

POLUIÇÃO DA BACIA DO RIO TAPACURÁ: FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS, CONSEQUÊNCIA DO NÍVEL TRÓFICO

Rafaela R. L. DANTAS¹

Engenheira Agrícola e Ambiental, Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife, PE. rafaela.dantas86@hotmail.com. +558186637366.

Rosângela G. TAVARES

Engenheira Química, Mestre em Engenharia Civil, Professor Assistente do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife, PE. r.tavares@dtr.ufrpe.br. +558133206262.

Vicente de P. SILVA

Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Rural – DTR/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife. E-mail: vicpaula@dtr.ufrpe.br. Fone: +55(081)33206277;

ABSTRACT - Population growth has led to increased demand for water for various uses, increasing consumption, and consequently greater exploitation of water resources, which in addition to quantitative losses has compromised the quality associated with increased activity whose release of domestic sewage and industrial effluent in nature. The contamination of reservoirs for human water supply by organic waste from human activities lead to risk factors for health, especially in areas with inadequate sanitation and water supply, for some regions with large urban concentrations. The release of sewage on aquatic ecosystems accelerates the process of eutrophication due to increased concentrations of nutrients such as phosphorus and nitrogen, resulting in algal blooms in rivers, lakes, and reservoirs. The River is a tributary of Tapacurá Capibaribe River and supplies the largest dam in the Metropolitan Region of Recife (RMR). The Tapacurá River basin, has twelve sub-basins were formed by the main streams Itapessirica, Natuba, Gameleira and Várzea do Una. Supplies the cities of São Lourenço da Mata, Camaragibe and South Zone of Recife. It has a capacity of 94.200.000 m³ of accumulation and is the most important water source for public supply of RMR contributing over 25% of water consumed. Of the six counties that are inserted in the basin have only three sewage treatment of wastewater. Identified that the river basin is highly polluted Tapacurá therefore has no sewage system needed to meet the general population. And because of the lack of benefit is going to the proliferation of cyanobacteria and the production of cyanotoxins. The genera of cyanobacteria were found in the reservoir and *Cylindrospermopsis* Geitherinema found in 67% of the months monitored, the genus *Microcystis* appeared in only 25% of the months monitored. And the genera *Cylindrospermopsis* and *Microcystis* are responsible for producing toxins that are harmful to health.

Keywords: Tapacurá, eutrophication, cyanobacteria

INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos naturais funcionando como elo de relação mútua entre solo, clima e vida. Entretanto, atualmente os recursos hídricos disponíveis para o abastecimento humano, além de escassos, estão cada vez mais pobres em qualidade. Por isso, há uma preocupação em escala mundial com relação à escassez, deterioração e uso ineficiente da água doce, sendo este problema cada vez mais iminente nas discussões sobre água e meio ambiente em conferências internacionais.

Estima-se que o Brasil tenha aproximadamente 11,6 % da água doce superficial disponível no mundo e os reservatórios artificiais do país desempenham importantes papéis ecológicos, econômicos e sociais. As barragens, as quais se caracterizam como obras de intervenção no curso natural dos rios, são reservatórios hídricos artificiais. Esses reservatórios, na maioria das vezes, são construídos com a finalidade de utilizar o volume de água armazenado para abastecimento e contenção de cheias.

A qualidade das águas dos reservatórios e, conseqüentemente, dos rios que lhes dão origem, é um problema que preocupa cada vez mais as autoridades ambientais e as concessionárias, responsáveis pelo tratamento e distribuição de água potável. Segundo Sperling (2005) os reservatórios situados próximos de áreas agrícolas correm o risco de terem suas águas poluídas por defensivos agrícolas ou fertilizantes. Assim como, aqueles situados em áreas de ocupação urbanas recebem o aporte de nutrientes da drenagem urbana e dos esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos domésticos contêm grande quantidade de nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de nitrogênio e fósforo através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (SPERLING, 2005).

Em uma represa existem gradientes horizontais e verticais e um contínuo fluxo de água em direção à barragem. Em função do fluxo de água e das diferenças de nível que ocorrem durante as diversas épocas do ano, esses gradientes apresentam variações temporais. Além disso, os diferentes tempos de residência da água durante o ciclo estacional propiciam modificações na altura do nível de água, interferindo na estrutura e na composição da comunidade aquática (TUNDISI, 2005). Logo, a associação entre o aporte dos nutrientes e longos tempos de residência nos reservatórios leva a eutrofização do mesmo, com um desenvolvimento exagerado de plantas aquáticas, e, conseqüentemente, ao aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), afetando assim o equilíbrio do ecossistema aquático.

Existem várias barragens que foram construídas com a finalidade de acumulação de água para o abastecimento da população residente na Região Metropolitana do Recife (RMR). Dentre elas, Tapacurá, com uma capacidade máxima de armazenamento de 94.200.000 m³ de água (CONTÉCNICA, 1998).

O maior problema relativo ao aporte hídrico na RMR é a sua insuficiência em quantidade, para o consumo humano, que ocorre ciclicamente com as secas. Além do aspecto quantitativo, há também uma forte preocupação com o aspecto qualitativo.

