

CARACTERIZAÇÃO TRÓFICA DE DUAS LAGOAS URBANAS DE FORTALEZA, CEARÁ: LAGOA DA MARAPONGA E DA PARANGABA

Aline S. LIMA (1); Hugo L. B. BUARQUE (2); Raimundo B. GOMES (2)

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Quixadá
Estrada do Cedro, Km 05, Cedro Novo, 60.900-000, Quixadá, Ceará, e-mail: alinelima@ifce.edu.br

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
Av. Treze de Maio, 2081, Benfica, 60.040-531, Fortaleza, Ceará, e-mail: hbuarque@ifce.edu.br; bemvindo@ifce.edu.br

RESUMO

Neste trabalho foram levantados dados referentes às lagoas da Maraponga e da Parangaba do município de Fortaleza-CE, do período de agosto de 2006 a Março de 2009, com frequência bimestral, com o objetivo de classificá-las quanto ao seu estado de eutrofização. As variáveis observadas foram Transparência em disco de Secchi, Clorofila-a e Fósforo Total, todas necessárias para avaliação do grau de trofia. Esta avaliação foi realizada utilizando-se o Índice do Estado Trófico (IET), o qual permite uma avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional de um corpo aquático. Realizou-se a caracterização quantitativa e qualitativa destes ecossistemas quanto ao grau de eutrofização segundo as metodologias propostas por Carlson (1977) e por Toledo (1983). Durante quase todo o monitoramento as variáveis analisadas apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela Resolução nº 357 do CONAMA. Os elevados valores observados para este ecossistema caracterizam o avançado estado de eutrofização em que os mesmos se encontram, o que pode ser confirmado a partir dos resultados obtidos para os IET's destas lagoas. Utilizando-se os índices de Carlson e de Toledo, ambos os ecossistemas lacustres monitorados foram classificados, respectivamente, como hipereutrófico e eutrófico. Isto indica que estes corpos hídricos estão afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, provavelmente, provenientes do lançamento de esgotos sanitários clandestinos nestas lagoas.

Palavras-chave: eutrofização, Lagoa da Maraponga, Lagoa da Parangaba, IET.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS, MEYBECK, 2000). No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte do esgoto bruto (tanto doméstico, industrial como efluentes de sistema de cultivo) é lançada sem tratamento prévio nos cursos d'água (ZANINI, 2009).

Esse grande aporte de matéria orgânica, via efluentes domésticos e industriais, é uma das principais causas de poluição das águas urbanas, podendo afetar a qualidade do ambiente para os organismos aquáticos ou mesmo a saúde humana, a partir da transmissão de doenças de veiculação hídrica ou por meio da ingestão de águas contaminadas.

O Brasil apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água, principalmente nos centros urbanos (SILVA et al., 2007). No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte do esgoto bruto (tanto doméstico, industrial como efluentes de sistema de cultivo) é lançada sem tratamento prévio nos cursos d'água (ZANINI, 2009). Segundo análises realizadas pelo Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, LIAMAR/IFCE, todas as grandes lagoas de Fortaleza estão impróprias para o banho e lazer, pois a quantidade de coliformes está bem acima da média permitida. Apesar de serem consideradas impróprias para o banho, as lagoas da Maraponga e da Parangaba ainda são utilizadas com diferentes finalidades pela comunidade, como pesca e recreação de contato primário.

O despejo de efluentes domésticos e agrícolas em rios aumenta sobremaneira a concentração de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, nestes ecossistemas (SILVEIRA, 2004). Essa grande carga orgânica aumenta a disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, o que leva a um aumento da população de microrganismos, podendo gerar a eutrofização desses reservatórios de água. A eutrofização representa esse aumento da concentração de nutrientes, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas com conseqüente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lânticos (FIGUEIRÊDO, VIEIRA, MOTA, 2006).

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, de forma confiável, a partir do levantamento das concentrações do nutriente limitante e da clorofila "a" (CORDEIRO et al., 2009). O IET funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantem os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA et al., 2009).

