



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IV- 010 – INFLUÊNCIAS NATURAIS E ANTRÓPICAS SOBRE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA LAGOA COSTEIRA MÃE-BÁ – ES, BRASIL

Adriana Alves Pereira(1)

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (1997). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2003). Analista de Meio Ambiente da Samarco Mineração S/A.

Antônio Sérgio Ferreira Mendonça

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (1975). Mestre em Engenharia Civil (Hidrologia e Recursos Hídricos) pela COPPE/UFRJ. Ph.D. em Engenharia de Recursos Hídricos pela Colorado State University, EUA (1987). Pós-doutor pela Cornell University, Nova Iorque, EUA (1998).

Endereço⁽¹⁾: Rodovia do Sol, s/nº. Caixa Postal 720004. Ponta Ubu – Anchieta – ES - Brasil – CEP: 29230-000 - Tel: (27) 3361-9296

 adri.a.p@terra.com.br

RESUMO

Lagoas costeiras ocupam cerca de 13% da costa mundial, são ambientes rasos e submetidos a influências continentais e marinhas. Os usos múltiplos de suas águas e atividades antrópicas realizadas em suas bacias hidrográficas têm causado significativas alterações na qualidade de seus recursos hídricos. Objetiva-se, através de dados da lagoa Mãe-Bá, situada no litoral sul do Estado do Espírito Santo, contribuir para um maior conhecimento a respeito das influências de aspectos naturais e antrópicos sobre parâmetros de qualidade de águas de lagoas costeiras e das interações entre as diversas variáveis ambientais. Para isto, foram utilizados dados de monitoramento da qualidade da água da lagoa, do período de setembro de 1993 a dezembro de 2002, para os seguintes parâmetros: temperatura da água, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, ferro solúvel, ferro total, coliformes fecais e coliformes totais. Foram também levantados dados de monitoramento do potencial efluente industrial proveniente de uma usina de pelotização e de variáveis meteorológicas. Realizaram-se testes estatísticos com os dados, com um nível de significância de 5%. Resultados foram comparados com limites estabelecidos pela legislação vigente. A lagoa Mãe-Bá apresentou características comuns a lagoas costeiras em geral. A sazonalidade influenciou a temperatura da água da lagoa, a qual acompanhou as variações de temperatura do ar. A incidência de chuvas resultou no aumento das concentrações de cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais e coliformes totais nas águas da lagoa Mãe-Bá. No entanto, as chuvas atuaram no sentido de diminuir as concentrações de sólidos dissolvidos, de fósforo total, de ferro solúvel e de ferro total. A influência marinha foi observada através das concentrações de sólidos dissolvidos. A influência do processo de pelotização foi indicada pelas concentrações de cor aparente, sólidos suspensos e turbidez na barragem industrial, que mostrou-se um ambiente propício à degradação de matéria orgânica. O incremento nos sistemas de controle de efluentes industriais, com a implantação da terceira etapa de tratamento e a disposição final dos esgotos domésticos da usina de pelotização através de valas de infiltração, refletiram na diminuição das concentrações de ferro solúvel, ferro total e coliformes fecais nas águas da lagoa Mãe-Bá.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa Costeira; Influências Naturais e Antrópicas; Qualidade de Águas.

INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras são ecossistemas ecologicamente e economicamente importantes que apresentam características e processos comuns a sistemas marinhos em geral, mas mostram também aspectos particulares, dependentes de influências naturais e antrópicas em suas bacias hidrográficas (LASSERRE, 1979). A grande diversidade das características naturais de lagoas costeiras, bem como das diferentes influências antrópicas a que estão submetidas

mostram que características ecológicas comuns a esses ecossistemas são raras (NIXON, 1982). É somente gerando informações em lagoas individuais e difundindo-as largamente na comunidade científica que uma descrição da biologia de lagoas em geral pode ser montada (BARNES, 1980). O conhecimento do ecossistema baseado em investigações sistemáticas de variáveis ambientais permite descrevê-lo, no que diz respeito à sua estrutura e funcionamento, podendo evidenciar as complexas interações entre os vários componentes do ecossistema (Esteves, 1988).

Objetiva-se reunir e sistematizar informações a respeito das condições qualitativas históricas da água da lagoa Mãe-Bá e analisar as influências de aspectos naturais e atividades antrópicas sobre parâmetros de qualidade de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A lagoa Mãe-Bá localiza-se na divisa dos municípios de Guarapari e Anchieta, no litoral sul do estado do Espírito Santo, entre o balneário de Meaípe e o Porto Marítimo de Ubu. Em época anterior a 1970, ocorreu o fechamento do canal de ligação entre a lagoa Mãe-Bá e o mar, por meio de aterro, para a construção da pista da Rodovia do Sol, impedindo assim o fluxo de entrada e saída das águas do mar e da lagoa. Esse fato induziu alterações ao longo dos anos, na região sob influência da lagoa, resultando no aparecimento das condições atuais (Aquaconsult, 1984). É a segunda maior lagoa do Estado, possui forma alongada, com área média de 4,9 km² e profundidade média de 1,9 m. A figura 1 apresenta mapa de localização da lagoa Mãe-Bá.



Figura 1: Localização da lagoa Mãe-Bá.

As águas da lagoa Mãe-Bá apresentam múltiplos usos. Destaca-se por ser manancial de abastecimento doméstico das populações vizinhas, após tratamento e distribuição pela companhia de abastecimento, e pela exploração de poços rasos pelas comunidades ribeirinhas. Suas águas são também utilizadas como receptoras e diluidoras dos efluentes domésticos sem tratamento, proveniente de uma população de 3.650 pessoas situadas em sua bacia hidrográfica. A

empresa de pelotização Samarco Mineração S/A utiliza os recursos hídricos da lagoa como receptora de seus efluentes industriais. A empresa possui uma barragem industrial, denominada Barragem Norte, que recebe os efluentes industriais após passar por três etapas de tratamento. A conexão da barragem com a lagoa ocorre por meio de um barramento, que é aberto, em média, quatro vezes por ano. A vazão média anual do efluente da barragem é estimada em 150 m³/h. Outros usos das águas da lagoa Mãe-Bá incluem a pesca e o lazer.

