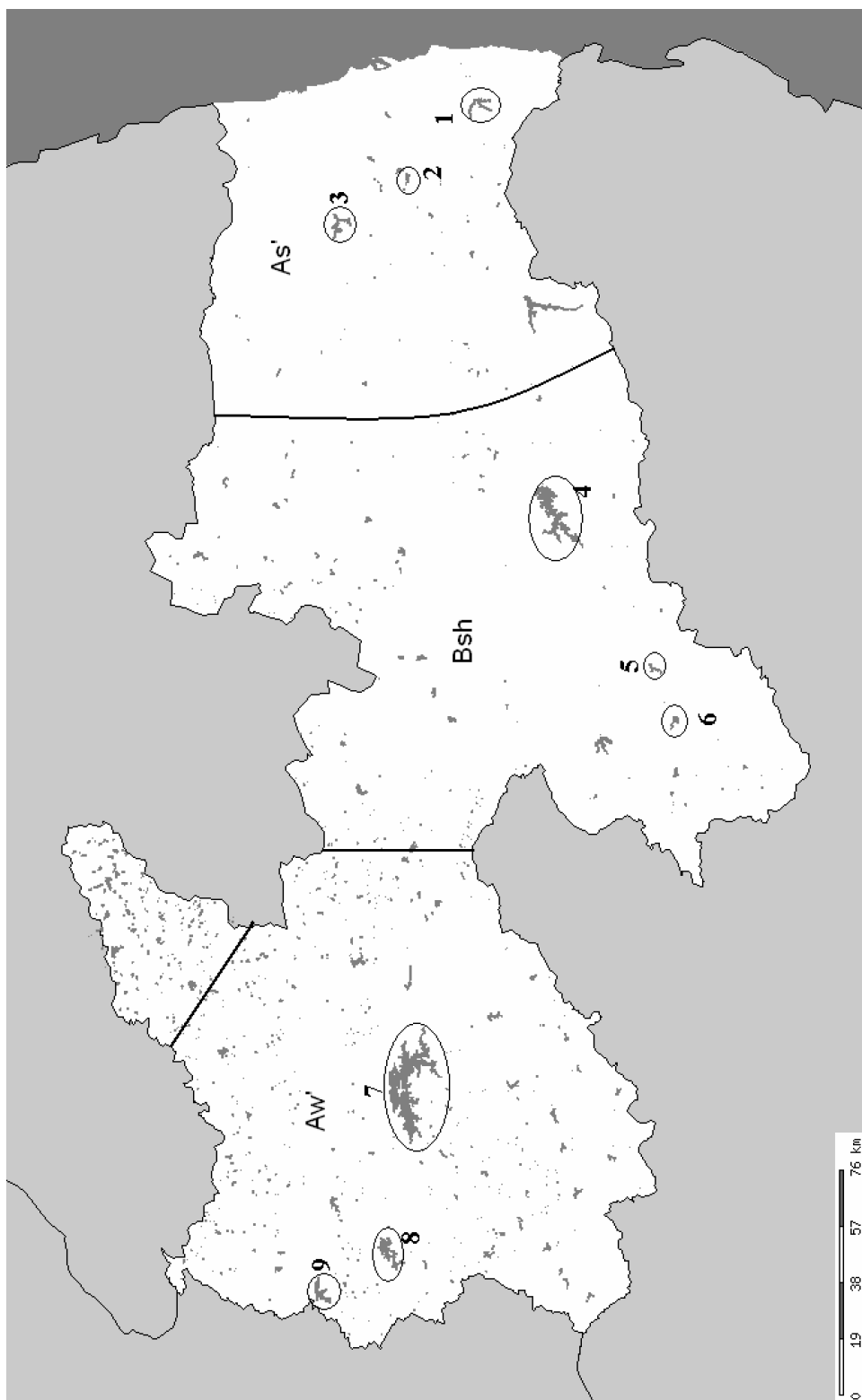
Contudo, não só nas regiões semi-áridas e sub-úmidas da Paraíba a população utiliza água sem tratamento. Abrahão (2006) em um trabalho realizado na região úmida do litoral paraibano, concluiu que a população ribeirinha residente nos bairros humildes próximos ao riacho Mussuré, na bacia hidrográfica do rio Gramame, utilizava as águas desse riacho principalmente para irrigação de pequenas lavouras, dessedentação de animais, lavagem de roupas, recreação e lazer. Neste mesmo trabalho, através de análises laboratoriais, foram observados no riacho valores altos de metais pesados e coliformes termotolerantes, representando um risco para a saúde daquela população (ABRAHÃO, *op. cit.*).