O presente trabalho tem como objetivo estimar quantitativa e qualitativamente o grau de eutrofização das lagoas da Maraponga e da Parangaba, Fortaleza-Ce, ao longo do período de, aproximadamente, trinta meses a partir do cálculo do IET proposto por Carlson (1977) e pelo método proposto por Toledo (1984), comparando-os.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1 Áreas de estudo

O estudo se desenvolveu nas Lagoas da Maraponga e Parangaba localizadas em Fortaleza-CE. A Lagoa da Maraponga possui uma área de 159.379 m² e uma profundidade média de 1,7 m e a Lagoa de Parangaba tem espelho d'água de aproximadamente 675.000 m² e uma profundidade média de 1,0 m.

2.2 Obtenção de Dados.

Os dados utilizados para realização da estimativa do Índice de Estado Trófico dos ambientes lacustres avaliados foram obtidos a partir do relatório de Monitoramento Sistemático dos Dez Principais Sistemas Lacustres de Fortaleza da Prefeitura Municipal deste município. As análises foram realizadas pelo LIAMAR / IFCE. Os dados obtidos referem-se ao período compreendido entre agosto de 2006 e Março de 2009. As coletas foram realizadas com frequência bimestral.

2.3 Parâmetros Utilizados

Os parâmetros utilizados foram: fósforo total (PT), transparência de Secchi (Transp) e clorofila "a" (CHL) utilizando-se as metodologias analíticas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros analisados, metodologias analíticas

Variáveis	Metodologias
Fósforo total (mg/L)	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico
Clorofila "a" (µg/L)	Espectrofotométrica – Extração a frio com Acetona
Transparência de Secchi (m)	Visualização em Disco de Secchi

2.4. Metodologias para Obtenção do Estado Trófico - Índice de Estado Trófico

A caracterização do estado trófico de sistemas aquáticos e utilização de índices de qualidade de água tem como objetivo simplificar uma série de parâmetros em valores inteiros, fáceis de entendimento pelo público, tornando-se ferramenta utilizada para gerenciamento da qualidade de água tanto para comunidade científica, quanto para autoridades relacionadas à saúde pública e saneamento (ZANINI, 2009).

Carlson (1977) desenvolveu um índice que permite uma avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional de um corpo aquático, o qual define o estado trófico segundo a concentração de biomassa, avaliada através de análise de regressão utilizando as medidas de transparência do disco de Secchi contra Clorofila - a e fósforo total. O Índice de Estado Trófico de Carlson (IETc) foi desenvolvido para regiões temperadas, onde o metabolismo dos ecossistemas aquáticos difere dos encontrados em ambientes tropicais (FIA et al, 2009).

O IETc pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\text{IET (Transp)} = 10 (6 - \ln \text{DS} / \ln 2) \quad [\text{Eq. 01}]$$

$$\text{IET (CHL)} = 10 [6 - (2,04 - 0,68 \ln \text{CHL}) / \ln 2] \quad [\text{Eq. 02}]$$

$$\text{IET (PT)} = 10 [6 - \ln(48/\text{PT}) / \ln 2] \quad [\text{Eq. 03}]$$

Em 1983, Toledo Jr et al propuseram modificações ao modelo de Carlson, desenvolvendo um modelo que é indicado para cálculo de IET para rios e reservatórios tropicais.

O IET de Carlson, modificado por Toledo (IETm) é calculado pela expressão seguinte:

$$\text{IET (Transp)} = 10 [6 - (0,64 + \ln \text{DS}) / \ln 2] \quad [\text{Eq. 04}]$$

$$\text{IET (PT)} = 10 [6 - \ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2] \quad [\text{Eq. 05}]$$

$$\text{IET (CHL)} = 10 \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln \text{CHL}) / \ln 2]\} \quad [\text{Eq. 06}]$$

Em que: Transp = Transparência, calculada a partir do DS (Disco de Secchi)

PT = concentração de fósforo total em mg/m^3 ;

CHL = concentração de clorofila-a em mg/m^3 .