Dados de monitoramento da qualidade da água da lagoa Mãe-Bá, disponibilizados pela empresa Samarco Mineração S/A, no período de setembro de 1993 a dezembro de 2002, foram utilizados para avaliação da evolução histórica dos seguintes parâmetros: temperatura da água (T-Água), cor aparente (Cor A.), pH, oxigênio dissolvido (O.D.), sólidos suspensos (S-Susp.), sólidos dissolvidos (S-Diss.), turbidez (Turb.), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio não filtrada (DQO b.), nitrogênio total (N-Total), fósforo total (P-Total), ferro solúvel (Fe-Sol), ferro total (Fe-Total), coliformes fecais (Col. F.) e coliformes totais (Col. T.). As amostras foram coletadas na superfície da coluna d'água (20 cm de profundidade) e analisadas segundo as revisões vigentes do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". Os pontos monitorados foram denominados LM-B (localizado próximo do vertedouro dos efluentes industriais) e LM-E (ponto mais profundo, próximo ao lançamento de esgotos domésticos). Foram também utilizados dados históricos de monitoramento do potencial efluente industrial proveniente da usina de pelotização, em local situado próximo à comporta da Barragem Norte, denominado ponto BN. Os resultados da lagoa foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA N.º 20, de 18 de junho de 1986, para águas enquadradas como classes 2 e 7. Dados da Barragem Norte foram comparados com os limites definidos para efluentes na referida Resolução. Mapa de localização dos pontos de monitoramento é apresentado na figura 2.

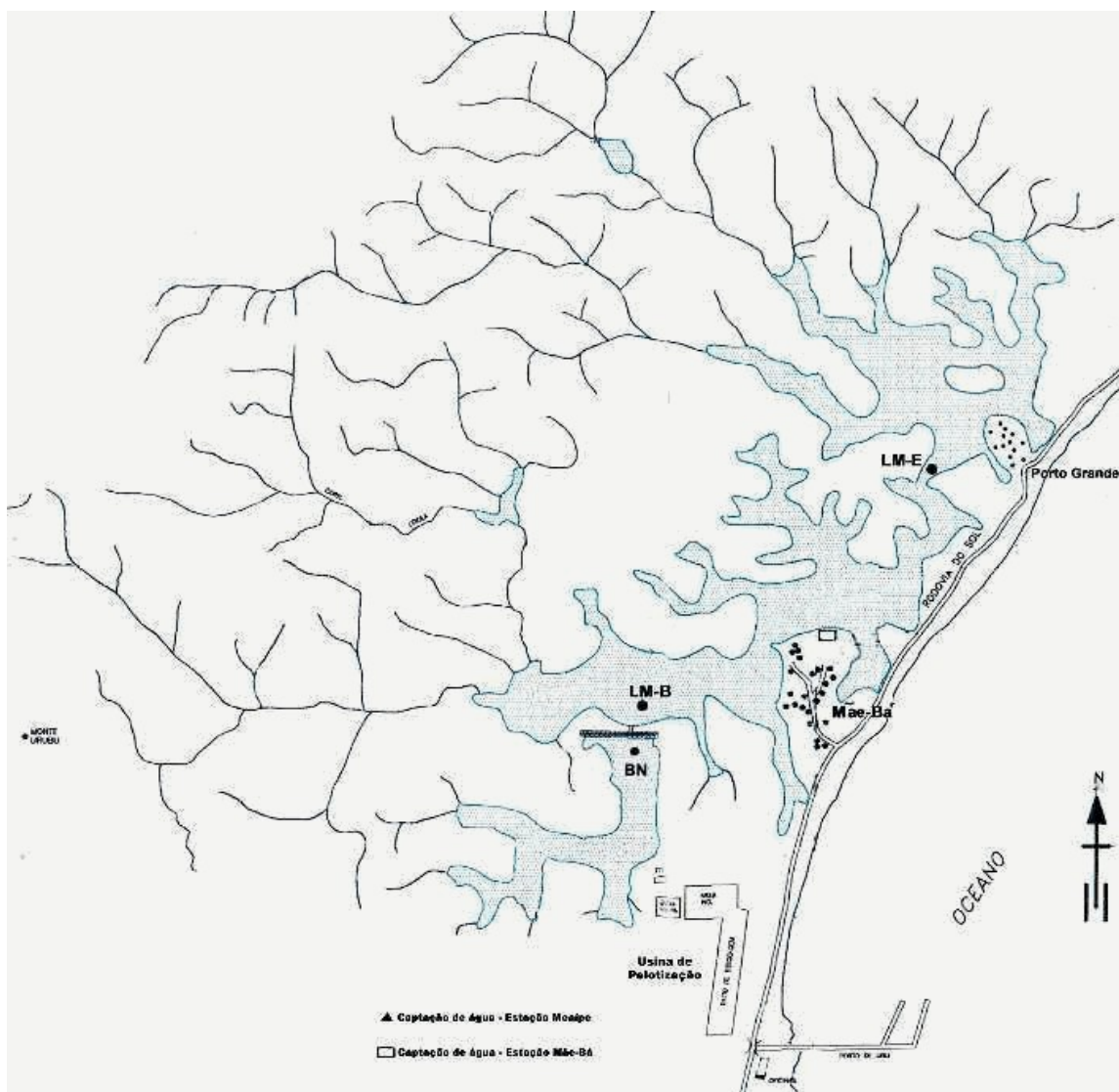


Figura 2: Localização dos pontos de monitoramento.

