



IV-175 – MAPA DO ESTADO TRÓFICO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE PERNAMBUCO

Vilalba Soares⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/PE). Mestre em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/PE). Bióloga da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH/PE). Gerência das Unidades Integradas de Gestão Ambiental-UIGAS

Joana Aureliano⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Mestre em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Técnica da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos CPRH-PE. Setor de Monitoramento das Águas Superficiais.

Jussara Moscoso⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/PE). Bióloga da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH/PE).

Margarida Requeira da Costa⁽⁴⁾

Engenheira Civil (UFPE/PE). Mestre em Engenharia Civil na área de concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil pela UFPE/PE. Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos no Departamento de Engenharia Civil UFPE/PE.

Rita de Cássia Figueiredo⁽⁵⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Rua Santana, 367 – Casa Forte - Recife - PE - CEP: 52.060-460 - Brasil - Tel: (81) 3182-8912 - e-mail: vilalba@cprh.pe.gov.br

Endereço⁽²⁾: Rua Santana, 367 – Casa Forte - Recife - PE - CEP: 52.060-460 - Brasil - Tel: (81) 3182-8857 - e-mail: jaureliano@cprh.pe.gov.br

Endereço⁽³⁾: Rua Santana, 367 – Casa Forte - Recife - PE - CEP: 52.060-460 - Brasil - Tel: (81) 3182-8840 - e-mail: jussara@cprh.pe.gov.br

Endereço⁽⁴⁾: Av. Sul 2291, Afogados Rua Santana 367, Recife-PE – CEP 50.770-011- Brasil- Tel: (81) 3161466 – e-mail: mregueira@re.cprm.gov.br

Endereço⁽⁵⁾: Rua Hoel Sette, 62 - Jaqueira - Recife - PE - CEP: 50050-090 - Brasil - Tel: (81) 3075-1300 - e-mail: ritacassia.f@gmail.com

RESUMO

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco – CPRH, desde a sua criação desenvolve um trabalho de avaliação da qualidade ambiental fortalecendo a base de conhecimento para o planejamento de suas ações de fiscalização e controle.

A Secretaria Estadual de Recursos Hídricos – SRH promove a avaliação da qualidade da água dos reservatórios de Pernambuco com o objetivo de assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, por meio de convênio com a CPRH.

O Estado de Pernambuco, ciente da importância dos recursos hídricos e dos problemas decorrentes do uso indiscriminado dos mesmos tem como uma das suas prioridades os programas de monitoramento dos recursos hídricos, que além do referente à balneabilidade das praias em todo litoral pernambucano, mantém um programa de acompanhamento das condições das águas dos principais rios e reservatórios.

Nesse trabalho, destaca-se a avaliação dos parâmetros clorofila *a* e fósforo total constantes no monitoramento da qualidade das águas superficiais realizados em ambientes lênticos e lóticos, executados pela CPRH e SRH, com o propósito de subsidiar a formulação de políticas de proteção ambiental e de recursos hídricos, bem como as tomadas de decisões correlatas às ações de controle e gestão ambiental e dos recursos hídricos.

Mediante estudos efetuados a partir dos resultados do monitoramento acima referendado, realizado no ano de 2008, foi elaborado o Mapa do Estado Trófico das Águas Superficiais de Pernambuco, objetivando o diagnóstico e avaliação do estado de trófia dos principais rios e reservatórios do Estado.

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar que o estado mesotrófico foi o mais frequente entre os ambientes monitorados no Estado, e que os cursos de água foram os que apresentaram maior quantidade de ambientes em situação indesejável (eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico), apresentando por esse motivo, necessidade de ações efetivas que revertam à situação em que se encontram.



PALAVRAS-CHAVE: Estado Trófico, Mapa de Qualidade, Monitoramento da Qualidade da Água, Águas Superficiais, Ferramenta de Informação.

INTRODUÇÃO

O processo de eutrofização pode ser definido como sendo um enriquecimento das águas por nutriente especialmente fósforo e nitrogênio, tendo como consequência o crescimento da produtividade nos ecossistemas aquáticos.

Em níveis baixos, a eutrofização pode ser benéfica, uma vez que possibilita capacidade de manutenção da vida aquática. No entanto em níveis excessivos causa problemas relacionados à qualidade da água e disponibilidade dos recursos hídricos.

