

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS DESCARGAS DE ESGOTOS ORGÂNICOS EM ALGUNS CORPOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO

CAMARGO, A.F.M., BINI, L.M. & SCHIAVETTI, A.

Resumo:

Neste trabalho realizou-se uma caracterização de alguns corpos d'água do município de Rio Claro (SP) com o objetivo de avaliar os impactos provocados pelas descargas de esgotos orgânicos e de verificar quais variáveis são mais eficientes na identificação destes impactos. Foram efetuadas coleta de amostras nos anos de 1988 a 1991 em sete estações de coleta localizadas na zona urbana do município. Os resultados obtidos evidenciaram as profundas alterações nas características físico-químicas das águas dos dois rios estudados. A aplicação da análise de componentes principais permitiu identificar a variável alcalinidade como a mais eficaz na distinção das estações de coleta, pois esta apresentou a maior correlação com o primeiro componente principal, interpretado como um gradiente de poluição orgânica.

Abstract:

"Evaluation of the impacts caused by organic sewer discharges in some water bodies of Rio Claro (São Paulo)"

This paper details a characterization of some water bodies of Rio Claro (S.P.) with the goal of evaluating the impacts caused by organic sewer discharges, and to verify those variables which are more efficient in impact identification. Water samples were taken at seven stations located in urban zone of Rio Claro from 1988 through 1991. Strong alterations in the physical and chemical parameters of the river were found. Alkalinity had the strongest loading in principal component ordination of sampling stations.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos continentais são extremamente vulneráveis aos impactos provocados pelas atividades humanas (SIOLI, 1986). Esta vulnerabilidade pode ser verificada através das análises das características das águas continentais localizadas em áreas com diferentes graus de concentração humana.

Um dos principais fatores responsáveis pelas alterações dos ecossistemas aquáticos em áreas urbanizadas é o lançamento de efluentes orgânicos. De fato, em várias cidades têm-se verificado os profundos impactos antrópicos em função do lançamento de esgotos "in natura" (ALVES *et al.*, 1988; TOLEDO *et al.* 1988; CETESB, 1989). Embora os problemas mais graves de poluição ocorram nas grandes metrópoles, não se pode desprezar os impactos causados em centros urbanos de pequeno e médio porte. O interior do Estado de São Paulo se caracteriza pela grande ocorrência de municípios com população entre 100.000 e 400.000 habitantes concentrada principalmente na zona urbana, localizadas em diferentes áreas de uma mesma bacia hidrográfica. A maioria dos municípios capta águas superficiais (principalmente rios) para o abastecimento urbano e lançam os esgotos à jusante da captação. Deste modo, vários trechos de águas poluídas ocorrem em todas as regiões do Estado. O crescimento das cidades tem provocado o aumento da extensão dos trechos poluídos, comprometendo a qualidade das águas captadas em municípios à jusante dos focos de poluição. Assim, o problema da poluição orgânica em ambientes lóticos do Estado de São Paulo é bastante grave e requer avaliações detalhadas e rápidas de forma a estabelecer programas de recuperação e posterior monitoramento destes ambientes. A escolha de variáveis é, também, um passo fundamental para se avaliar a magnitude dos impactos provocados pelos diferentes tipos de atividade humana.

O objetivo do presente trabalho é avaliar a intensidade das alterações provocadas pelas descargas de esgotos orgânicos nas características físicas e químicas de alguns corpos d'água do Município de Rio Claro (SP), bem como verificar, dentre as variáveis utilizadas, quais foram as mais importantes na identificação dos corpos d'água alterados pela descarga de esgotos orgânicos