O valor dos índices de Carlson (1977) e de Toledo pode ser calculado para cada uma das variáveis independente, ou como média dos três valores. Os critérios do estado trófico segundo estes índices são apresentados, respectivamente, nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Classificação do estado trófico para o índice de Carlson.

Estado trófico	Critério	Secchi – S(m)	Fósforo Total – PT ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Clorofila-a – Cl-a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
Oligotrófico	$\text{IET} \leq 44$	$S \geq 1,6$	$\text{PT} \leq 26,5$	$\text{Cl-a} \leq 3,8$
Mesotrófico	$44 < \text{IET} \leq 54$	$1,6 > S \geq 0,8$	$26,5 < \text{PT} \leq 53,0$	$3,8 < \text{Cl-a} \leq 10,3$
Eutrófico	$54 < \text{IET} \leq 74$	$0,8 > S \geq 0,2$	$53,0 < \text{PT} \leq 211,9$	$10,3 < \text{Cl-a} \leq 76,1$
Hipeutrófico	$\text{IET} > 74$	$0,2 > S$	$211,9 < \text{PT}$	$76,1 < \text{Cl-a}$

Quadro 2 – Classificação do estado trófico para o índice de Carlson modificado Toledo.

Nível Trófico	Critério
Oligotrófico	$\text{IET} \leq 44$
Mesotrófico	$44 < \text{IET} \leq 54$
Eutrófico	$\text{IET} > 54$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os três primeiros bimestres de análises e no período de agosto a novembro de 2007, a lagoa da Maraponga apresentou concentrações de clorofila-a dentro dos padrões estabelecido pela Resolução nº 357 do CONAMA ($\leq 30,0 \mu\text{g}/\text{L}$), porém, na maioria dos resultados, este parâmetro apresentou valores superiores ao estabelecido pelos padrões legais.

Em relação ao fósforo total, esta lagoa apresentou alta concentração desta variável, apresentando valor máximo igual a $0,55 \text{ mg}/\text{L}$, superando em mais de 1700% o limite máximo estabelecido ($0,030 \text{ mg}/\text{L}$).

Os teores de clorofila-a e Fósforo total encontrados caracterizam o estágio de eutrofização em que se encontra a lagoa, bem como indicam um grande aporte de matéria orgânica neste manancial.

A partir da análise da Figura 1, podemos verificar que este ecossistema apresentou um grau crescente de eutrofização, observado a partir de todos os IET's calculados com exceção do IET Cl-a, durante os quatro primeiros bimestre avaliados. No período compreendido entre abril e novembro de 2007, esses valores apresentaram-se flutuantes, tornando-se decrescente nos bimestres seguintes até julho de 2008. O IET médio, calculado a partir da metodologia de Carlson, classifica a lagoa da Parangaba como hipereutrófica, porém, segundo Toledo, este corpo hídrico é classificado como eutrófico.

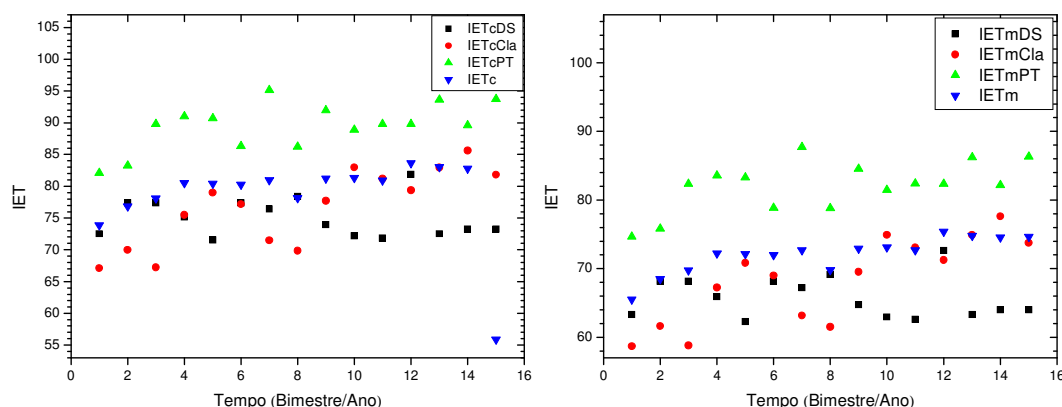


Figura 1: a) Variação temporal dos Índices do Estado Trófico de Carlson (IETc); b) Variação temporal dos Índices do Estado Trófico modificado por Toledo (IETc) na Lagoa da Maraponga/CE.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das variáveis analisadas e nas Tabelas 2 e 3 os resultados dos IET's calculados para o período de estudo.