Dados meteorológicos referentes a precipitação pluviométrica (PrecPluv), temperatura do ar (T-Ar), radiação solar

(Rad-Solar) e velocidade dos ventos (Vel-Ventos N-S; Vel-Ventos E-W) foram obtidos a partir da estação meteorológica integrada localizada na área interna da Samarco, situada a 2,0 Km ao sul da lagoa.

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, com as estatísticas média, mediana, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação para cada variável. A evolução dos dados foi visualizada através de gráficos de séries temporais, estabelecidas através das médias dos valores diários em cada trimestre. Foram também construídos gráficos das médias trimestrais de acordo com o local de coleta.

A ocorrência de diferenças nas concentrações das variáveis entre os fatores local de coleta e trimestre foi testada através da técnica de análise de variância (ANOVA) e do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Aplicou-se também a técnica de análise discriminante (com função discriminante linear) aos locais de coleta na lagoa considerando as médias trimestrais das variáveis.

Resultados de monitoramento que se mostraram abaixo do limite de detecção da metodologia de análise foram considerados, para fins de análise estatística, com os valores iguais aos limites de detecção. As variáveis que apresentaram essa característica foram Fe-Sol, Fe-Total, P-Total, Col. F. e Col. T.

RESULTADOS

A tabela apresentada a seguir mostra as estatísticas descritivas das variáveis meteorológicas no período compreendido entre o terceiro trimestre de 1993 e o quarto trimestre de 2002.

Tabela 1: Estatísticas descritivas das médias diárias das variáveis meteorológicas.

	Número de trimestres	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)
PrecPluv [mm]	38	0,5	2,7	2,1	8,7	1,8	67,32
T-Ar [°C]	29	20,80	25,27	24,90	35,43	3,50	13,86
Rad-Solar [W/m ²]	23	160,97	204,62	200,78	262,09	34,97	17,09
Vel-Ventos N-S [m/s]	29	-0,56	0,82	0,75	1,95	0,66	80,28
Vel-Ventos E-W [m/s]	29	-0,41	1,31	1,23	3,61	1,03	78,30

A seguir são apresentados gráficos de séries temporais e gráficos das médias trimestrais das variáveis de qualidade de água, de acordo com o local de coleta.

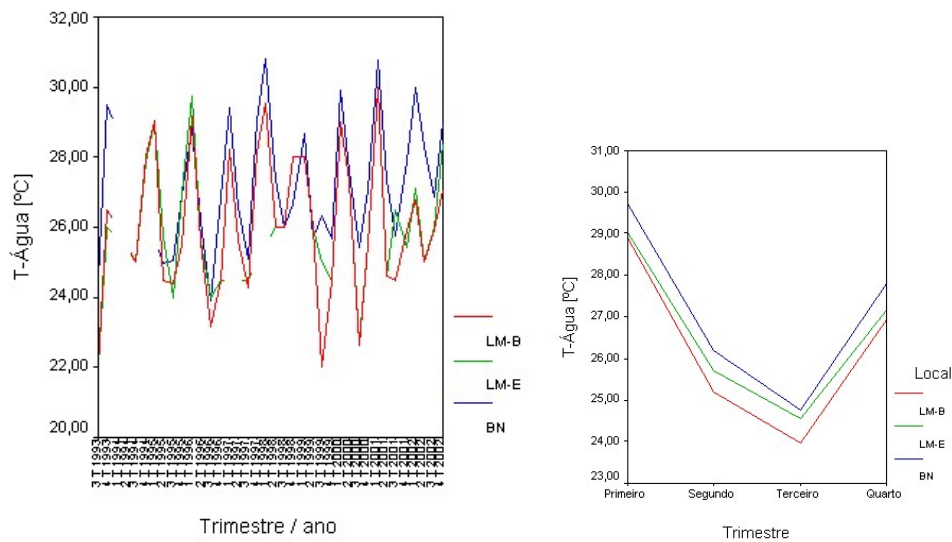


Figura 3: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de T-Água - pontos LM-B, LM-E e BN.

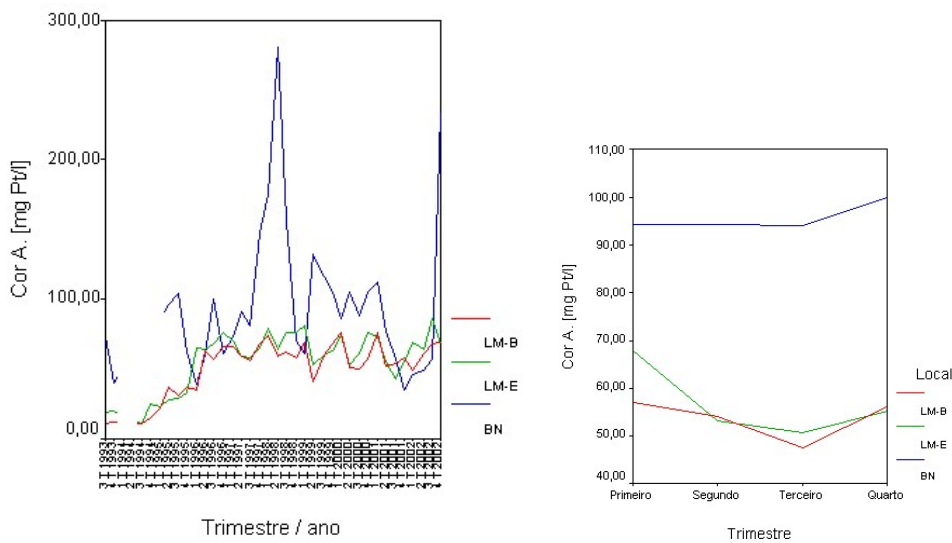


Figura 4: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Cor A. - pontos LM-B, LM-E e BN.