Diante desta situação, achamos de fundamental importância a realização do monitoramento dos corpos de água do estado e especialmente dos reservatórios que servem ao abastecimento da população. Para a realização deste trabalho, foram então selecionados nove reservatórios localizados em três diferentes zonas climáticas da Paraíba no intuito de se analisar a qualidade da água e os níveis de antropismo no entorno dos mesmos. Os reservatórios escolhidos foram: Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos e Coremas-Mãe D'água, localizados no Sertão de clima sub-úmido (Aw'); Camalaú, Cordeiro e Epitácio Pessoa localizados no Cariri de clima semi-árido (Bsh); e São Salvador, Araçagi e Gramame-Mamuaba, inseridos na zona da mata de clima úmido (Aw') segundo a classificação climática proposta por Köppen (PARAÍBA, 1985).

Nosso objetivo principal foi o de analisar a qualidade da água desses reservatórios durante as estações chuvosa e seca de 2007, através do Índice de Qualidade de Água (IQA), realizando dois IQAs para cada reservatório e comparar esses resultados com os níveis de antropismo.

Metodologia

Para a realização deste trabalho foram escolhidos nove reservatórios com capacidade superior a 10.000.000 m³ de água cada um, incluindo os dois maiores do estado Coremas-Mãe d'água e Epitácio Pessoa. Os nove reservatórios encontram-se distribuídos nas três grandes regiões climáticas da Paraíba, como se observa na figura 1. Esses tipos de clima predominam nas zonas fisiográficas do Litoral ou Mata, Cariri e Sertão respectivamente, como está descrito no quadro 1 (MOREIRA, 1989).



Fonte: AESA, 2008, com modificações.

Figura 1: Divisão climática do estado da Paraíba com a localização dos 9 reservatórios em estudo. A sigla (As') corresponde ao clima úmido, (Bsh) ao clima semi-árido e (Aw') ao clima sub-úmido.

Quadro 1: Relação dos nove reservatórios incluídos no estudo, suas regiões climáticas, zonas fisiográficas, capacidade e município.

Reservatório	Região Climática	Zona Fisiográfica	Capacidade (m ³)	Município
1. Gramame-Mamuaba	Úmida (As')	Litoral ou Mata	56.937.000	Alhandra
2. São Salvador	Úmida (As')	Litoral ou Mata	12.627.520	Sapé
3. Araçagi	Úmida (As')	Litoral ou Mata	63.289.037	Araçagi
4. Epitácio Pessoa	Semi-árida (Bsh)	Cariri	411.686.287	Boqueirão
5. Cordeiro	Semi-árida (Bsh)	Cariri	69.965.945	Congo
6. Camalaú	Semi-árida (Bsh)	Cariri	46.437.520	Camalaú
7. Coremas Mãe D'água	Sub-úmida (Aw)	Sertão	1.358.000.000	Coremas
8. Eng ^o Ávidos	Sub-úmida (Aw)	Sertão	255.000.000	Cajazeiras
9. Lagoa do Arroz	Sub-úmida (Aw)	Sertão	80.220.750	Cajazeiras

Fonte: AESA, 2008.

Foi realizado um extenso levantamento bibliográfico sobre o tema do estudo, com o uso de diversos livros, trabalhos acadêmicos e dados de órgãos governamentais.

Os dados referentes ao total mensal e anual de precipitação pluviométrica em 2007 foram obtidos através do programa de monitoramento da AESA. As normais climatológicas (1960-1991) foram obtidas através das estações meteorológicas de São Gonçalo (Sertão), Monteiro (Cariri) e João Pessoa (Litoral), através do site do INMET (2007). Os dados referentes à capacidade máxima e volume dos reservatórios durante o ano de 2007 foram obtidos junto a AESA (2008).

Mapas cartográficos de cada reservatório foram escaneados, georreferenciados e vetorizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Análise Espacial – LEPAN / UFPB. As áreas foram hachuradas de acordo com os mapas cartográficos da SUDEMA (2004) e pintados espaços de vegetação nativa, hidrologia, município e antropismo.