A eutrofização de corpos de água se dá pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo de água (THOMANN E MUELLER, 1987). O Fósforo é um elemento essencial para a vida dos organismos sendo considerado um nutriente limitante da produtividade primária em sistemas de água doce. A importância do fósforo nos sistemas biológicos deve-se a participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos (RICKLEFS, 1996) e (ESTEVES, 1998). Por isso o fósforo é o controlador da população de organismos nos corpos de água (ARCHIBOLD, 1995). De acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina é limitada por fósforo. Outro aspecto é o de que, mesmo que se controle o aporte externo de nitrogênio, há algas com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, que não teria a sua concentração reduzida com a diminuição da sua carga. Por estas razões, prefere-se dar uma maior prioridade ao controle das fontes de fósforo quando se pretende controlar a eutrofização em um corpo de água.

O nível de eutrofização está usualmente associado ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica, com base nessa afirmativa lista-se que as principais atividades impactantes negativas que elevam a concentração de P e N nos recursos hídricos superficiais da Região Metropolitana do Recife são:

- a) Lançamento de Efluentes Domésticos na Drenagem;
- b) Barramentos de Rios;
- c) Desmatamento;
- d) Uso de Agrotóxicos Próximo a Rede de Drenagem;
- e) Ferti-Irrigação Próxima às Drenagens;
- f) Ocupação Inadequada das Áreas Baixas das Margens;
- g) Alteração Antrópica da Foz;

O reservatório Tapacurá foco deste trabalho, que compõem o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Recife, é responsável pela produção de água tratada para atender cerca de 25% da população da RMR, abrangendo os municípios de São Lourenço da Mata, Camaragibe e Zona Sul do Recife.

Tapacurá vem sofrendo processo contínuo de degradação ambiental, afetando inclusive a qualidade de suas águas. Esse reservatório vem apresentando sucessivas e massivas florações das microalgas cianobactérias *Planktothrix*, *Geitlerinema*, *Merismopedia*, *Aphanizomenon*, *Cylindropermopsis*, *Pseudoanabaema*, *Raphidiopsis*, *Lyngbya*, *Coelomoron*, as quais têm comprometido seriamente a qualidade de água e tem despertado a atenção da Agência de Regulação de Pernambuco, que acompanha e fiscaliza o cumprimento do monitoramento hidrobiológico da água desse reservatório, afim de resguardar a saúde da população, principalmente no que se diz respeito as cianotoxinas, produzidas a partir das cianobactérias. Essas cianotoxinas são divididas de acordo como os seus mecanismos de ação em três grupos: Neurotoxinas, Hepatotoxinas e Dermatotóxicos. Estudos relatam que não são raros os eventos tóxicos e cada vez mais casos de intoxicações vem sendo relacionados à presença de toxinas no meio ambiente, como por exemplo, a síndrome de Caruaru, como ficou conhecida a morte de 52 pacientes com sintomas de hepatotoxicose aguda causada por microcistinas em Caruaru – PE, Brasil (AZEVEDO, 1996).

O objetivo deste trabalho é mostrar as cargas de fósforo, oriundas da ausência de saneamento nos municípios banhados pelo rio Tapacurá, relacionar essas cargas com as condições tróficas desse reservatório. E por fim, mostrar o monitoramento hidrobiológico do reservatório Tapacurá que aponta resultados de florações de cianobactérias, conseqüência do seu estado trófico.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi um levantamento bibliográfico sobre a bacia do rio Tapacurá associado à coleta de dados durante o ano de 2009, obtidos a partir dos órgãos gestores dos recursos hídricos no Estado de Pernambuco. Também foram levantadas informações técnicas e operacionais relativas aos sistemas de esgotamento sanitário operados pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA e do monitoramento dessa bacia junto à Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH.

As informações relativas às características técnicas e operacionais dos sistemas de esgotamento sanitário foram obtidas junto à Agência Reguladora de Pernambuco – ARPE, órgão responsável pela regulação dos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário do Estado de Pernambuco. Da mesma forma, dados correlatos ao monitoramento das características hidrobiológicas do reservatório Tapacurá, importante manancial utilizado como fonte de abastecimento no Estado de Pernambuco. Esse monitoramento foi realizado pela COMPESA, responsável pela prestação do serviço de captação, tratamento e distribuição de água no Estado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Tapacurá (**Figura 01**) conta com doze sub-bacias sendo as principais formadas pelos riachos Itapessirica, Natuba, Gameleira e Várzea do Una e abrange seis municípios, sendo que 38,6% localizam-se em Vitória de Santo Antão, 31,2% em Pombos, 19,8% em São Lourenço da Mata, 4,3% em Gravatá, 3,3% em Moreno e 2,8% em Chã Grande. O perfil desses municípios está descrito nas **tabelas 1a e 1b**.

Está localizada entre as coordenadas 35° 30' 00" e 35° 5' 00" de longitude oeste e 8° 13' 00" e 7° 58'30" de latitude sul. A barragem de Tapacurá foi construída em 1977, com o objetivo de proteção das cheias. Em 1987 o coroamento foi aumentado de 3 m de altura, e hoje o reservatório possui uma capacidade de acumulação de 94.200.000m³. A área de drenagem é de 470,5 km². O trecho superior do rio começa no município de Gravatá (390 m em relação ao nível do mar), o curso médio termina alcançando o reservatório de Tapacurá. A jusante da barragem, o rio Tapacurá deságua no rio Capibaribe no município de São Lourenço da Mata, do qual é o principal afluente. Limita-se ao norte com as bacias dos rios Goitá e Cotunguba (ambos afluentes do Capibaribe), a oeste com a bacia do Cotunguba, ao sul com as bacias dos rios Ipojuca, Pirapama e Jaboatão, e a leste com as dos rios Jaboatão e Muribara, este último, também afluente do Capibaribe.