Decorrente do desenvolvimento das atividades humanas nas bacias de drenagens, a eutrofização é causada por um incremento das descargas de nutrientes nos reservatórios, lagos e rios, e tem como consequência mudanças nas características tróficas destes corpos d'água. Entre as fontes causadoras deste incremento de nutrientes podemos citar descargas domésticas, industriais, águas residuais e agrícolas.

É de se ressaltar que a implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e predição dos seus processos de eutrofização e busca de propostas de soluções que viabilizem o aumento da vida útil desses ecossistemas (TUNDISI, 1999).

Este estudo tem como objetivo a elaboração do mapa temático do estado trófico das águas superficiais de Pernambuco, possibilitando a avaliação e diagnóstico do grau de trófia das mesmas, e desta forma, buscar o fortalecimento das ações subsidiando a tomada de decisões por parte dos órgãos gestores dos recursos hídricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Índice do Estado Trófico

O rápido processo de degradação dos corpos aquáticos tem se tornado um problema agudo, sobretudo em ambientes aquáticos tropicais. A tipologia destes sistemas alterados por diversas cargas orgânicas e inorgânicas de efluentes, utilizando-se índices de eutrofização pode contribuir para trazer soluções eficazes para o entendimento do funcionamento destes corpos aquáticos (DIAS, 2003).

De forma confiável, o estado trófico de um determinado corpo d'água pode ser determinado a partir do levantamento das concentrações do nutriente limitante e da clorofila *a*. O nutriente limitante é aquele que controla o crescimento das plantas aquáticas. Estudos realizados têm mostrado ser o fósforo, na sua fração inorgânica disponível, o nutriente limitante do crescimento de algas na maioria dos corpos de água doce. A clorofila *a*, pigmento verde oriundo das algas, possibilita estimar a biomassa existente, portanto o parâmetro resposta mais comumente usado nos estudos de eutrofização.

O Índice do Estado Trófico – IET foi desenvolvido com o objetivo de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trófia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes assim como, seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial de crescimento de macrófitas aquáticas.

Para avaliação do Índice do Estado Trófico – IET nesse estudo foi adotado o Índice de Carlson, modificado (Toledo, 1990) que estabelece três níveis de estado trófico em função dos valores obtidos para as variáveis: transparência (disco de Secchi), clorofila *a* e fósforo total. Das três variáveis referendadas, para o IET, foram aplicadas neste estudo apenas duas: clorofila *a* e fósforo total, uma vez que os valores referentes à transparência, na maioria das vezes, não são representativos do estado de trófia, tendo em vista que a transparência das águas pode estar relacionada à turbidez abiótica e não apenas à alta densidade de organismos planctônicos.



Para a classificação deste índice foram adotados os seguintes estados de trófia: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, os quais foram agrupados em dois grandes estados de trófia: Aceitável e Indesejável

- Estado Aceitável: engloba ultraoligotrófico, oligotrófico e mesotrófico e é caracterizado por corpos de água variando de muito limpos a com produtividade intermediária, e com relação aos usos da água variando de sem interferência indesejável a com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis.
- Estado Indesejável: engloba eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico e é caracterizado por corpos de água com alta produtividade em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água, e com relação aos usos da água variando de interferência nos seus usos múltiplos a comprometimento acentuado dos seus usos.

Nesse trabalho o IET foi expresso em função das concentrações de fósforo total, gerando o índice do estado trófico para o fósforo – IET (PT), devendo ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como agente causador do processo, e das concentrações de clorofila *a*, gerando o índice do estado trófico para a clorofila *a* – IET (CL), que deve ser entendida como medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador/modificador segundo Lamparelli (Cetesb, 2008), para os reservatórios e seguindo o mesmo raciocínio, porém adotando apenas a concentração de fósforo, para os cursos de água. A classificação do estado trófico é indicado numa escala de 0 a 100.

As equações adotadas são:

Para rios:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{equação 1})$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

PT= concentração de fósforo total medida à superfície da água ($\mu\text{g/L}=\text{mg/m}^3$)

CL= concentração de clorofila *a* medida à superfície da água ($\mu\text{g/L}=\text{mg/m}^3$)

ln=logaritmo natural (neperiano)

Para reservatórios

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \quad (\text{equação 3})$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em ($\mu\text{g/L}=\text{mg/m}^3$);

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em ($\mu\text{g/L}=\text{mg/m}^3$);

ln: logaritmo natural (neperiano)

Nos reservatórios o IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, segundo a equação:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2 \quad (\text{equação 5})$$

No caso dos cursos de água o IET é a média aritmética simples das concentrações de fósforo total, conforme a tabela 1.