Para se calcular os níveis de antropismo nas redondezas dos reservatórios, nós estabelecemos o entorno com sendo a área com até 1 Km da margem dos reservatórios. A partir daí, foi calculada a porcentagem de áreas antropizadas no entorno dos reservatórios.

Todos os nove reservatórios foram visitados durante as estações chuvosa e seca de 2007. Na estação chuvosa as viagens de campo se deram entre os meses de maio e junho. Na estação seca, as coletas de deram entre os meses de setembro e dezembro.

Em Geografia, a imagem ilustra e documenta eventos naturais e sociais que ocorrem num determinado tempo e lugar e deve ser acompanhada de outras informações, como localização geográfica, registro da data e hora e relato do fato observado. Essas anotações são de fundamental importância na verificação dos resultados e no acompanhamento dos fenômenos ao longo do tempo (VENTURI, 2005). Para registrar os aspectos físicos e sociais presentes nos reservatórios e adjacências, foi indispensável a utilização de máquina fotográfica.

Paralelamente foram realizadas coletas de água para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As coletas para análise da água em todos os reservatórios foram realizadas próximo ao ponto de captação para abastecimento público. Esse trabalho de monitoramento da água é realizado semestralmente em vários reservatórios e rios da Paraíba pela SUDEMA, tendo a nossa pesquisa sido inserida nesta programação. Os nove parâmetros analisados e expostos no quadro 2 compõem o Índice de Qualidade da água (IQA).

Quadro 2: Metodologia empregada na determinação de cada variável analisada.

VARIÁVEL	MÉTODO	FONTE
Temperatura	Termômetro de mercúrio	EATON et al. (1995)
Turbidez	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON et al. (1995)
pH	Potenciômetro digital	EATON et al. (1995)
OD	Winkler modificado a Azida Sódica	EATON et al. (1995)
DBO 5,20	Oxigênio consumido a 20°C durante 5 dias	EATON et al. (1995)
Coliformes	Técnica de membrana filtrante incubação à 44,5°C	EATON et al. (1995)
Resíduos	Método Gravimétrico	EATON et al. (1995)
Fósforo total	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON et al. (1995)
Nitrogênio total	Método fotométrico com Fotômetro Nova 60	EATON et al. (1995)

Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Após a obtenção dos resultados dos nove parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados em 2007, o padrão de qualidade da água dos reservatórios foi avaliado através do cálculo do IQA por meio do uso da fórmula:

$$IQA = \sum q_i^{w_i}, \text{ onde:}$$

IQA = índice qualidade da água, um número entre 0 e 100;

\sum = produtória dos índices de qualidade da i-ésima variável;

q_i = qualidade da i-ésima variável obtida no respectivo gráfico de qualidade, em função do resultado da análise e convertida a um número de 0 a 100;

w_i = peso relativo de cada parâmetro, um número entre 0 e 1 (BASIN, 2008).

A qualidade da água pôde então ser avaliada conforme o valor do IQA. Entre 80 e 100, a qualidade da água é considerada ÓTIMA, o IQA estando entre 52 e 79, a qualidade está BOA, entre 37 e 51, o nível de qualidade da água é considerado ACEITÁVEL, entre 20 e 36, RUIM e entre 0 e 19 a qualidade da água é considerada PÉSSIMA (CETESB, 2008).

Para utilizar neste trabalho os Índices de Qualidade da Água referentes à apenas duas coletas realizadas em 2007, foi necessária a aquisição de resultados de qualidade da água de anos anteriores, referentes aos parâmetros que compõem o IQA, uma vez que duas análises no ano é muito pouco para indicar a qualidade da água. Os dados relativos aos anos anteriores foram obtidos junto a SUDEMA, que analisou as amostras seguindo a mesma metodologia adotada em 2007. Os dados são semestrais do programa de monitoramento das águas que este órgão executa. Como o programa de monitoramento da SUDEMA é recente e teve seu início no ano 2000, muitos parâmetros e/ou reservatórios não constam no banco de dados, dificultando uma análise mais profunda, visto que os dados não cobrem nem dez anos de amostragem. Após o apanhado dos resultados foram elaborados gráficos contendo dados de oito dos nove parâmetros que compõem o IQA e também foi realizada a média aritmética e o desvio padrão. Através da elaboração de gráficos, das médias e desvio padrão, podemos afirmar que o ano de 2007 foi um ano típico para todos os sete reservatórios analisados, assegurando a confiabilidade dos resultados dos IQAs neste ano. 82,7% dos dados referentes aos oito parâmetros analisados estão dentro do desvio padrão, e apenas 17% dos dados analisados estão fora do desvio padrão.