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão Claro ocupa uma área de 270 Km², no interior da Média Depressão Periférica Paulista, abrangendo partes dos municípios de Rio Claro, Araras, Corumbataí e Leme, localizando-se entre as latitudes 22°36'S e 20°16'S e entre as longitudes 47°36'N e 47°26'N, na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo (PINTO & MAURO, 1985). O Município de Rio Claro (SP), com uma população de aproximadamente 145.500 habitantes é cortado pelos rios Corumbataí e Ribeirão Claro. O Ribeirão Claro é afluente do Corumbataí que por sua vez deságua no Rio Piracicaba. A captação de água para

abastecimento de Rio Claro é feita nestes dois rios. Os esgotos são lançados diretamente no Ribeirão Claro e Córrego da Servidão (afluente da margem esquerda do Rio Corumbataí) sem qualquer tratamento prévio à jusante das captações de água. A figura 1 apresenta o mapa da zona urbana de Rio Claro no qual estão indicados os pontos de lançamento de esgoto e as estações de coleta, para a realização desse estudo. A tabela 1 apresenta a vazão dos emissários de esgotos lançados no Ribeirão Claro e Córrego da Servidão. Tanto o Ribeirão Claro como o Rio Corumbataí não recebem qualquer esgoto doméstico ou industrial à montante da zona urbana de Rio Claro.

Metodologia

Sete estações de coleta foram estabelecidas no município, sendo cinco no Ribeirão Claro e duas no Córrego da Servidão. Os lançamentos de esgotos ocorrem à jusante das estações Araras e Captação (Ribeirão Claro) e Lago Azul (Córrego da Servidão), este último, no entanto, recebe águas pluviais da zona urbana (Fig. 1). As coletas no Ribeirão Claro foram efetuadas nos anos 1988, 1989, 1990 e 1991 enquanto que o Córrego da Servidão e o Lago Azul foram amostrados somente em 1991. As amostragens ocorreram sempre no verão (uma coleta por ano) e em sub-superfície para todas as estações. As variáveis obtidas foram: temperatura da água (termistor marca Fac), pH (pHmetro marca Digimed), condutividade elétrica (condutivímetro marca Digimed), oxigênio dissolvido (método de Winkler, segundo GOLTERMAN *et al.*, 1978), alcalinidade, CO₂, ortofosfatos, fosfatos dissolvidos, fosfatos totais, nitrogênio amoniacal, material em suspensão e sólidos sedimentáveis, através das metodologias descritas em A.P.H.A. (1989).

Tabela 1 - Quantidade e vazão dos emissários de esgotos orgânicos a montante de cada estação de coleta.

Estação	Nº de emissários	Vazão (L/s)
Araras	0	0,0
Captação	0	0,0
Horto	1	58,3
Santa Gertrudes	5	101,3
W. Luiz	1	31,9
Total para o Ribeirão Claro	7	191,5
C. da Servidão	3	169,6
Lago Azul	0	0,0