Tabela 1– Resultados Médios dos Valores das Variáveis da Lagoa da Maraponga

BIMESTRE	Transp (m)	Cl-a (µg/L)	PT (mg / L)
AGO - SET 06	0,42	16,5	0,22
OUT - NOV 06	0,3	22,1	0,24
DEZ 06 - JAN 07	0,3	16,7	0,38
FEV - MAR 07	0,35	38,8	0,41
ABR - MAIO 07	0,45	55,5	0,4
JUN - JUL 07	0,3	46,1	0,3
AGO - SET 07	0,32	25,76	0,55
OUT - NOV 07	0,28	21,84	0,3
FEV - MAR 08	0,38	48,7	0,44
ABR - MAIO 08	0,43	83,2	0,36
JUN - JUL 08	0,44	69,4	0,38
AGO - SET 08	0,22	57,7	0,38
OUT - NOV 08	0,42	83	0,49
DEZ 08 - JAN 09	0,4	109	0,37
FEV - MAR 09	0,4	74	0,5

A lagoa da Parangaba apresentou teores de clorofila-a dentro dos padrões estabelecido pelo CONAMA desde o início do monitoramento até março de 2008, porém, a partir deste período, este ecossistema passou a exibir concentrações superiores à estabelecida pela legislação vigente. Este fato pode ser associado à incidência de chuvas neste período, que resultam em um aumento da quantidade de nutrientes disponíveis, devido a lavagem da área da bacia da lagoa.

A partir da análise da Figura 2, podemos verificar que este ecossistema apresentou um grau crescente de eutrofização observado a partir de todos os IET's calculados, com exceção do IET Cl-a que demonstrou comportamento contrário durante os quatro primeiros bimestre avaliados. No período compreendido entre abril e novembro de 2007, esses valores apresentaram-se flutuantes, tornando-se decrescente nos bimestres seguintes até julho de 2008. Assim como a lagoa da Maraponga, O IET médio, calculado a partir da metodologia de Carlson, classifica a lagoa da Parangaba como hipereutrófica, mas segundo Toledo, este corpo hídrico é classificado como eutrófico.

Tabela 2 – Resultados dos IETc da Lagoa da Maraponga

BIMESTRE	IETc(Transp)	IETc(Cl-a)	IETc(PT)	IETc
AGO - SET 06	72,52	67,1	82,09	73,9
OUT - NOV 06	77,37	69,97	83,22	76,85
DEZ 06 - JAN 07	77,37	67,22	89,77	78,12
FEV - MAR 07	75,15	75,49	90,98	80,54
ABR - MAIO 07	71,52	79	90,7	80,41
JUN - JUL 07	77,37	77,18	86,29	80,28
AGO - SET 07	76,44	71,47	95,13	81,01
OUT - NOV 07	78,37	69,85	86,24	78,15
FEV - MAR 08	73,96	77,72	91,96	81,21
ABR - MAIO 08	72,18	82,97	88,87	81,34
JUN - JUL 08	71,84	81,19	89,81	80,95
AGO - SET 08	81,84	79,38	89,77	83,67
OUT - NOV 08	72,52	82,95	93,63	83,03
DEZ 08 - JAN 09	73,22	85,62	89,58	82,81
FEV - MAR 09	73,22	81,82	93,72	55,91