Resultados e Discussão

Podemos afirmar que 2007 foi um ano típico em relação às chuvas em todos os nove reservatórios estudados. A precipitação total anual esteve um pouco abaixo da média em cinco de nove reservatórios, mas a distribuição das chuvas se deu em conformidade sazonal com cada tipo de clima.

No entorno dos reservatórios do Sertão de clima sub-úmido e do Cariri de clima semi-árido, a paisagem mostrou-se bem distinta entre as estações chuvosa e seca de 2007, cabendo principalmente à vegetação esse efeito contrastante na paisagem. Também no Sertão e Cariri os reservatórios perderam maior volume de água no decorrer do ano. Diferentemente das regiões semi-áridas e sub-úmidas, na zona da mata paraibana de clima tropical úmido, a paisagem manteve-se praticamente igual durante todo o ano. Isso se deve não só ao fato de haver maiores precipitações naquela região, mas por sua distribuição ocorrer durante quase todo o ano, permitindo a perenidade dos rios e a estabilidade no aspecto da vegetação. Independente da região climática, todos os nove reservatórios apresentaram um padrão sazonal no volume de água que acompanha as precipitações, com máximo de volume na época das chuvas e mínimo de volume na época da estiagem.

Quanto à qualidade da água, durante 2007, tanto na estação chuvosa quanto na seca os nove reservatórios apresentaram, através do cálculo do IQA, qualidade entre boa e ótima. Estes resultados são bastante positivos, pois demonstram que a qualidade da água de importantes reservatórios do estado da Paraíba encontra-se adequada aos padrões exigidos para amostras ambientais, sem oferecer riscos à saúde da população. Estudos realizados em corpos hídricos de outros estados do Brasil, por exemplo, apontam uma baixa qualidade da água, se comparando aos resultados aqui obtidos. Medeiros (2004) encontrou em 2002 $IQA < 19$ qualificando a água como de péssima qualidade em três reservatórios localizados na bacia hidrográfica do rio Salitre, no estado da Bahia. Rino et al. (2001), realizando estudos sobre a qualidade da água do Rio Bauru durante os anos de 1999 e 2000, encontrou em sete de treze pontos analisados ao longo do rio, $IQA < 19$ (péssima). Já Silva & Jardim (2006), analisando a qualidade da água do rio Itibaia-SP, durante os anos de 2000 à 2003, encontrou IQA bom para 27 amostras, IQA regular para 42 amostras e IQA ruim para 1 amostra dentre 70 amostras analisadas. Leite & Matsumoto (2004), analisando em abril de 2004 a qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira, que se localiza entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, obteve resultados em seis pontos analisados de $IQA > 51$ (boa), sendo que em nenhum dos trabalhos acima citados a qualidade da água foi ótima.

Analisando os resultados dos IQAs por região climática, percebe-se através das médias que os IQAs mais altos ocorreram nos reservatórios do Cariri paraibano de clima semi-árido e Sertão de clima sub-úmido e os mais baixos nos reservatórios da zona da mata de clima úmido nas duas estações do ano, como mostra a figura 2.

Quanto à sazonalidade, sete dos nove reservatórios aqui analisados apresentaram os melhores IQAs durante a estação seca. Estão inclusos os reservatórios Coremas e Epitácio Pessoa que apresentaram maior perda de volume de água durante esta estação e, no entanto, a qualidade da água dos dois reservatórios passou de boa na estação chuvosa para ótima na seca, havendo uma considerável melhora na qualidade da água na época da estiagem. Toledo & Nicolella (2002), analisando através do IQA a qualidade da água em microbacias sob uso urbano e agrícola obtiveram como resultado uma influência pouco significativa do clima sobre a qualidade das águas, no entanto, segundo estes autores, as análises do IQA indicaram que houve uma pequena deterioração da qualidade da água durante o período chuvoso.