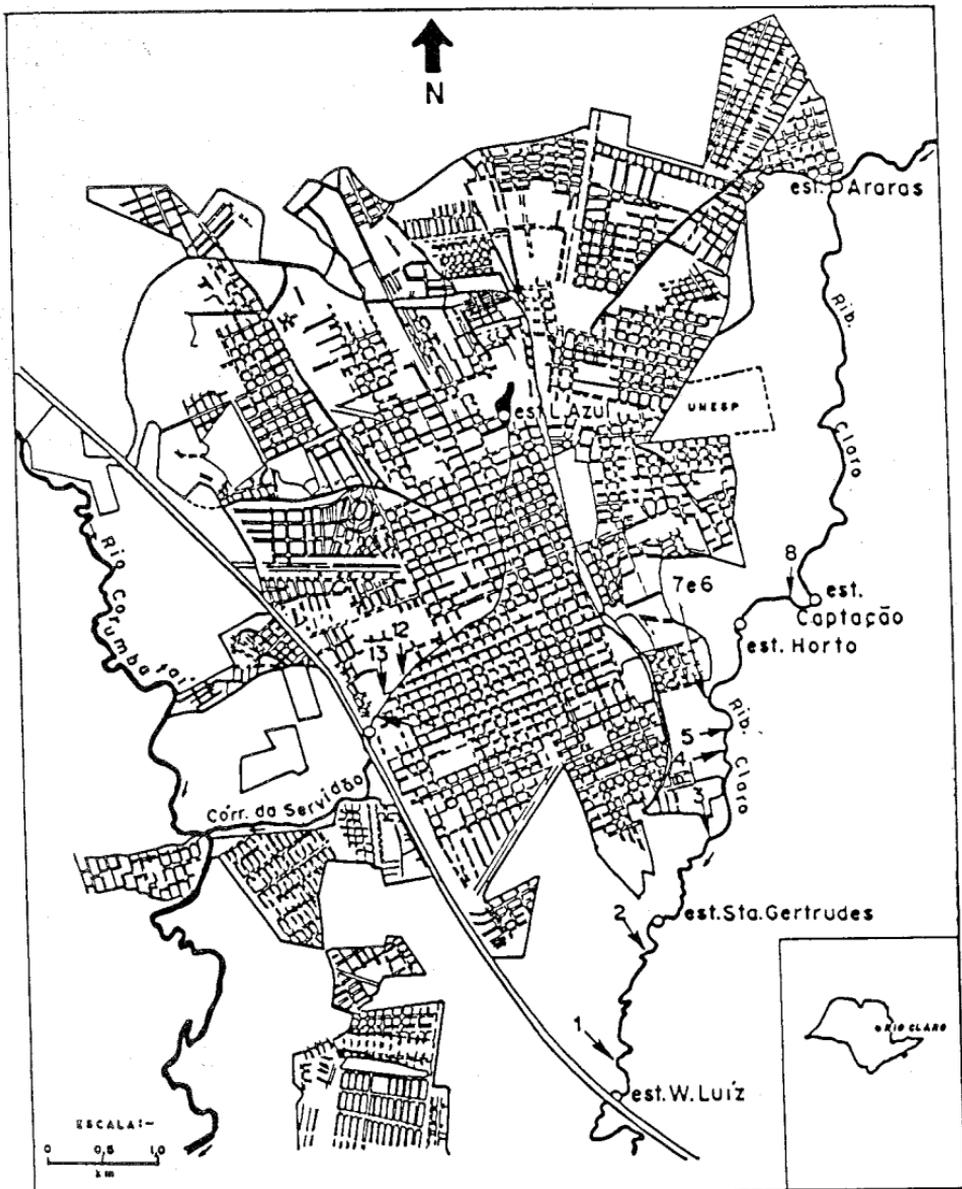


Figura 1. Mapa da zona urbana de Rio Claro mostrando as estações de coleta e os pontos de lançamento de esgotos.

Aos resultados obtidos para cada ano de amostragem, aplicou-se uma análise de componentes principais (ACP) (LUDWIG & REYNOLDS, 1988). Para os anos de 89 e 90 foi feita uma ACP conjunta, pois as variáveis e as estações de coleta foram as mesmas. As formas de P não foram utilizadas na ACP em 1991, porque neste ano não se obteve essas variáveis em todas as estações de coleta.

Resultados e Discussão

A tabela 2 e figura 2 apresentam os resultados obtidos para todas as estações de coleta nos anos de 1988 a 1991. De maneira geral, observa-se que o valor de todas as variáveis aumentaram com grande intensidade nas estações de coleta localizadas à jusante dos emissários de esgotos, excetuando-se a variável oxigênio dissolvido, onde houve um decréscimo nos teores.