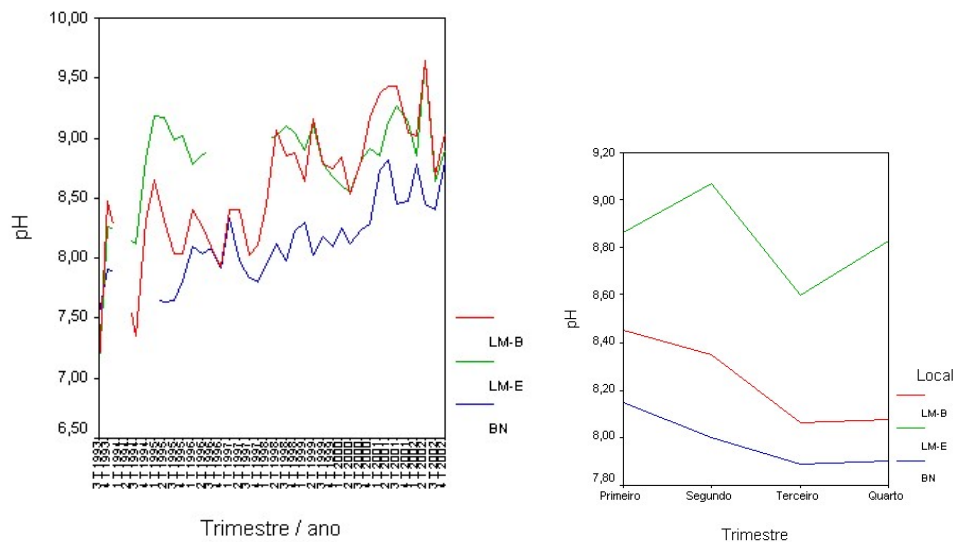


Figura 5: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de pH - pontos LM-B, LM-E e BN.

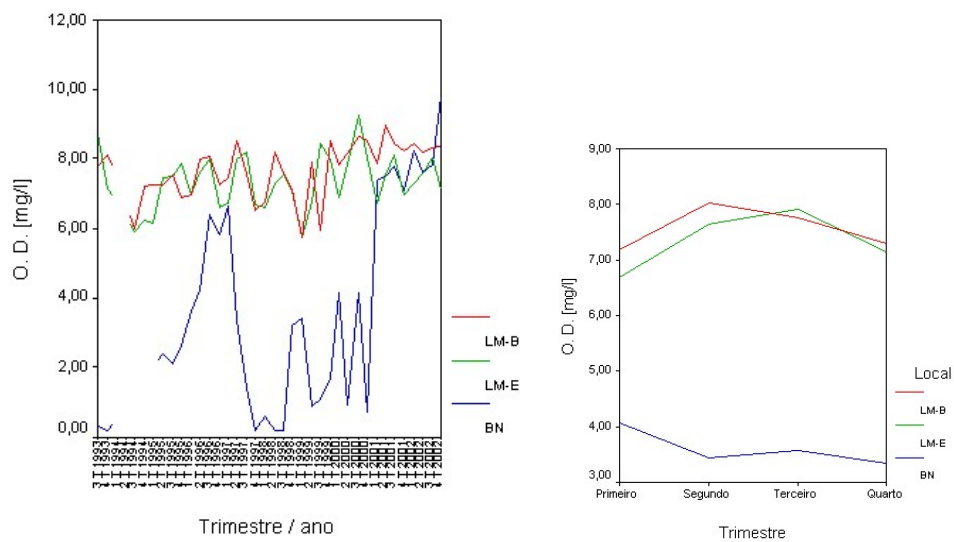


Figura 6: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de O.D. - pontos LM-B, LM-E e BN.

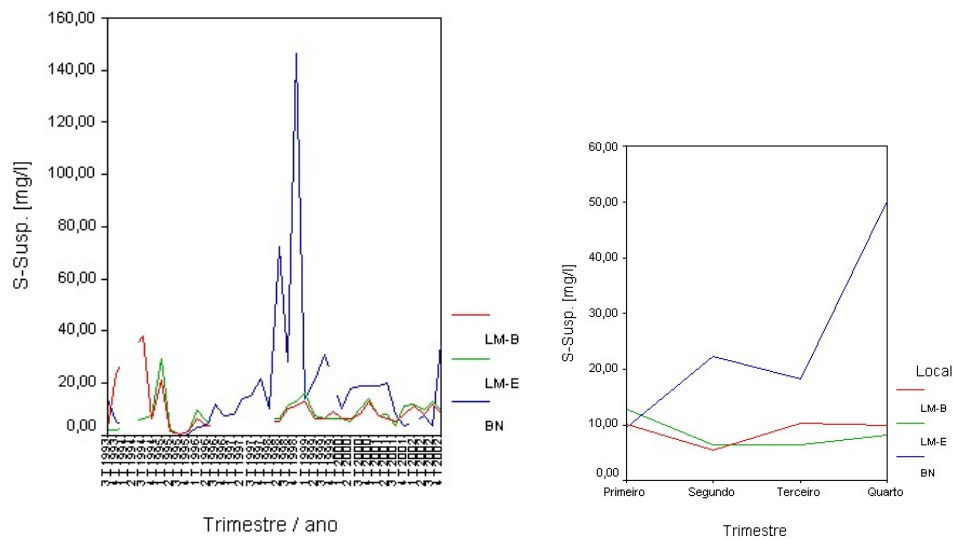


Figura 7: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de S-Susp. - pontos LM-B, LM-E e BN.