É normal que alguns dos parâmetros que compõem o IQA apresentem maiores valores na época das chuvas, degradando a qualidade da água nesta estação frente à estação seca. Alguns desses parâmetros são a turbidez, a DBO, o nitrogênio e o fósforo total. Como exemplo, podemos citar alguns trabalhos como o de Arcova e Cicco (1999), que analisando a qualidade da água em microbacias com uso agrícola na região do Cunha - São Paulo, registraram os maiores picos de turbidez no período das chuvas. Neff *et al.* (2000), em estudo realizado nos Estados Unidos, afirma que há razões para acreditar que o aumento nos níveis de chuva poderia aumentar os fluxos de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo dos solos para os corpos aquáticos. Pedrosa (2005), em estudo realizado no reservatório Epitácio Pessoa no estado da Paraíba, observou que no ano de 2002 as maiores concentrações de DBO foram registradas na época das chuvas, indicando arrasto de material orgânico da bacia de drenagem enquanto as menores concentrações de DBO ocorreram na estiagem, influenciadas pela redução do escoamento superficial. Donádio *et al.* (2005), analisando a água de nascentes no estado de São Paulo obteve de maneira geral, médias superiores das variáveis fósforo, nitrogênio e DBO no período chuvoso.

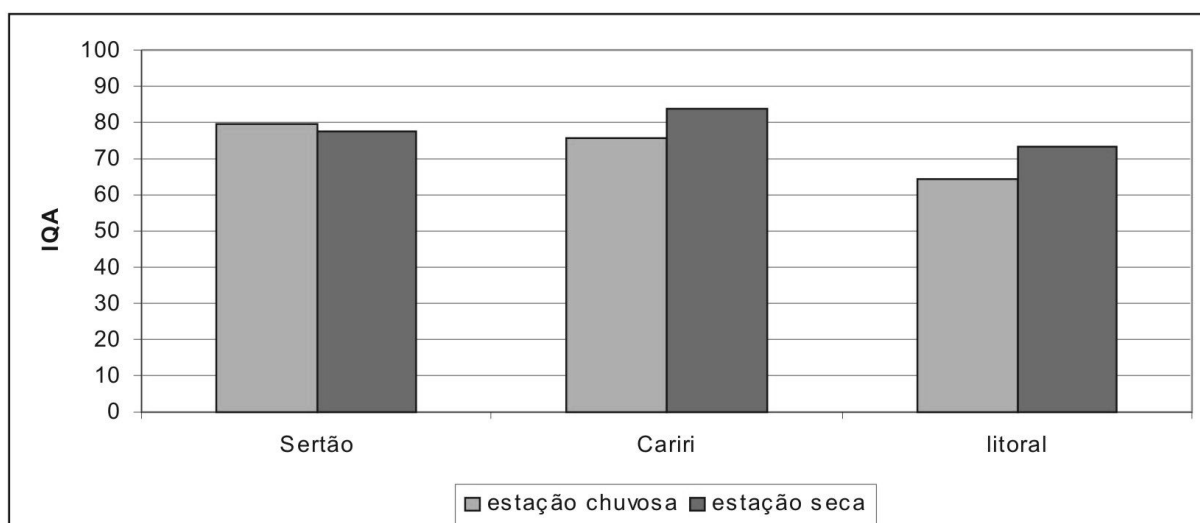


Figura 2: Gráfico das médias dos IQAs por região climática dos nove reservatórios analisados durante as estações chuvosa e seca de 2007.

Contudo, Medeiros (2004) analisando a qualidade das águas na bacia do rio Salitre – Bahia, em oito pontos amostrados, que incluíam rios e reservatórios, durante a estação chuvosa e seca de 2002, observou através do IQA, que a qualidade das águas caiu do período úmido para o seco. Os únicos reservatórios aqui estudados que apresentaram esse padrão foram Lagoa do Arroz e Eng. Ávidos, sendo que no reservatório Engenheiro Ávidos a qualidade da água passou de ótima na estação chuvosa para boa na seca, enquanto que em Lagoa do Arroz esta se manteve em ótima nas duas estações.

Dessa forma, na média dos IQAs, por região climática, o Sertão foi a única região que apresentou melhor IQA na época das chuvas, enquanto que no Cariri e no Litoral esses IQAs foram melhores na época da seca (ver figura 2). Vale ressaltar que a estação seca no litoral é praticamente indiferente aos outros períodos do ano, em oposição às regiões semi-áridas e sub-úmidas do Cariri e Sertão paraibanos. De modo geral, todos os reservatórios apresentaram IQAs próximos, não havendo grandes discrepâncias entre as estações do ano e as regiões climáticas do estado.