A precipitação média anual varia entre 820 mm (Gravatá) e 1.630 mm (desaguamento no Rio Capibaribe), no entanto a evapotranspiração é de 2.000 mm/a.

O relevo da bacia do rio Tapacurá está em sua maior parte constituído por colinas e cristas. As colinas predominam na parte oriental da bacia, próximo à confluência do rio Tapacurá com o rio Capibaribe e chegam até o leste do município de Pombos. Na parte ocidental da bacia a partir do distanciamento da calha do rio Tapacurá, tanto para o norte como para o sul a altitude dos topos eleva-se gradualmente, enquanto que as colinas vão cedendo lugar aos relevos mais contínuos e orientados, constituindo as cristas. Estas apresentam projeção para leste da escarpa do Planalto da Borborema e estão separadas por falhas e fraturas que ora se entrecruzam, ora se apresentam ligeiramente paralelas, tendo como resultado a crescente orientação do relevo, à medida que se aproxima da borda do planalto da Borborema.

Os solos predominantes na bacia são o Argissolo Vermelho Amarelo seguido do Argissolo Amarelo. Há também, em menor proporção, Gleissolo, Luvisolo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Regolítico e Latossolo Amarelo.

A bacia apresenta áreas tanto da zona da mata úmida como do agreste sub – úmido. É constituída por remanescentes da mata atlântica e alguns remanescentes de caatinga na parte sudoeste da bacia.

Segundo Braga (2001), a bacia hidrográfica do rio Tapacurá encontra-se bastante antropizada, na qual a policultura e a horticultura ocupam 37 % da área, seguidas pela pecuária (30,2%) e pela cana-de-açúcar que ocupa 12,45% da área da bacia. Em menor proporção, as granjas e chácaras ocupam 7,8%, a cobertura vegetal, esta dividida em mata, caatinga, capoeira e áreas de reflorestamento, ocupa 6,4%, e as áreas urbanas ocupam 5,6 % da área total da bacia.

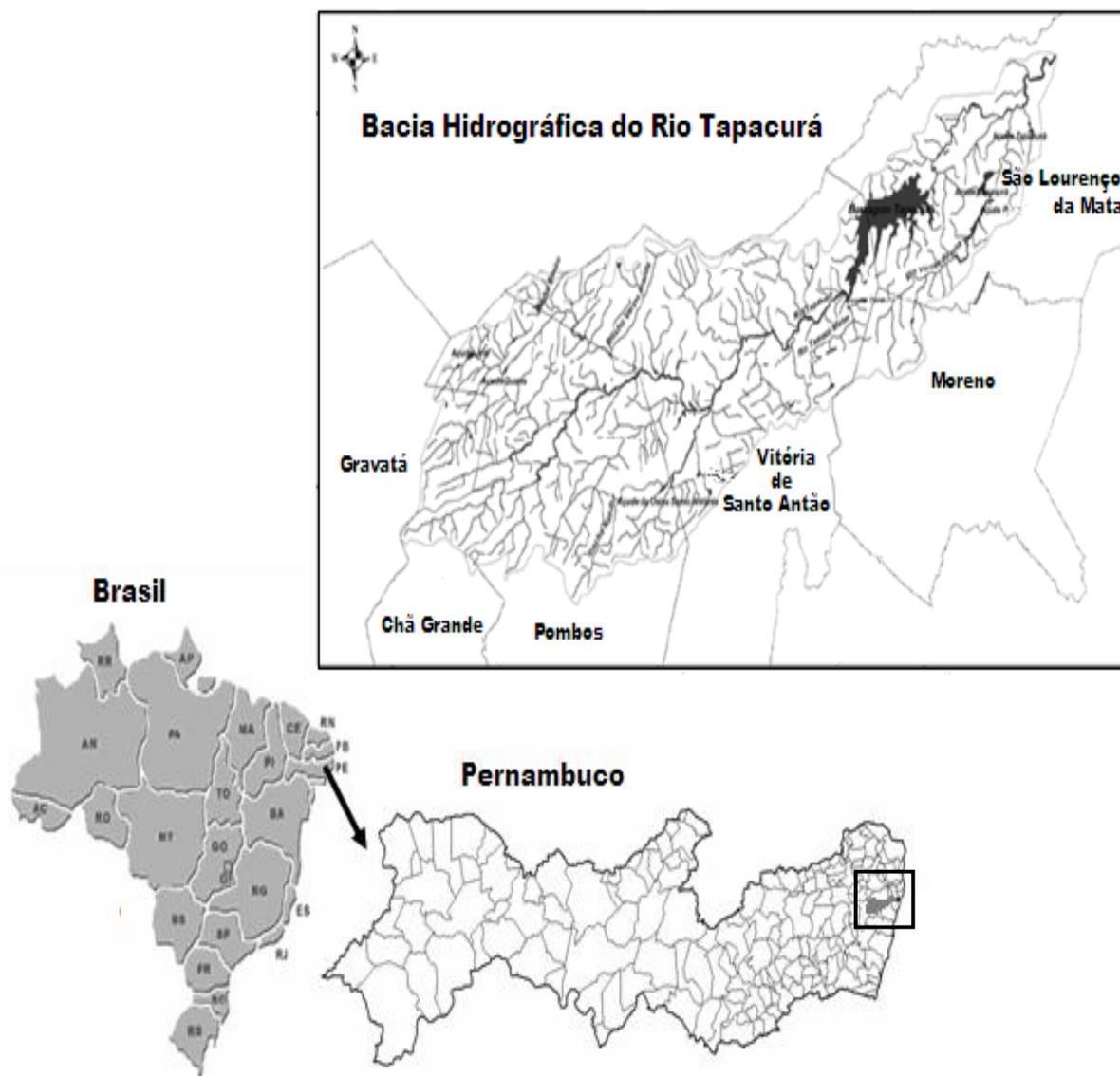


Figura 01 . Localização Espacial da bacia do rio Tapacurá (DUARTE, 2007)