**Tabela 1: Classificação do Estado Trófico para cursos de água.**

Nível Trófico	Critério	Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$P \leq 13$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < P \leq 35$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < P \leq 137$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < P \leq 296$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < P \leq 640$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$640 < P$

Fonte: Cetesb, 2009

A seguir a tabela 2 ilustra a classificação de reservatórios, quanto ao estado trófico, associada aos níveis de fósforo total e clorofila *a* de acordo com a metodologia adotada.

Tabela 2: Classificação do Estado Trófico para reservatórios.

Nível Trófico	Critério	Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$P \leq 8$	$\text{CL} \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < \text{CL} \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < \text{CL} \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < \text{CL} \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < \text{CL} \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$233 < P$	$69,05 < \text{CL}$

Fonte: Cetesb, 2009

O Mapa do Estado Trófico

De modo a permitir comunicação mais fácil e direta com o público, as informações de base como, cursos de água, limite de bacias hidrográficas, limite municipal, sedes municipais, entre outros, estão representadas pela cor cinza, sobre um campo branco. Optou-se pela divisão do mapa em bacias litorâneas na escala 1:350.000 e bacias do São Francisco na escala 1:500.000.

Os resultados utilizados nos mapas do estado trófico para o ano 2008 somam 193 estações sendo: 68 em cursos de água, 111 reservatórios e 14 captações para abastecimento público.

Para a classificação do IET anual dos reservatórios foram adotadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila *a* para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila *a* (equação 5).

No caso da classificação anual do IET dos cursos de água foram adotadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total para cálculo do IET (PT) anual.

A representação do estado trófico é expressa em mapa hidrográfico com escala de cores nos trechos de cursos de água ou na bacia hidráulica do reservatório. A partir da visualização em cores referente a cada faixa de valor do índice é possível se observar a predominância obtida nas bacias e dentro destas, nas regiões de subdivisão das bacias hidrográficas. Nesse sentido, adotou-se uma variação de seis cores, do azul ao violeta, indicando ordem crescente do grau de trófia, ou seja, o azul significa a condição menos trófica enquanto que a cor roxa representa o maior enriquecimento de nutrientes ou conseqüentemente, a situação mais trófica.

A Tabela 3 contém a classificação do Índice do Estado Trófico – IET detalhando os critérios, a qualificação e a cor correspondente a cada estado de qualidade.

**Tabela 3: Classificação do Estado Trófico.**

IET – Índice do Estado Trófico		
Critério	Qualificação	Cor
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico	Azul
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico	Verde
$42 < IET \leq 59$	Mesotrófico	Amarela
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico	Laranja
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico	Vermelho
$IET > 67$	Hipereutrófico	Violeta

Fonte: Cetesb, 2009.

Para se obter a representação do estado trófico dos cursos de água foi efetuado registro no mapa adotando uma linha com a cor resultante da classificação. O curso de água principal, apresenta-se em destaque com a utilização da linha larga, enquanto que os afluentes em linha estreita.

Objetivando a representação do estado trófico no mapa, para um trecho de rio, considerou-se que a qualificação obtida na estação de amostragem, representaria metade do trecho entre a estação e aquelas estações localizadas a montante ou jusante. Neste caso, se considerou necessário a identificação das estações no mapa, as quais foram representadas por uma seta de cor preta com a identificação da estação.

Com relação aos reservatórios optou-se por colorir a bacia hidráulica. Nos casos em que não se encontra no mapa base esta estrutura, buscou-se a obtenção da mesma na internet, e finalmente no caso de não obtenção na internet, adotou-se um triângulo representativo do espelho de água do reservatório.

Complementa o esclarecimento do mapa em questão, uma tabela com informações por ambientes, ou seja curso de água, captação para abastecimento público e reservatórios, para cada bacia hidrográfica monitorada, contendo a identificação das estações de amostragens com as características das mesmas.