O IQA foi utilizado pela CETESB de 1975 à 2001. A partir de 2002, com a crescente poluição dos corpos hídricos do estado de São Paulo, a CETESB passou a utilizar índices mais específicos, tais como o IAP (índice de qualidade para águas destinadas ao abastecimento público) e o IVA (índice de qualidade para águas destinadas à proteção da vida aquática) (CETESB, 2008). No Estado da Paraíba, o IQA começou a ser realizado no ano de 2007 pela SUDEMA (Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente).

Entre as principais vantagens do IQA estão: a maneira simples e prática de se estimar a qualidade das águas; a facilidade na comunicação de resultados para o público não-técnico; o status maior do que o de parâmetros individuais; o fato de representarem uma média de diversas variáveis em um único número; pode dar uma idéia de tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo; e permite comparações entre os diferentes corpos de água (RINO *et al.*, 2001; ABRAHÃO, 2006). Entre as desvantagens do IQA estão: o fato de sintetizar em um único número uma realidade complexa, onde inúmeras variáveis ambientais têm influência; o fato de trabalhar com apenas nove parâmetros de qualidade, excluindo análises importantes, como de metais pesados; e o efeito eclipse, que resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir a atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento das outras (SILVA & JARDIM, 2006). A determinação de outros parâmetros, além dos estabelecidos pelo IQA, é muito importante na análise da

qualidade dos corpos hídricos, pois eles podem indicar um grau de poluição não observado pelo cálculo de IQA (CARVALHO & STAPELFELDT, 2004).

Os reservatórios são detectores sensíveis de impactos antropogênicos, visto que são ecossistemas artificiais que integram as conseqüências do uso e ocupação do solo dentro dos limites de sua bacia de drenagem e por isso devem ser monitorados e geridos de modo a terem a melhor qualidade da água possível (MARIANI, 2006). As análises de qualidade da água dos reservatórios podem indicar impactos dos mais diversos tipos, a exemplo do lançamento de esgotos domésticos *in natura* no ambiente. Diversos estudos comprovaram que as atividades antrópicas têm comprometido seriamente a qualidade dos mais diversos corpos de água, sejam rios ou reservatórios através do desmatamento, da agricultura, da mineração, da urbanização, das indústrias, entre outras atividades (BRANCO, 2003). Segundo Mota (1995), quase todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos, os quais são novamente incorporados aos corpos de água gerando a poluição que vem contribuindo com a degradação de corpos hídricos e alterando elementos importantes para a manutenção da vida e da qualidade da água. Perante esses fatos, achamos oportuno comparar os resultados dos IQAs realizados em 2007 com os níveis de antropismo calculados a 1Km das margens dos reservatórios estudados (quadro 3).

Observando os resultados expostos no quadro 3, percebe-se que os reservatórios com áreas mais modificadas no entorno se localizam na Zona da Mata ou Litoral paraibano, com 100% de área antropizada. Os reservatórios Araçagi e São Salvador foram os que apresentaram maior número de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA 375/2005. Em ambos os reservatórios os níveis de fósforo total e nitrogênio total estiveram acima dos limites permitidos.

Vários trabalhos associam a presença de fósforo e nitrogênio na água às atividades agrícolas que empregam fertilizantes, uma vez que a lavagem dos solos agrícolas leva esses nutrientes aos corpos de água (ESTEVES, 1998; NEFF *et al.*, 2000; SANT'ANNA *et al.*, 2006), neste caso concordamos com esses trabalhos já que o entorno destes reservatórios encontra-se com forte atividade agrícola como a monocultura da cana-de-açúcar.

As atividades antrópicas mais desenvolvidas no entorno dos reservatórios da Zona da Mata são a monocultura da cana-de-açúcar, a agricultura irrigada, a pecuária e há também áreas desmatadas e habitações. No Sertão, as áreas de antropismo no entorno dos reservatórios apresentam as seguintes atividades: a policultura, a agricultura irrigada, áreas desmatadas e habitações incluindo vilarejos e pequenas cidades, a exemplo de Engenheiro Ávidos e Coremas. No Cariri, região que apresentou menores níveis de antropismo, as atividades mais desenvolvidas são a agricultura, a pecuária de caprinos e habitações. Os reservatórios do semi-árido, Camalaú e Cordeiro foram os que apresentaram menor porcentagem de áreas antropizadas e nas visitas *in loco* não foi observada nenhuma atividade agrícola intensa no entorno e sim a presença de vegetação Caatinga arbustivo-arbórea aberta.