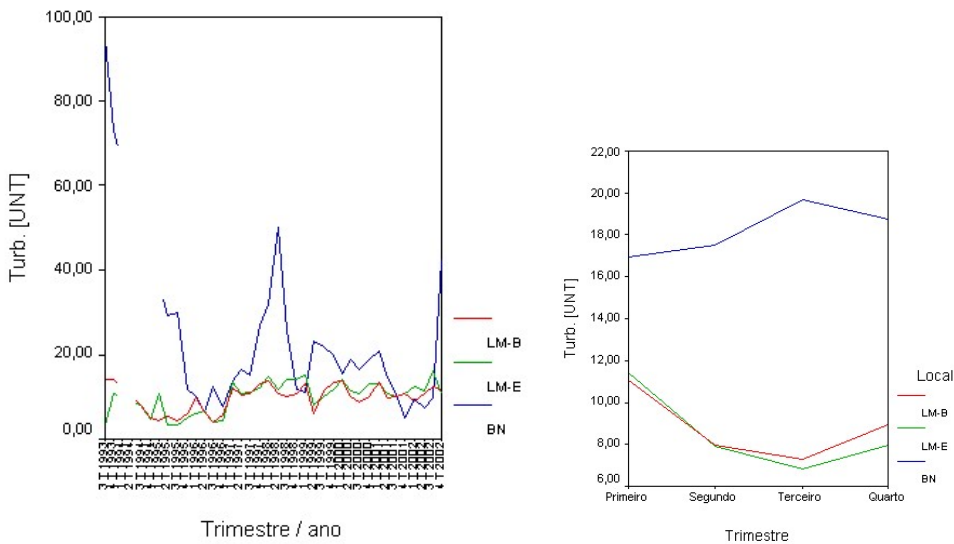


Figura 8: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Turb. - pontos LM-B, LM-E e BN.

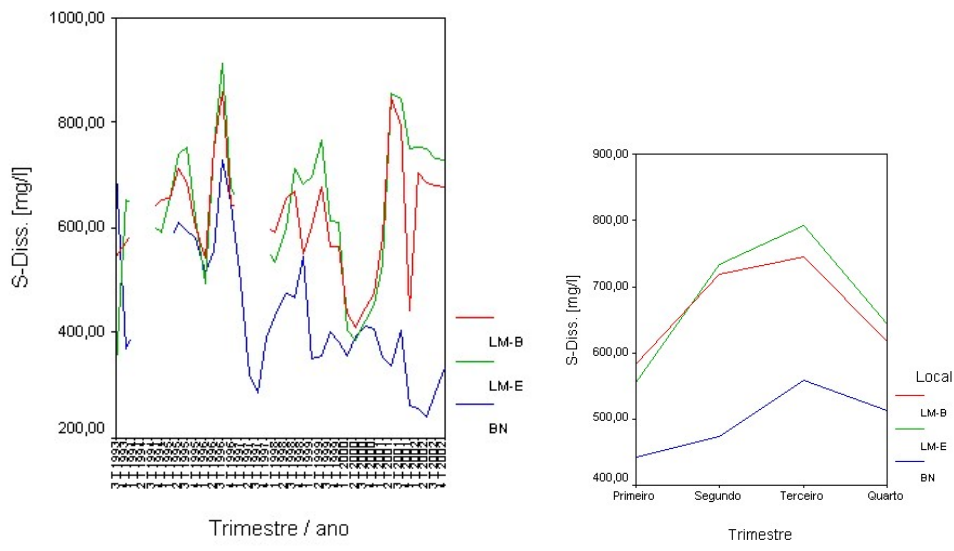


Figura 9: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de S-Diss. - pontos LM-B, LM-E e BN.

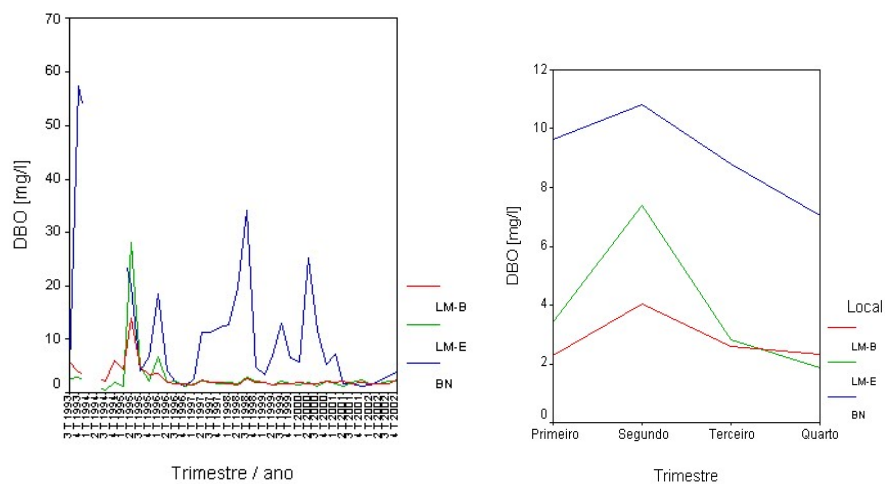


Figura 10: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de DBO - pontos LM-B, LM-E e BN.