RESULTADOS

Os valores obtidos nos sistemas monitoramento da qualidade da água dos reservatórios, cursos de água (rios) e captações para abastecimento público no estado de Pernambuco, tratados na forma do índice do estado trófico – IET permitiram a avaliação de cada estação de monitoramento isoladamente, desta forma possibilitando o conhecimento do estado trófico dos diversos ambientes monitorados e acima referendados. Estes resultados indicam em cada sistema aqueles ambientes que necessitam de ações de controle que permitam a reversão do estado de trófia em que se encontram e aqueles corpos de água nos quais, ações de controle não permitam o agravamento do estado atual.

Por outro lado os resultados obtidos neste trabalho informam ainda as condições das bacias hidrográficas bem como da inter-relação dos ambientes reservatórios, cursos de água (rios) e captações, proporcionando aos tomadores de decisão e ao público em geral o acesso a informações valiosas.

Vale salientar que índices de qualidade são instrumentos de comunicação com o público, que neste caso em especial, têm por finalidade classificar os corpos de água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou o aumento da infestação de macrófitas aquáticas. O caráter reducionista dos índices de qualidade restringe seu uso como instrumento de atendimento à legislação ambiental (VON SPERLING, 2007).

Os resultados anuais obtidos nas estações de amostragem foram quantificados por ambiente para cada um dos estados de qualificação do Índice do Estado trófico – IET, obtendo-se a Tabela 4, na qual se observa:

- O estado Mesotrófico foi o mais freqüente entre os ambientes monitorados;
- Em Pernambuco o estado Aceitável ocorreu, em 2008, em 54% das estações monitoradas, enquanto que o estado Indesejável representa 46% dos ambientes.
- Nos Cursos de água o estado Indesejável ocorreu em 69% das estações monitoradas.



Tabela 4: Quantidade de ambientes por qualificação do IET.

Ambiente Monitorado	Estado Trófico						Total
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico	
Reservatórios	1	9	62	27	11	1	111
Cursos de água		1	20	18	18	11	68
Captações para abastecimento público		4	7	3			14
Total	1	14	89	48	29	12	193

A seguir apresenta-se como figura 1 e 2 os Mapas do Estado Trófico do Estado de Pernambuco, objeto deste trabalho.

Figura 1: Mapa do Estado Trófico do Estado de Pernambuco - 2008. Bacias litorâneas

Problemas com o Auto-Cad. Enviaremos o mapa em uma semana. Desculpe-nos!

Figura 2: Mapa do Estado Trófico do Estado de Pernambuco - 2008. Bacias do São Francisco

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Entre os ambientes monitorados, os cursos de água foram os que apresentaram maior quantidade de ambientes em situação indesejável (eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico), necessitando de ações efetivas que revertam à situação em que se encontram.

Em valores percentuais as captações para abastecimento público foram os ambientes que apresentaram os mais baixos valores de IET. Portanto, ações que garantam pelo menos a situação atual devem ser incentivadas.

O desenvolvimento de técnicas de divulgação de informação que facilitem ou permitam o acesso público, deve ser buscada em especial para informações públicas. Neste contexto, sugere-se que este mapa seja divulgado na página da CPRH na internet e que seja avaliada sua eficácia com base no número de acessos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (2009). Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco - 2008. Recife, 96p.
2. AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (2008). Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de Reservatórios e Mananciais do Estado de Pernambuco em 2008. Recife, 116p.
3. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2009). IET Índice do estado trófico. São Paulo. http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iva_iet.asp. Consulta em 16.10.2008.
4. DIAS, J. B. (2003). Codeterminantes biológicos da comunidade fitoplanctônica e fatores limnológicos no açude Taperoá II, semi-árido paraibano. 65p. monografia de Graduação (Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas)- Departamento de Farmácia e Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.



5. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (1997). Plano Estadual de Recursos Hídricos documento síntese. Recife, 215 p.
6. TUNDISI, J.G. ; GENTIL, J. G. & DIRICKSON, C (1999). Seasonal cycle of primary production of nano and microphytoplankton in a shallow tropical reservoir. Rev. Bras. Bot. , v.1, p.35.39, 1999.
7. VON SPERLING, M. (2007). Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 588p.
8. REGIERUNG VON OBERFRANKEN (2000). Gewässergütekarte Obergranken, Stand: Dezember 2000. Maßstab 1:200.000.