Quanto a relação entre os resultados do IQA e o número de parâmetros que apresentaram desacordo com a resolução CONAMA, pôde-se notar que os reservatórios com águas de ótima qualidade tiveram apenas 1 parâmetro em desacordo com a norma e os reservatórios com água de boa qualidade, por vezes apresentaram mais parâmetros fora do limite, apenas no reservatório Araçagi, durante a estação seca, o IQA foi ótimo quando neste reservatório dois parâmetros estiveram acima do limite permitido pelo CONAMA.

Em relação aos IQAs e os níveis de antropismo, o reservatório Lagoa do Arroz foi o que apresentou melhor IQA em 2007 e, no entanto 77,1% da área do entorno está antropizada, enquanto que Camalaú, com 23,94% de área antropizada no entorno, teve qualidade boa nas duas estações.

Considerando todas as abordagens apresentadas neste trabalho, chama a atenção o fato de que os cálculos de IQAs, embora sejam rotineiramente empregados em análises de qualidade de água, mostram distorções quando distintos ambientes submetidos a diferentes intensidades de antropismo são comparados. Ainda, ambientes 100% antropizados e com água de boa e ótima qualidade, diferem entre si com relação à quantidade de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA. Enquanto que em ambientes com baixos níveis de antropismo, como nos reservatórios Camalaú e Cordeiro, deveríamos esperar uma

ótima qualidade das águas. Por esse motivo deve-se considerar tanto o tipo de atividade antrópica praticada nas redondezas quanto as características geográficas locais, uma vez que esses resultados de qualidade podem estar intimamente relacionados a estes fatores.

Finalmente, é alarmante o fato de que todos os reservatórios estudados apresentaram níveis de fósforo total acima do limite permitido pela norma nacional, uma evidência de que processos de eutrofização podem estar ocorrendo, a despeito dos reservatórios apresentarem água de boa ou ótima qualidade do ponto de vista do seu uso, para abastecimento público após tratamento convencional. Assim, entende-se que a adoção de outros índices de qualidade da água, além do IQA, tais como o IVA e o IAP nos programas de monitoramento poderiam fornecer melhores resultados no futuro.

Quadro 3: Qualidade da água e níveis de antropismo na área do entorno dos nove reservatórios inseridos nas distintas zonas climáticas do estado.

RESERVATÓRIO	TIPO DE CLIMA	IQA (CHUVA)	PARÂMETROS EM DESACORDO (CHUVA)	IQA (SECA)	PARÂMETROS EM DESACORDO (SECA)	% DE ÁREA ANTROPIZADA 1 KM (ENTORNO)
Lagoa do Arroz	Aw'	ÓTIMA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	77,1%
Engenheiro Ávidos	Aw'	ÓTIMA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	85,95%
Coremas-Mãe D'água	Aw'	BOA	OD, Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	98,79%
Camalaú	Bsh	BOA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	23,94%
Cordeiro	Bsh	BOA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	31,34%
Epitácio Pessoa	Bsh	BOA	Fósforo total	ÓTIMA	Fósforo total	78,11%
São Salvador	As'	BOA	Resíduos totais, Fósforo total, Nitrogênio total	BOA	Nitrogênio total, Fósforo total	100%
Araçagi	As'	BOA	OD, Resíduos totais, Nitrogênio total, Fósforo total	ÓTIMA	Resíduos totais, Fósforo total	100%
Gramame-Mamuaba	As'	BOA	Fósforo total	BOA	Fósforo total	100%

Considerações Finais

- A partir da análise dos resultados, concluiu-se que as águas dos reservatórios estudados estão apropriadas ao fim que se destinam, seja ao abastecimento público após tratamento convencional, irrigação, piscicultura, pesca e recreação;
- Os IQAs em 2007 mostraram que a qualidade das águas se manteve entre boa e ótima em todos os reservatórios nas duas análises realizadas durante a estação chuvosa e seca;
- No que diz respeito a sazonalidade, exceto no Sertão, os reservatórios apresentaram qualidade da água ligeiramente melhor durante a estação seca de 2007;
- Entre as diferentes regiões climáticas do estado, os resultados dos IQAs foram melhores para os reservatórios do Cariri, seguidos pelos do Sertão, e os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios da zona da mata paraibana;
- Apesar de estarem submetidos a períodos de secas prolongados e a perderem maior volume de água devido ao efeito da evaporação, os reservatórios do Cariri e do Sertão apresentaram os melhores IQAs no ano de 2007;
- A quantidade de parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA em 2007, foi maior nos reservatórios localizados na Zona da Mata paraibana;