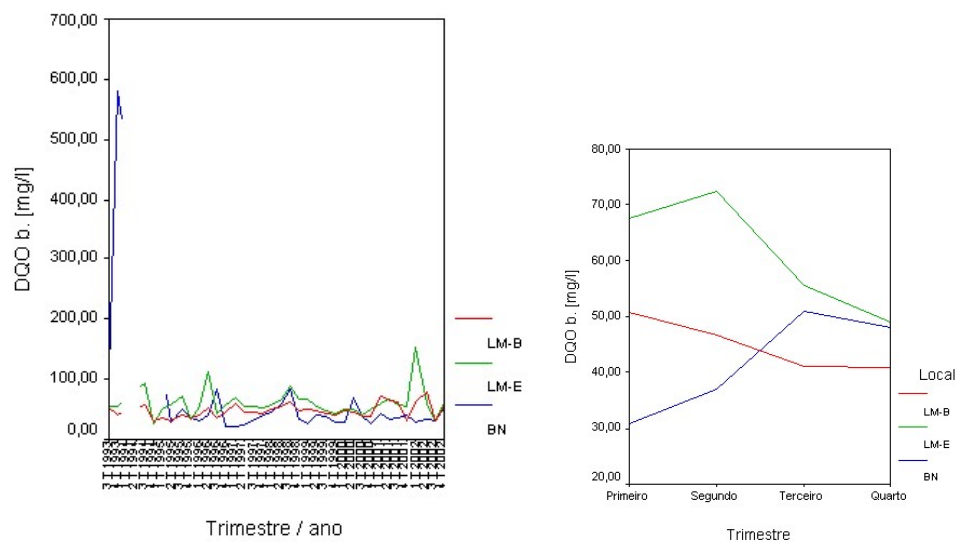


Figura 11: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de DQO b. - pontos LM-B, LM-E e BN.

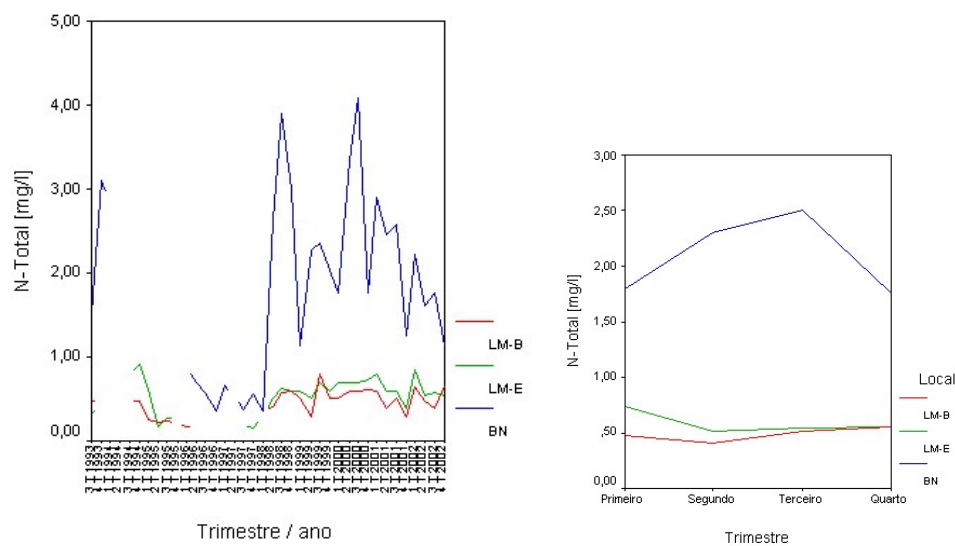


Figura 12: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de N-Total - pontos LM-B, LM-E e BN.

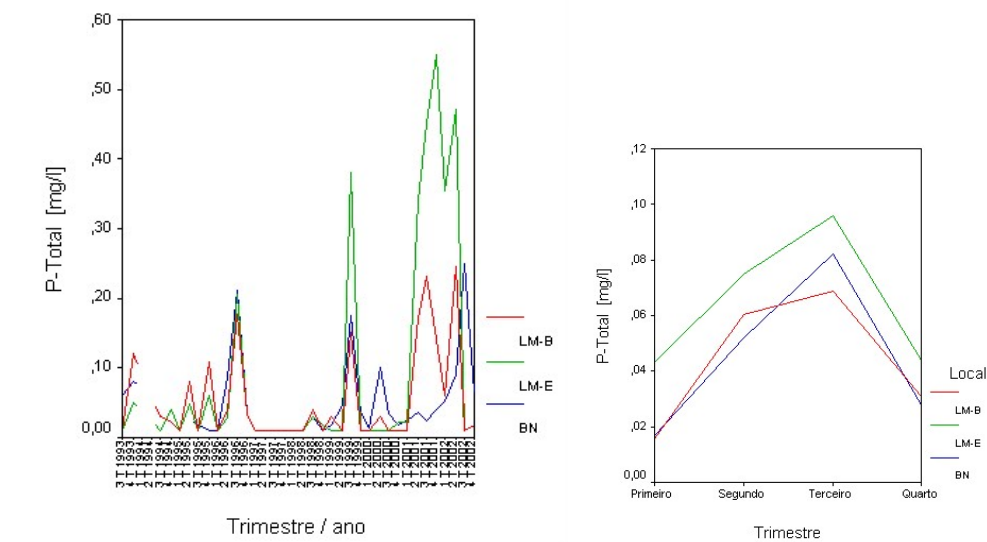


Figura 13: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de P-Total - pontos LM-B, LM-E e BN.

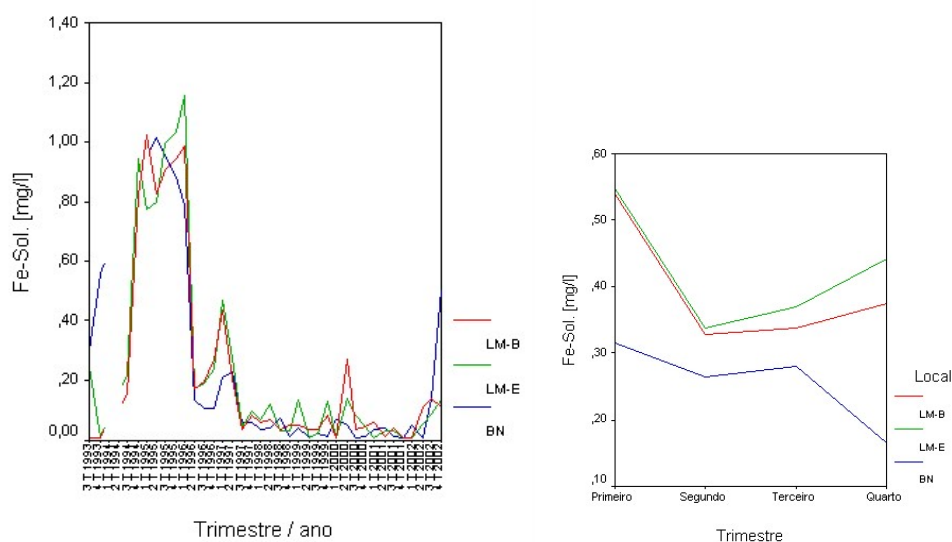


Figura 14: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Fe-Sol. - pontos LM-B, LM-E e BN.