Tabela 1a- Perfil dos Municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá

Município	Área (km ²)	População total	Densidade Demográfica (hab./km ²)	Taxa de Urbanização (%)	Esgotamento Sanitário
Chã Grande	84,85	20.020	235,9	68,3	Não
Gravatá	505,14	76.669	151,8	89,2	Não
Moreno	196,07	56.767	289,5	88,5	Sim
Pombos	204,05	24.033	117,8	66,6	Não
São Lourenço da Mata	262,16	102.976	392,8	94,0	Sim
Vitória de Santo Antão	371,8	130.540	351,1	86,9	Sim

Tabela 1b- Perfil dos Municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá

Municípios	Messorregião	Area dos municípios inserida na Bacia	
		Km ²	%
Chã Grande	Mata	32,75	38,6
Gravatá	Mata	157,60	31,2
Moreno	RMR	38,82	19,8
Pombos	Mata	8,77	4,3
São Lourenço da Mata	RMR	8,65	3,3
Vitória de Santo Antão	Mata	10,41	2,8

De acordo com dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – CENSO 2010, encontramos a área total do município, e em seguida calculamos a área deste inserido dentro da bacia do rio Tapacurá. Encontramos também a população total e sua densidade demográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARGA DE ESGOTO NA BACIA DO RIO TAPACURÁ

De acordo com o monitoramento de qualidade de água do reservatório de Tapacurá realizado pela CPRH, o Rio Tapacurá é altamente poluído por descargas da bacia hidrográfica, especialmente pelos esgotos orgânicos oriundos da indústria de cana-de-açúcar e pelos cianidos contidos na manipueira proveniente da indústria de mandioca (as casas de farinha produzem em torno de 70 m³ de esgotos/dia), bem como os esgotos domésticos. Visto que o tratamento dos esgotos domésticos é muito baixo, configurando fontes pontuais de poluição intensa, onde esgotos insuficientemente tratados são lançados no Rio Tapacurá.

O uso agrícola abrange 88 % da área da bacia, predominado por policultura (35 %), pecuária (30 %) e o cultivo da cana-de-açúcar que ainda ocupa 12 % da área. Os esgotos da indústria de cana-de-açúcar são reutilizados na irrigação, o que resulta em altas cargas no solo e alto transporte nas águas correntes. Os lixões ilegais, que recebem 42 % do lixo gerado na bacia, representam uma fonte poluidora difusa adicional, provocando altas cargas no período chuvoso através o processo de lixiviação. Segundo Gunkel et al (2003), o estado trófico do reservatório de Tapacurá, deve ser classificado como eutrófico. Segundo Von Sperling (2005), o processo de eutrofização pode ser natural ou artificial. A eutrofização natural é resultante de um processo lento e contínuo, resultante do aporte de nutrientes através das chuvas e águas superficiais que erodem a superfície do solo, carregando matéria para os corpos d'água. A eutrofização artificial, induzida pelo homem, é resultante do lançamentos de esgotos domésticos e industriais, bem como da descarga de fertilizantes utilizados em áreas agrícolas. Dos municípios que integram a bacia do Rio Tapacurá, descritos na tabela 1a três possuem esgotamento sanitário, porém com atendimento parcial, conforme tabela 2, e três não possuem esse serviço. Na tabela 2 encontramos a população total atendida com esgotamento sanitário, que foi encontrada através do relatório do Sistema de Informações Operacionais – SIP da COMPESA. Estes dados estão relacionados com a quantidade de ligações totais do sistema de esgotamento e multiplicados pelo fator morador/residência, que de acordo com o IBGE é 3, logo encontramos essa população total. Também encontramos a população residente inserida na bacia do rio Tapacurá. Essa população foi estimada através da densidade demográfica e a área do município inserida na bacia.

Tabela 2. Municípios atendidos por prestadores de serviço de abrangência regional

Município	População inserida na bacia	População inserida na bacia atendida com esgotamento sanitário	% de atendimento com esgotamento sanitário	Tipo de tratamento	Eficiência média de remoção de DBO
Moreno	11.238	1.685	14,9	Lagoas anaeróbias e facultativas	80%
São Lourenço da Mata	3.398	256	7,53	Lagoa Aerada	76%
Vitória de Santo Antão	3.655	102	2,79	UASB + Lagoa facultativa	79%

Três municípios, na sua totalidade ou parte deles, lançam seus esgotos domésticos, em estado bruto, no Rio Tapacurá. Apresenta-se na Tabela 3 uma estimativa da demanda bioquímica de oxigênio do esgoto gerado pelos habitantes da Bacia do Tapacurá, essa calculada em função do equivalente populacional, de acordo com a equação 1.

$$EP \text{ (Equivalente Populacional)} = \frac{\text{Carga de DBO}}{\text{Contribuição per capita}} \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

Onde:

EP = Quantidade da população

Contribuição per capita = 54 g DBO/hab.dia

Carga de DBO = Carga gerada em uma localidade por uma determinada população (g/dia)

Tabela 3: Estimativa da DBO produzida pelos habitantes da Bacia do Rio Tapacurá

Município	População inserida na bacia	DBO (g/dia)
Chã Grande	7.726	417.204
Gravatá	23.924	1.291.896
Moreno	11.238	606.852
Pombos	1033	55.782
São Lourenço da Mata	3.398	183.492
Vitória de Santo Antão	3.655	197.370
Total	50.974	2.752.596

A tabela 4 apresenta um comparativo entre a população que possui esgotamento sanitário e a população que não possui esse benefício. Apresenta também as cargas produzidas pela população, através do equivalente populacional.