- O fósforo total foi o único parâmetro que esteve acima do limite permitido pela resolução CONAMA em todos os nove reservatórios estudados;
- Os reservatórios da Zona da Mata apresentaram maiores níveis de antropismo, com 100% de sua área original modificada, num raio de 1Km da margem;
- A agricultura, com predomínio da monocultura da cana-de-açúcar, é a principal atividade praticada nas bordas e arredores dos reservatórios da zona da mata;
- Apesar de apresentarem água de boa qualidade, os reservatórios da zona da mata paraibana se encontram mais impactados no entorno e com maior número de parâmetros de qualidade da água fora dos limites estabelecidos;
- A conclusão que chegamos é que os IQAs mais baixos foram encontrados nos reservatórios mais impactados pela ação antrópica, independente das condições físicas ou climáticas da sua área de localização.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil), CT-Hidro.

Referência Bibliográfica

- ABRAHÃO, Raphael. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré.** (Dissertação) PRODEMA UFPB/UEPB – João Pessoa, 2006.
- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 1 de Fev. 2008.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V.. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região do Cunha, estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, N° 56, 125 – 134, dez. 1999.
- BASIN – Boulder Area Sustainability Information Network. Disponível em: http://www.bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html. Acesso em: 05 jan. 2008.
- BRANCO, S.M. **Água: origem, uso e preservação.** 2ª ed. – São Paulo: Editora Moderna, 2003.
- CARVALHO, F. C.; STAPELFELDT, F.. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá – MG. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 57 (3): 165 – 172, jul. set. 2004.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 03 jan. 2008.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução número 357/2005.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2005.
- DONÁDIO, M. M. N.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C.. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol. 5, N° 1, 115 – 125, jan/abr. 2005.
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19ª ed. – Washington, DC: APHA, 1995.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 08 ago. 2007.
- LEITE, M. A.; MATSUMOTO, T. Avaliação da Qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira (Brasil) visando seu aproveitamento múltiplo. In: XXIX Congresso de la Asociacion Interamericana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental (AIDIS). **Anais.** San Juan – Puerto Rico: AIDIS, 2004.
- MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento.** (dissertação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MARINHO, L. S. **Abastecimento de água em pequenos aglomerados urbanos do estado da Paraíba.**

(dissertação) UFPB/CT, João Pessoa, 2006.

MEDEIROS, Y.D.P. (Coord.) **Gerenciamento dos recursos hídricos do semi-árido estado da Bahia**: enquadramento de rio intermitente – estudo de caso rio Salitre. (Projeto e subprojeto). Vol. 2, Cap. 6, Bahia: CT-HIDRO/UFBA, 2004.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Documento de introdução**: Plano nacional de recursos hídricos – iniciando um processo de debate nacional. Brasília: MMA, 2005.

MOREIRA, E.R.F. **Mesorregiões e microrregiões da Paraíba**: Delimitação e caracterização. João Pessoa: Gasplan, 1989.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NEFF, R.; CHANG, H.; KNIGHT, C. G.; NAJJAR, R. G.; YARNAL, B.; WALKER, H. A. Impact of climate variation and change on mid-Atlantic Region hydrology and water resources. **Climate Research**, vol. 14, 207 – 218, may. 2000.

PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.

PEDROSA, A.S. **Atividades antropogênicas na Bacia de drenagem e qualidade das águas do açude Epitácio Pessoa - PB**. (dissertação) UEPB/UFPB/PRODEMA, C. Grande, 2005.

REBOUÇAS, A. C. (Org). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

RINO, C. A. F.; SAGGIORO, N. J.; HERCULIANI, L. A.. Avaliação da qualidade das águas do rio Bauru – determinação do IQA. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001, João Pessoa. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias plactônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Editora Interciência; São Paulo: SBFic, 2006.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F.. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Química Nova**, vol. 29, Nº 4, 689 – 694, 2006.

SUDEMA. **Atualização do diagnóstico florestal do estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 2004.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade da Água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, vol. 59, Nº 1, jan./mar. 2002.

VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Trabalho enviado em outubro de 2008

Trabalho aceito em janeiro de 2009