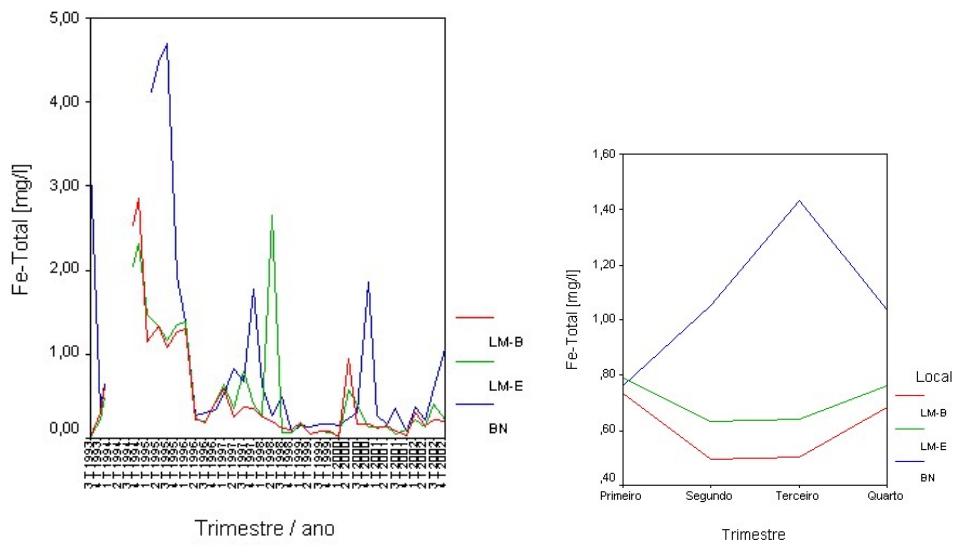


Figura 15: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Fe-Total - pontos LM-B, LM-E e BN.

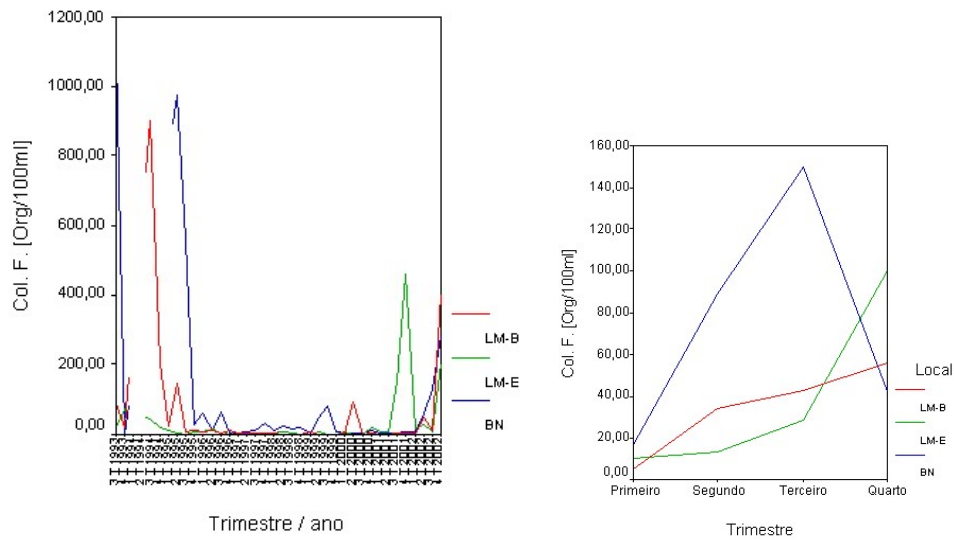


Figura 16: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Col. F. - pontos LM-B, LM-E e BN.

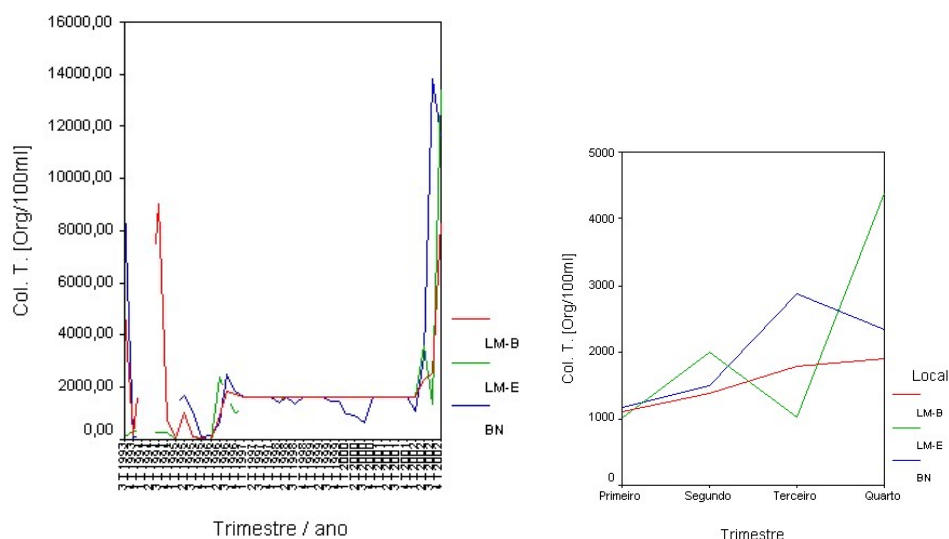


Figura 17: Gráfico das séries históricas das médias trimestrais e gráfico das médias dos trimestres das medições de Col. T. - pontos LM-B, LM-E e BN.