Tabela 4: Estimativa da DBO produzida pelos habitantes inseridos na Bacia do Rio Tapacurá que apresentam esgotamento sanitário

Municípios	População inserida na bacia	DBO Total (g/dia)	População atendida com esgotamento sanitário	DBO produzida pela população com esgotamento sanitário (g/dia)	Eficiência média da remoção de DBO
Chã Grande	7.726	417.204	0	_____	Não possui tratamento
Gravatá	23.924	1.291.896	0	_____	Não possui tratamento
Moreno	11.238	606.852	1.685	90.990	80%
Pombos	1033	55.782	0	_____	Não possui tratamento
São Lourenço da Mata	3.398	183.492	256	13.824	76%
Vitória de Santo Antão	3.655	197.370	102	5.508	79%
Total	50.974	2.752.596	2.043	110.322	

A tabela 5 apresenta as estimativas das cargas de DBO produzidas pela população. Com estes valores encontramos a carga de DBO afluente da bacia do rio Tapacurá. Este valor foi encontrado através da diferença entre as cargas de DBO total e DBO com esgotamento sanitário, e a soma da DBO remanescente, que é a carga que não foi removida totalmente no sistema de tratamento de esgotos.

Tabela 5: Estimativa da DBO Afluente da bacia do rio Tapacurá

Municípios	DBO Total (g/dia)	DBO produzida pela população com esgotamento sanitário (g/dia)	Eficiência média da remoção de DBO	DBO Remanescente do Tratamento (g/dia)	DBO Afluente da bacia do rio Tapacurá (g/dia)
Chã Grande	417.204	_____	Não possui tratamento	_____	417.204
Gravatá	1.291.896	_____	Não possui tratamento	_____	1.291.896
Moreno	606.852	90.990	80%	18.198	534.060
Pombos	55.782	_____	Não possui tratamento	_____	55.782
São Lourenço da Mata	183.492	13.824	76%	3.318	172.986
Vitória de Santo Antão	197.370	5.508	79%	1.157	193.019
Total	2.752.596	110.322		22.673	2.664.947

O aporte de nutrientes nos corpos d'água pode ser proveniente de fontes pontuais ou difusas. As fontes pontuais se referem aos lançamentos de efluentes diretamente no corpo d'água, como, por exemplo, o lançamento de efluente das estações de tratamento de esgoto e indústrias. As fontes difusas são resultantes de ações dispersas na bacia hidrográfica, como por exemplo, drenagem de áreas agrícola com excesso de fertilizantes na camada superficial do solo e os esgotos domésticos que não são coletados.

NÍVEL TRÓFICO DO RESERVATÓRIO TAPACURÁ

Segundo Von Sperling (2005), uma grande elevação do aporte de N e P ao lago ou represa causa uma elevação nas populações de algas e outras plantas. Dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo uma série de problemas. Dentre os diversos problemas ocasionados pela eutrofização, pode-se destacar: aumento dos

custos de tratamento para produção de água potável, perda do valor estético de lagos, represas e rios, impedimento à navegação e recreação, o que diminui o valor turístico e os investimentos nas bacias hidrográficas. Em um período de elevada insolação (energia luminosa para a fotossíntese), as algas poderão atingir superpopulações, constituindo uma camada superficial, similar a um caldo verde, como mostra a **Figura 2 e 3**. Esta camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas situadas nestas regiões. A morte destas algas traz, em si, uma série de outros problemas. Estes eventos de superpopulação de algas são denominados floração das águas.



Figura 2 – Barragem Tapacurá



Figura 3- Caixa de Areia

Segundo Von Sperling (2005) as principais fontes de fósforo para uma represa são drenagem pluvial e esgotos, todavia a drenagem transporta a menor quantidade de fósforo. A maior contribuição é proveniente dos esgotos domésticos. A tabela 6 mostra a DBO e a carga de fósforo afluente ao reservatório Tapacurá, cuja fonte é o esgoto doméstico.

Para o cálculo da carga de fósforo foi considerado, segundo Von Sperling (2005), a contribuição unitária de fósforo proveniente do esgoto doméstico igual a 1,0 kgP/hab.ano.

Tabela 6: Carga de fósforo proveniente do esgoto doméstico

Município	DBO Afluente a bacia do rio Tapacurá (g/dia)	Equivalente populacional	Carga de Fósforo Afluente (kgP/ano)
Chã Grande	417.204	7.726	7.726
Gravatá	1.291.896	23.924	23.924
Moreno	534.060	9.890	9.890
Pombos	55.782	1.033	1.033
São Lourenço da Mata	172.986	3.203	3.203
Vitória de Santo Antão	193.019	3.574	3.574
Total	2.664.947	49.350	49.350

A partir de dados como a carga de fósforo afluente, volume do reservatório e o tempo de detenção hidráulica é possível usar o modelo empírico proposto por Salas e Martino (1991), usado em represas de regiões de clima quente, para calcular a concentração de fósforo no reservatório Tapacurá. Segundo Von Sperling (2005), com o uso desse modelo é possível avaliar o nível trófico do reservatório.