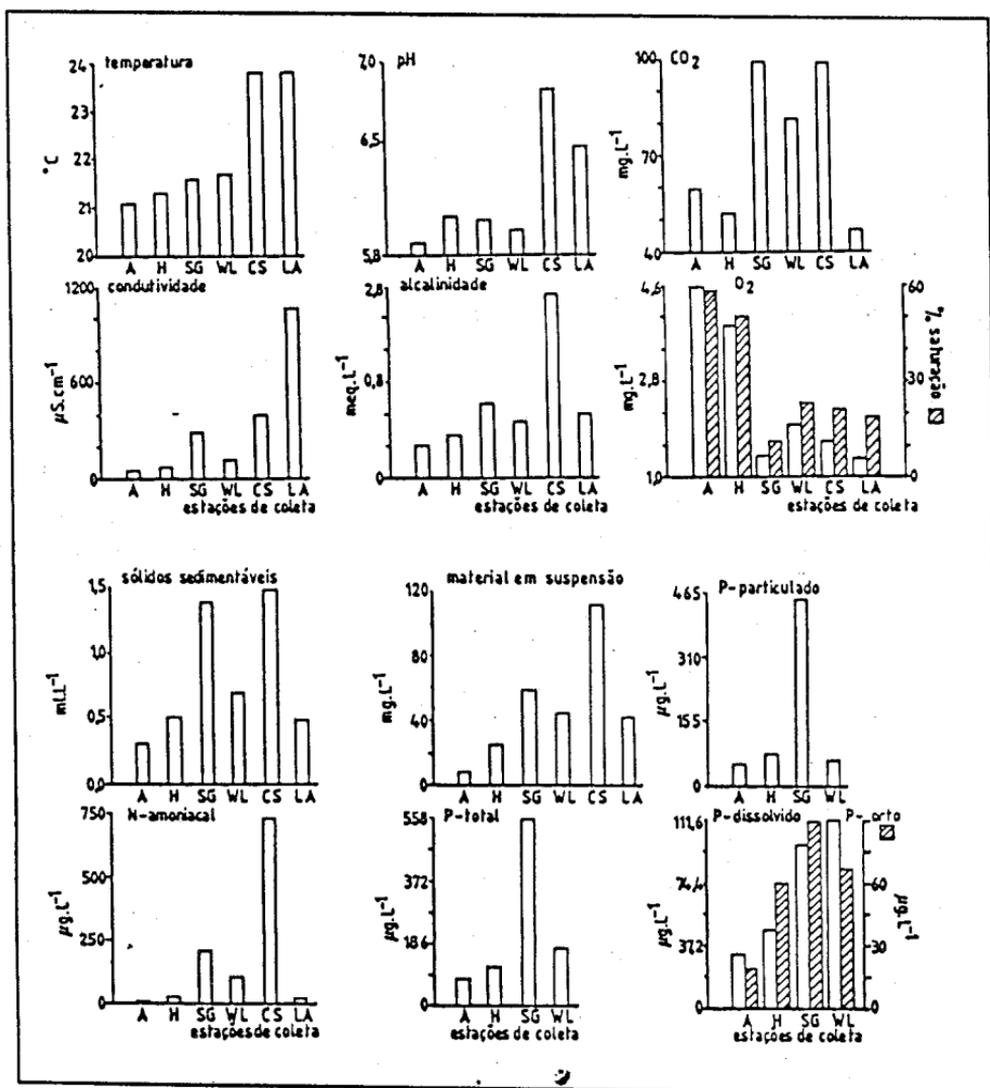


Figura 2. Valores dos parâmetros limnológicos analisados para o ano de 1991.

Tabela 2 - Valores de temperatura (°C)-Temp; condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)-Cond; alcalinidade (meq/L)-Alc; concentração de CO_2 (mg/L); concentração de O_2 (mg/L); material em suspensão (mg/L)-Mats; concentração de N-amoniacoal ($\mu\text{g}/\text{L}$)-N-a, e concentração de ortofosfatos ($\mu\text{g}/\text{L}$)-Port, em cinco estações de coleta do Ribeirão Claro.

Est	Temp	pH	Cond	Alc	CO_2	O_2	Mats	N-a	Port
1988									
1	20,6	6,9	47,0	-	-	7,31	-	11,3	23,6
2	20,6	7,5	66,0	-	-	8,33	-	112,1	24,5
3	20,5	8,2	49,0	-	-	7,31	-	528,4	34,1
4	20,8	6,9	270,0	-	-	3,96	-	573,6	48,4
5	20,9	6,6	180,0	-	-	1,68	-	593,6	67,6
1989									
1	19,0	6,1	43,0	0,26	25,6	7,73	4,4	31,8	53,9
2	21,0	6,2	57,0	0,38	32,6	4,46	63,4	18,6	48,5
3	19,0	6,1	88,0	0,58	56,1	1,04	38,6	-	510,0
4	20,0	6,1	240,0	0,66	63,8	0,89	44,8	1.553,5	459,0
5	21,0	6,1	164,0	0,80	102,0	0,00	42,6	2.045,8	539,0
1990									
1	18,9	6,1	55,0	0,24	24,8	7,10	4,2	31,6	13,6
3	20,0	6,2	87,0	0,46	50,8	3,00	6,5	167,4	87,6
4	20,0	6,3	164,0	0,52	53,7	2,00	18,0	134,7	139,0
5	20,5	6,4	220,0	0,71	68,7	1,50	29,7	219,5	148,0

1, 2, 3, 4 e 5 são, respectivamente, as estações de coleta: Araras, Captação, Horto, Santa Gertrudes e W. Luiz.