Tabela 3 – Resultados dos IETm da Lagoa da Maraponga

BIMESTRE	IET m(Transp)	IET m(Cl-a)	IET m(PT)	IETm
AGO - SET 06	63,28	58,68	74,67	65,54
OUT - NOV 06	68,14	61,61	75,79	68,51
DEZ 06 - JAN 07	68,14	58,80	82,35	69,76
FEV - MAR 07	65,91	67,25	83,55	72,24
ABR - MAIO 07	62,29	70,84	83,27	72,13
JUN - JUL 07	68,14	68,98	78,87	71,99
AGO - SET 07	67,21	63,14	87,70	72,68
OUT - NOV 07	69,13	61,49	78,82	69,81
FEV - MAR 08	64,73	69,53	84,54	72,93
ABR - MAIO 08	62,94	74,90	81,44	73,09
JUN - JUL 08	62,61	73,08	82,38	72,69
AGO - SET 08	72,61	71,23	82,35	75,40
OUT - NOV 08	63,28	74,88	86,21	74,79
DEZ 08 - JAN 09	63,99	77,61	82,15	74,58
FEV - MAR 09	63,99	73,72	86,29	74,67

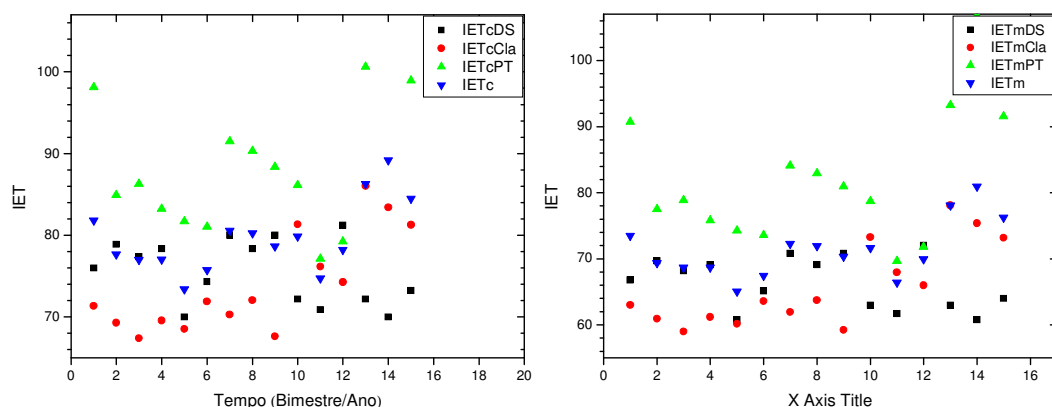


Figura 2: a) Variação temporal dos Índices do Estado Trófico de Carlson (IETc); b) Variação temporal dos Índices do Estado Trófico modificado por Toledo (IETm) na Lagoa da Parangaba/CE.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das variáveis analisadas e nas Tabelas 5 e 6 os resultados dos IET's calculados para o período de estudo.

Tabela 4– Resultados Médios dos Valores das Variáveis e do IETc da Lagoa da Parangaba

BIMESTRE	Transp (m)	Cl-a (µg/L)	PT (mg / L)
AGO - SET 06	0,42	16,5	0,22
OUT - NOV 06	0,3	22,1	0,24
DEZ 06 - JAN 07	0,3	16,7	0,38
FEV - MAR 07	0,35	38,8	0,41
ABR - MAIO 07	0,45	55,5	0,4
JUN - JUL 07	0,3	46,1	0,3
AGO - SET 07	0,32	25,76	0,55
OUT - NOV 07	0,28	21,84	0,3
FEV - MAR 08	0,38	48,7	0,44
ABR - MAIO 08	0,43	83,2	0,36
JUN - JUL 08	0,44	69,4	0,38
AGO - SET 08	0,22	57,7	0,38
OUT - NOV 08	0,42	83	0,49
DEZ 08 - JAN 09	0,4	109	0,37
FEV - MAR 09	0,4	74	0,5

Os dois ecossistemas lacustres monitorados neste trabalho foram classificados em relação não apenas ao Índice de Estado Trófico, bem como em relação à transparência e aos teores médios de clorofila-a e fósforo total sendo qualificados, respectivamente, como eutrófico, eutrófico e hipereutrófico, de acordo com as duas metodologias avaliadas. Segundo Zanini (2009), nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como temperatura da água ou baixa transparência, o índice relativo à clorofila-a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Isto explica a diferença quanto aos graus de eutrofização observados, tendo em vista que os dois mananciais estudados apresentaram transparência média de apenas 0,36 m.