A tabela 7 apresenta o tempo de residência para o reservatório Tapacurá, considerando o tempo citado por Gunkel (2003), que considerou três tempos de residência para o reservatório Tapacurá em função da profundidade, ou seja, do percentual do volume total.

Tabela 7: Tempo de residência do reservatório Tapacurá (GUNKEL, 2003)

Tempo de residência (ano)	% do volume total	Volume (m ³)
2,3	100%	94.200.000
1,3	54%	50.868.000
0,2	10%	9.420.000

Aplicando o modelo empírico proposto por Salas e Martino (1991) e apresentado por Von Sperling (2005), foi possível observar que a poluição proveniente do lançamento de esgotos no reservatório, sem considerar as outras fontes difusas é o suficiente para tornar o corpo hídrico eutrofizado. Ainda segundo Sperling (2005), os valores apresentados na tabela 8, classificam o nível trófico do reservatório Tapacurá hipereutrófico.

$$P = \frac{L10^3}{V \cdot \left(\frac{1}{t} + \frac{2}{\sqrt{t}} \right)}$$

EQUAÇÃO (2)

Modelo empírico proposto por Salas e Martino (1991), onde:

P = Concentração de fósforo no corpo d'água (gP/m³)

L = Carga afluyente de fósforo (KgP/ano)

V = Volume da represa (m³)

t = Tempo de detenção hidráulica (ano)

Tabela 8: Concentração de fósforo no reservatório Tapacurá

Tempo de residência (ano)	% do volume total	Volume (m ³)	Carga de fósforo afluyente (kgP/ano)	Concentração de fósforo no reservatório (mgP/ m ³)
2,3	100%	94.200.000	49.350	298,76
1,3	54%	50.868.000	49.350	384,47
0,2	10%	9.420.000	49.350	553,08

Segundo Von Sperling (2005) concentrações de fósforo acima de 100 mg/m³ é o suficiente para tornar o meio eutrofizado. De acordo com os dados acima, mesmo com o reservatório completamente cheio, a concentração de fósforo no reservatório Tapacurá é suficiente para torná-lo eutrófico.

FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS: CONSEQÜÊNCIA DO NÍVEL TRÓFICO

A elevação do aporte de N e P ao lago ou represa, em decorrência da poluição por esgoto leva a um aumento nas populações de algas e de outras plantas. Logo, é verdadeira a correlação alto nível trófico, crescimento excessivo de algas e ocorrência de cianobactérias. Dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo uma série de problemas, como já foi disposto nesse artigo. Por isso, o devido monitoramento dos reservatórios, cujo fim é o abastecimento humano, é imprescindível.

Segundo IBAMA (2005), monitoramento ambiental pode ser definido como um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo (variações temporais). Esse demonstra o estado e as

tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o meio ambiente. Desta forma, subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais.

A qualidade da água para o consumo humano segue os padrões exigidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde. A portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e outras providências. Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. De acordo com o inciso 1º do artigo 19 da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, o monitoramento de cianobactérias na água do manancial deve ser realizado com uma frequência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/mL, e semanal, quando o número de cianobactérias exceder esse valor. O inciso 5º do artigo 18 da referida norma diz que, quando o número de cianobactérias na água do manancial exceder 20.000 células/mL, deve ser realizada análise semanal de cianotoxinas na água, na saída do tratamento e na entrada das clínicas de hemodiálise, sendo essa análise dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

O monitoramento da concentração de cianobactérias no reservatório Tapacurá, no ano de 2009, foi realizado mensalmente, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 - Número de mananciais monitorados no ano de 2009, com relação à qualidade hidrobiológica.

Mês	Número de coletas realizadas em 2009	Concentração (cel/mL) média de cianobactérias em 2009
Janeiro	3	154.948
Fevereiro	3	301.802
Março	3	144.225
Abril	3	178.313
Maiο	3	298.269
Junho	3	95.841
Julho	2	389.062
Agosto	1	117.655
Setembro	3	95.841
Outubro	2	196.475
Novembro	3	104.505
Dezembro	5	64.701

De acordo com esses resultados (Tabela 9) e com base na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, o monitoramento desse reservatório, obrigatoriamente deve ser realizado no mínimo semanalmente. No ano de 2009 a frequência não foi cumprida em conformidade com a referida Portaria, apenas no mês de dezembro isso ocorreu.

Quanto à concentração de cianobactérias, em todo período monitorado, as águas coletadas na superfície do reservatório apresentaram concentração superiores a 20.000 cel/ml, como mostra a figura 4.