- variável não obtida.

As estações de coleta Araras e Captação podem ser consideradas como "brancas" no presente estudo, pois estão isentas de descargas de esgotos orgânicos (Tab. 1). Tendo isso em vista, pode-se verificar os intensos impactos que os corpos d'água estudados sofrem, já que as estações de coleta Horto, W. Luiz, Santa Gertrudes e Córrego da Servidão apresentam, na maioria dos casos, para as variáveis indicadoras de poluição orgânica, valores muito maiores que os obtidos para as estações Araras e Horto. Os fortes impactos causados podem ser verificados, dentre outros, pelos elevados valores de N-amoniacoal, formas de P e anoxia nas estações de coleta localizadas à jusante do lançamento de esgotos (Tab. 2 e Fig. 2). Em 1989, por exemplo, a estação W.Luiz apresentou 64,3 vezes mais N-amoniacoal e 10,0 vezes mais P-orto do que a estação Araras, além de anoxia na superfície d'água.

As análises de componentes principais efetuadas para os diferentes anos resultaram em apenas dois componentes com autovalores maiores que 1. O primeiro componente principal sempre explica mais que 50% do total da variação encontrada, enquanto que o segundo componente explica em média 19,5% do total da variação encontrada (Tab. 3).

Tabela 3 - Correlações das variáveis com os dois primeiros componentes principais em cada ano de estudo.

Ano	Variáveis	Componentes	
		I	II
1988	Temperatura	0,962	-0,242
	pH	-0,694	0,714
	Condutividade	0,881	0,026
	O ₂	-0,984	-0,020
	N-amoniacal	0,718	0,693
	P-orto	0,950	0,197
	Autovalores	4,560	1,080
	% de variação explicada	76,15	18,14
1989/90	Temperatura	0,634	-0,465
	pH	0,201	-0,955
	Condutividade	0,801	-0,315
	Alcalinidade	0,976	-0,076
	CO ₂	0,942	0,035
	O ₂	-0,937	0,045
	Material em Suspensão	0,617	0,012
	N-amoniacal	0,825	0,450
	P-orto	0,807	0,551
	Autovalores	5,510	1,740
	% de variação explicada	61,31	19,36
1991	Temperatura	0,920	0,356
	pH	0,863	0,484
	Condutividade	0,225	0,781
	Alcalinidade	0,977	0,128
	CO ₂	0,759	-0,627
	O ₂	-0,631	-0,093
	Sol. sedimentáveis	0,902	-0,350
	N-amoniacal	0,921	0,321
	Autovalores	8,100	2,36
	% de variação explicada	67,50	19,72

A maioria das variáveis encontram-se positivamente correlacionadas com o primeiro componente principal (correlações $\geq 0,5$). As únicas variáveis que estão negativamente correlacionadas com o primeiro componente são oxigênio dissolvido (nas três análises realizadas) e pH (para o ano de 1988).

A Figura 3 apresenta a ordenação por componentes principais das estações de coleta do Ribeirão Claro para os anos de 1988, 1989/90 e 1991. Observa-se que as duas primeiras estações de coleta (Araras e Captação) estão sempre à esquerda dos gráficos, ou seja, apresentam os menores valores