A tabela 2 apresenta os níveis descritivos (p) do teste F e do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis aplicados na avaliação do efeito do local e do trimestre de coleta sobre as variáveis, nos pontos de coleta na lagoa Mãe-Bá (LM-B e LM-E).

Tabela 2: Níveis descritivos (p) dos testes dos efeitos do local de coleta e do trimestre sobre as variáveis - pontos LM-B e LM-E.

Variáveis	Transformação	Teste	p			Trim. homogêneos (Duncan, sig. = 5%)
			Local	Trimestre	Local x trim.	
T-Água [°C]	-	Kruskal-Wallis	< 0,0005	< 0,0005	-	-
Cor A. [mg Pt/L]	-	F	0,294	0,015	0,418	{2,3,4} e {1,2,4}
pH	-	Kruskal-Wallis	< 0,0005	< 0,0005	-	-
O. D. [mg/L]	-	Kruskal-Wallis	0,054	< 0,0005	-	-
S-Susp. [mg/L]	-	F	0,982	0,109	0,772	-
Turb. [UNT]	Logarítmica	F	0,342	< 0,0005	0,868	{2,3}, {2,4} e {1}
S-Diss. [mg/L]	-	F	0,399	< 0,0005	0,532	{1}, {4} e {2,3}
DBO [mg/L]	Logarítmica	F	0,588	0,089	0,453	-
DQO b. [mg/L]	Logarítmica	F	< 0,0005	0,022	0,495	{3,4} e {1,2,3}
N-Total [mg/L]	-	F	0,034	0,176	0,204	-
P-Total [mg/L]	-	Kruskal-Wallis	0,932	0,066	-	-
Fe-Sol. [mg/L]	-	Kruskal-Wallis	0,456	0,036	-	-
Fe-Total [mg/L]	Logarítmica	F	0,303	0,016	0,990	{2,3}, {2,4} e {1,4}
Col. F. [Org/100mL]	-	Kruskal-Wallis	0,024	0,104	-	-
Col. T. [Org/100mL]	-	Kruskal-Wallis	0,946	0,185	-	-

Conclusões

A análise qualitativa das médias históricas trimestrais da lagoa Mãe-Bá indicou alguns parâmetros em desacordo com

os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N.º 20 de 18 de junho de 1986, para águas classe 2 (cor aparente, pH, sólidos dissolvidos, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e ferro solúvel) e classe 7 (pH e demanda bioquímica de oxigênio). Os parâmetros que apresentam limites para efluentes na referida Resolução (T-Água, pH e Fe-Sol.) mostraram valores conformes na Barragem Norte.

Os resultados das médias históricas trimestrais das variáveis temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, nitrogênio total e coliformes fecais mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao local de coleta na lagoa Mãe-Bá, indicando que as influências antrópicas e naturais atuam de modo diferenciado em relação aos pontos de coleta na lagoa.

Os resultados das médias históricas trimestrais das variáveis temperatura da água, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos, demanda química de oxigênio, ferro solúvel e ferro total mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao trimestre de coleta na lagoa Mãe-Bá, indicando influências de fatores naturais nas variáveis de qualidade de água.

A sazonalidade influenciou a temperatura da água da lagoa Mãe-Bá, a qual acompanhou as variações de temperatura do ar. A incidência de chuvas resultou no aumento das concentrações de cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais e coliformes totais nas águas da lagoa Mãe-Bá. No entanto, as chuvas atuaram no sentido de diminuir as concentrações de sólidos dissolvidos, de fósforo total, de ferro solúvel e de ferro total.

A influência marinha foi observada através das concentrações de sólidos dissolvidos, mais elevadas na lagoa Mãe-Bá. As alternâncias entre baixas e elevadas concentrações de fósforo total na lagoa sugerem a precipitação de íons fosfato pelos sedimentos, através da adsorção por óxidos e hidróxidos de ferro, e solubilização decorrente das baixas profundidades e ação dos ventos.

A influência do processo de pelotização foi indicada pelas concentrações de cor aparente, sólidos suspensos e turbidez na Barragem Norte, que constitui-se em um ambiente propício à degradação da matéria orgânica. O aumento sistemático do pH, associado à disponibilidade de nitrogênio, indica elevada produtividade primária nesse ambiente em condições favoráveis de luz e fósforo. O incremento nos sistemas de controle de efluentes industriais, com a implantação da terceira etapa de tratamento (em novembro de 1995) e a disposição final dos esgotos domésticos da usina de pelotização através de valas de infiltração (a partir de 1996), refletiram na diminuição das concentrações de ferro solúvel, ferro total e coliformes fecais nas águas da lagoa Mãe-Bá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aquaconsult. **Estudo de caracterização do potencial hídrico e da qualidade da água da lagoa Maimbá**, 1984.
2. BARNES, R. S. **Coastal lagoons**. Cambridge, England: Cambridge V. Press, 1980.
3. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência. Disponível em: <<http://www.normaambiental.com.br>>.
4. ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988.
5. LASSERRE, P. Coastal lagoons: sanctuary ecosystems, cradles for culture, targets for economic growth. **Nature and Resources (UNESCO)**, v. 15, n. 4, p. 2-21, 1979.
6. NIXON, S. W. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. **Oceanologica Acta**. v. sp., n. 3, p. 357-371, 1982.