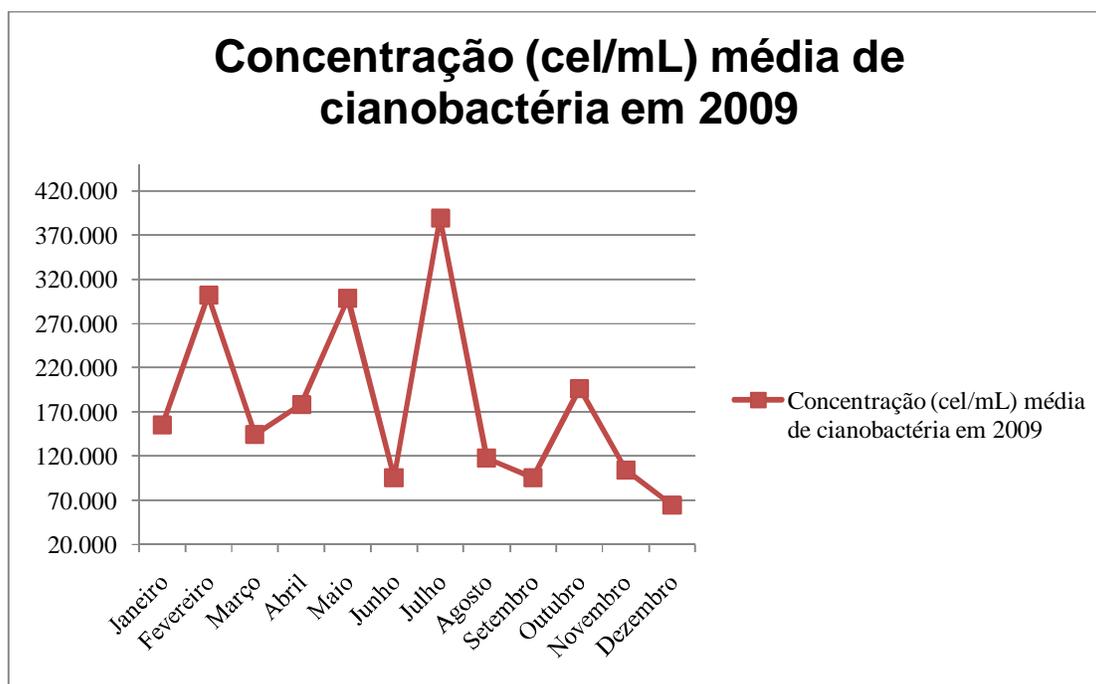


Figura 4 - Média mensal do Monitoramento de Cianobactérias em 2009

Observou-se que no ano de 2009, o ápice foi em julho atingindo valores superiores a 300.000 cel/mL.

A análise hidrobiológica da água do reservatório Tapacurá mostrou a presença de algumas espécies potencialmente produtoras de toxinas. As espécies encontradas no reservatório estão descritas no quadro 1.

Quadro 1 – Espécies de cianobactérias registradas no reservatório de Tapacurá em 2009.

Gêneros de Cianobactérias	Meses 2009											
	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<i>Anabaena</i>							x					
<i>Aphanizomenon</i>	x	x			x		x			x	x	x
<i>Aphanocapsa</i>		x			x		x	x				
<i>Coelomoron</i>	x	x			x		x			x	x	
<i>Cuspidothrix</i>							x					
<i>Cylindrospermopsis</i>	x	x			x		x	x		x	x	x
<i>Geïtherinema</i>	x	x			x		x	x		x	x	x
<i>Limnothrix</i>							x					
<i>Merismopedia</i>	x	x						x		x	x	
<i>Oscillatoria</i>												x
<i>Plantkotothrix</i>	x	x			x		x	x			x	x
<i>Planktolynngbya</i>					x		x	x		x	x	x
<i>Pseudoanabaena</i>							x	x		x	x	x
<i>Radiocystis</i>		x					x	x				x
<i>Raphidiopsis</i>												
<i>Romeria</i>							x	x				
<i>Sphaerocavim</i>												
<i>Synechocystis</i>					x							
<i>Microcystis</i>	x	x			x							
<i>Gomphosphaeria</i>		x						x		x	x	X

(x) Gênero de Cianobactérias encontradas em 2009 – Tapacurá.

Apenas nos meses de março, abril, junho e setembro não foram detectados nenhum gênero de cianobactérias, mas os gêneros *Cylindrospermopsis* e *Geotherinema* foram encontrados em 67 % dos meses monitorados, o gênero *Microcystis* apareceu apenas em 25% dos meses monitorados.

Os gêneros *Cylindrospermopsis* e *Microcystis* têm grande importância, pois no início do ano de 1996 foi confirmada a contaminação de pacientes de uma clínica de hemodiálise na cidade de Caruaru, onde ocorreu a morte de cerca de 60 pacientes. Esse fato ocorreu por causa da falta de tratamento e monitoramento do reservatório para abastecimento público, pois este reservatório estava contaminado por vários gêneros de cianobactérias e principalmente aquelas que produzem toxinas perigosas e que causam riscos à saúde. Este foi o primeiro caso confirmado de mortes humanas causadas por cianotoxinas. As análises confirmaram a presença de microcistinas e cilindrospermopsina (toxinas produzidas por cianobactérias) no carvão ativado utilizado no sistema de purificação de água da clínica, e de microcistinas em amostras de sangue e fígado dos pacientes intoxicados.

Por isso melhor medida para evitar problemas com florescimentos de cianobactérias é o gerenciamento da bacia hidrográfica onde se encontra o manancial. A prevenção deve sempre ser a primeira alternativa, evitando-se o acesso direto do escoamento superficial de áreas fertilizadas no manancial, a ocorrência de erosão decorrente do desmatamento e lançamento de águas residuárias de qualquer natureza no curso de água principal ou em seus contribuintes.