Tabela 5 – Resultados dos IET da Lagoa da Parangaba

BIMESTRE	IETc(Transp)	IETc(Cl-a)	IETc(PT)	IETc
AGO - SET 06	75,99	71,33	98,14	81,82
OUT - NOV 06	78,89	69,28	84,92	77,70
DEZ 06 - JAN 07	77,37	67,39	86,29	77,02
FEV - MAR 07	78,37	69,56	83,22	77,05
ABR - MAIO 07	70,00	68,54	81,70	73,41
JUN - JUL 07	74,34	71,90	81,02	75,75
AGO - SET 07	80,00	70,29	91,50	80,60
OUT - NOV 07	78,37	72,04	90,33	80,25
FEV - MAR 08	80,00	67,62	88,37	78,66
ABR - MAIO 08	72,18	81,35	86,15	79,89
JUN - JUL 08	70,89	76,15	77,10	74,71
AGO - SET 08	81,20	74,25	79,23	78,23
OUT - NOV 08	72,18	86,06	100,64	86,29
DEZ 08 - JAN 09	70,00	83,41	114,15	89,19
FEV - MAR 09	73,22	81,28	98,95	84,48

Tabela 6 – Resultados dos IETm da Lagoa da Parangaba

BIMESTRE	IET m(Transp)	IET m(Cl-a)	IET m(PT)	IETm
AGO - SET 06	66,76	63,00	90,71	73,49
OUT - NOV 06	69,66	60,90	77,49	69,35
DEZ 06 - JAN 07	68,14	58,98	78,87	68,66
FEV - MAR 07	69,13	61,19	75,79	68,70
ABR - MAIO 07	60,77	60,14	74,27	65,06
JUN - JUL 07	65,11	63,58	73,59	67,43
AGO - SET 07	70,77	61,94	84,07	72,26
OUT - NOV 07	69,13	63,73	82,91	71,92
FEV - MAR 08	70,77	59,21	80,94	70,31
ABR - MAIO 08	62,94	73,24	78,72	71,63
JUN - JUL 08	61,66	67,93	69,67	66,42
AGO - SET 08	71,97	65,99	71,80	69,92
OUT - NOV 08	62,94	78,06	93,22	78,07
DEZ 08 - JAN 09	60,77	75,35	106,72	80,95
FEV - MAR 09	63,99	73,17	91,52	76,22

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados, podemos concluir que ambas as lagoas monitoradas estão eutrofizadas. Este fato mostra que se faz necessário um maior investimento das prefeituras em atividades relacionadas com a preservação, fiscalização e recuperação ambiental destes ecossistemas.

5. AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos a todos os bolsistas e demais integrante do LIAMAR e do LQA/IFCE que realizaram as coletas e análises que deram suporte a realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

PETERS, N.E; MEYBECK, M. **Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities**. Water International, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP), Jaboticabal**, v, 75 f. ; Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

SILVA, S. C.; NISHIMURA, P. Y.; POMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Caracterização Limnológica das Águas Superficiais do Reservatório Billings (São Paulo – SP)**, Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, 2007.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. 68p., EMBRAPA, Jaguariúna, 2004.

FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. B.; MOTA, F. S. B. **Avaliação do risco de eutrofização em reservatórios da bacia do Acaraú, Ceará, Brasil**, Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 179-189, dez. 2006.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 4, n.1 p. 132 – 141, 2009.

CORDEIRO, E. M. S.; ROCHA, F. N. S.; PEQUENO, M. N. C.; BUARQUE, H. L. B.; GOMES, R. B. **Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do opaia e da sapiranga, Fortaleza-Ce**, IX ENPPG, IX ENICIT, III SIMPIT, Fortaleza, 2009.