A tomada de água deve ser objeto de preocupação. No caso de torres, podem ser construídas tomadas em diferentes profundidades, providas de válvulas ou comportas de fechamento e, por meio de análise do fitoplâncton por ocasião de florações, pode-se decidir por captar a água na profundidade que resulte em menos problemas na qualidade biológica da água a ser tratada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificamos que a bacia do rio Tapacurá está altamente poluída, pois não apresenta sistema de esgotamento sanitário necessário para atender a população geral, e apenas alguns municípios estão fazendo tratamento em seus esgotos, por isso vários contaminantes estão sendo despejados em seu estado bruto fazendo com que o rio esteja fora dos parâmetros adequados para o sistema de abastecimento público. E por causa da falta desse benefício está ocorrendo a proliferação de cianobactérias e a produção de cianotoxinas, podendo causar grandes prejuízos ao ambiente aquático e a saúde humana.

A carga de nutrientes é a principal causa para a formação de florações de cianobactérias e o objetivo central de qualquer programa para prevenção de eutrofização é a redução da carga de nutrientes nitrogênio e fósforo no ecossistema aquático. A estimativa da concentração de fósforo encontrada foi de 298,76 mgP/m³, identificando que mesmo que o reservatório esteja com sua capacidade máxima o mesmo torna-se hipereutrófico, pois segundo Sperling (2005) apenas 100 mgP/m³ torna o reservatório eutrofizado.

Os gêneros de cianobactérias encontradas no reservatório foram *Cylindrospermopsis* e *Geotherinema* encontrados em 67 % dos meses monitorados, o gênero *Microcystis* apareceu apenas em 25% dos meses monitorados. E os gêneros *Cylindrospermopsis* e *Microcystis* são responsáveis pela produção de toxinas que são prejudiciais à saúde.

A necessidade de monitoramento e controle de cianobactérias nas águas continentais brasileiras é uma necessidade atual, uma vez que os estudos têm confirmado a ocorrência de cianobactérias tóxicas em reservatórios utilizados para abastecimento público na maioria dos estados brasileiros.

Verificamos que existe também a necessidade de um plano de gerenciamento adequado, para que todos os sistemas de tratamento de água e esgoto funcionem com sua eficiência máxima para que não ocorra a floração de cianobactérias prejudicando a saúde da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA REGULADORA DE PERNAMBUCO – ARPE. Sistemas de Abastecimento de Água – Relatório de Qualidade. 2007.

AZEVEDO, S.M.F.O. (1996) Toxic cyanobacteria and the Caruaru tragedy. In: IV Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxicologia - Livro de Resumos. p.84.

BRAGA, R. (Coord.). 2001. Gestão ambiental da bacia do Tapacurá – Plano de ação. UFPE/CTG/DECIVIL/GRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano.

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A.; DOS SANTOS, A.C.A. (2006) Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. CNPq.

CARMICHAEL, W.W. (1994) The toxins of Cyanobacteria. Scientific American; 270(1): p.78 – 86.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo o seu uso preponderante.

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

FAUSTINO, J. (1996) Planificación y Gestión de Manejo de Cuencas. Turrialba: CATIE. 90p.

GUNKEL, G., RUETER, K., CASALLAS, J., SOBRAL, M.C. (2003) Estudos da limnologia do reservatório de Tapacurá em Pernambuco: problemas da gestão de reservatórios no semi – árido brasileiro. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010.

MOTA, S. (1995) Preservação e conservação de Recursos Hídricos. 2.ed. ver. e atualizada – Rio de Janeiro: ABES. 200p.

SALAS, H.J. & MARTINO, P. (1991). A simplified phosphorus trophic state model for warm – water tropical lakes. Water Research, 25 (3). p. 341 – 350.

SÁNCHEZ, L.E. (2006) Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos, São Paulo: Oficina de Textos, 495p.

SECTMA - Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (1998). – Plano Estadual de Recursos Hídricos: Documento Síntese; 1998.

SILVA, S. R.; FREIRE, P. K. C., BARBOSA, D. L. ; WANDERLEY, S. F. S. (2003) A gestão dos recursos hídricos em Pernambuco. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 499.

SILVA, S.R.; COSTA, A.M.; OLIVEIRA, O.F.; MAIA, L.M.; FREITAS, V.A.L; SÁ, A.M.F. (2003). Demanda e oferta hídrica em Pernambuco: Uma abordagem indicativa. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luis.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R.(2000). Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20.

THOMANN, R.V. & MUELLER, J.A. (1987). Principles of surface water quality modeling and control . Harper International Edition. 644p.

TRIGUEIRO, A (Cord.)MOUSINHO,P.(2003) Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento, Rio de Janeiro : Sextante, 367p.

TUNDISI, J.G.(2005) Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez, São Carlos: Rima, 11e, 2 ed., 248p.

VON SPERLING, E. (1994). Avaliação do estado trófico de lagos e reservatórios tropicais. Revista BIO, N.3, p.68-76, ABES, 1994.

VON SPERLING, M.(2005) Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 3 ed., vol. 1. Belo Horizonte.

Disponível em: < <http://ordembilogos.pt/Publicacoes/Biologias/Qagua%20--%2001Jan01.pdf>>. Acesso em 01 de Setembro de 2010.

Disponível em: < http://www.cpafro.embrapa.br/embrapa/Artigos/manejo_bac.htm>. Acesso em 17 de Outubro de 2010.

Disponível em: <<http://www.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/114/69>>. Acesso em 31 de Outubro de 2010 .

Disponível em: < http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas_urbanas/mananciais.html>. Acesso em 02 de Novembro de 2010.

Disponível em: <<http://www.radiovenancioaires.com.br/site/noticias.php?id=11185>>. Acesso em 05 de Dezembro de 2010.

Disponível em:< http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=3439>. Acesso em 12 de Dezembro de 2010.