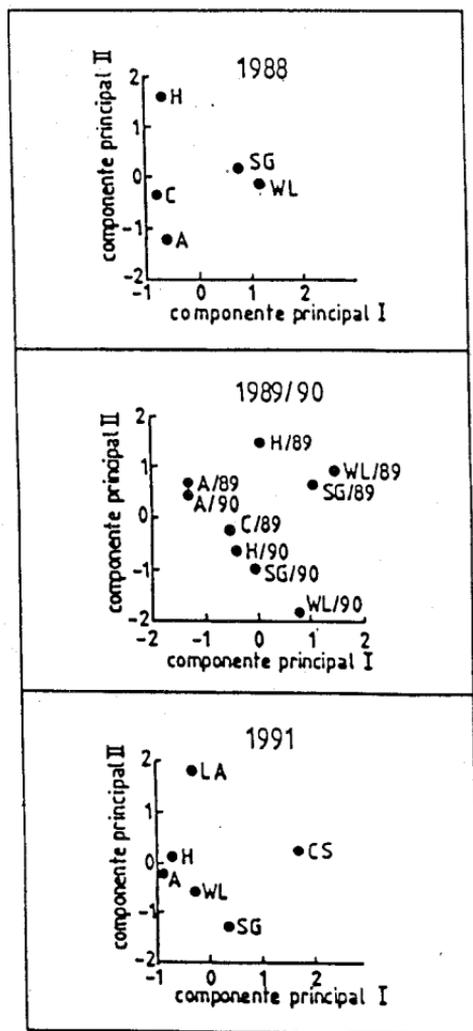


Figura 3 - Ordenação por componentes principais (CP I e CP II) das estações de coleta segundo as variáveis analisadas.

H- Horto; C- Captação; SG- Santa Gertrude;
WL- Washington Luiz; CS- Córrego da Servidão,
LA- Lago Azul.

sempre à esquerda dos gráficos, ou seja, apresentam os menores valores das variáveis que estão positivamente correlacionadas com o componente principal I (CO_2 , alcalinidade, P-orto, N-amoniaco, temperatura, sólidos sedimentáveis, condutividade elétrica e material em suspensão) e os maiores teores de oxigênio dissolvido. As estações de coleta localizadas à jusante do lançamento de esgotos (Horto, Santa Gertrudes e W. Luiz) estão à direita dos gráficos e apresentam características opostas, ou seja, menores concentrações de O_2 , maiores teores de CO_2 , P-orto, N-amoniaco, etc. (ver também Tabela 2).

Em síntese, pode-se interpretar o primeiro componente principal, em todos os anos estudados, como um gradiente de poluição.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de emissários a montante de cada estação de coleta. Verifica-se que a estação Araras, localizada próximo à ponte da estrada que une Rio Claro a Araras, está isenta de descargas de esgotos orgânicos. Isso explica sua posição na extremidade esquerda no gradiente de poluição orgânica representado pelo primeiro componente principal das análises efetuadas.

Nas análises de componentes principais (para os anos de 1988 e 1989), pode-se notar ainda que a estação de coleta Captação assemelha-se à estação Araras. Porém a diferença entre as estações Captação e Horto, apesar da pequena distância (0,93 Km) é bastante pronunciada, o que se deve basicamente à carga poluidora (1 emissário com vazão igual a 58,3 L/s) que é lançada no Ribeirão Claro entre estas duas estações de coleta. Isso evidencia a imediata alteração que as descargas de esgotos causam nos ecossistemas aquáticos, alterações essas que podem afetar a biota aquática e também disseminar doenças transmitidas por dejetos orgânicos, como por exemplo, amebíases, micoses, cólera, etc.

A diferença entre as estações Santa Gertrudes e W. Luiz ao longo do componente principal I é pouco pronunciada (anos de 1988 e 1989/90) apesar da ocorrência de um emissário (31,9 l/s) entre os mesmos, porém o efeito aditivo é verificado, ou seja, há um agravamento da poluição na estação W. Luiz.

Destaca-se que em 1991 a estação W. Luiz apresenta um padrão atípico em relação aos anos anteriores. Os valores de condutividade elétrica, alcalinidade, CO₂, material em suspensão, P-total, P-particulado, P-orto e sólidos sedimentáveis são menores e oxigênio dissolvido maior, em relação aos valores encontrados na estação Santa Gertrudes (Fig. 2). A ACP para o ano de 1991 (Fig. 3) mostra que a estação W. Luiz, ao contrário dos outros anos de coleta, apresenta-se menos impactada que a estação localizada mais a montante (Santa Gertrudes). Esse fato pode ser atribuído ao efeito da autodepuração, que provavelmente ocorreu por processos físicos (sedimentação). Este processo foi observado somente no ano de 1991, talvez devido à diminuição da carga poluidora lançada pelos emissários 1 e 2 (Fig. 1) ou mesmo devido à desativação desses. DESCY (1976), utilizando a análise de componentes principais também identificou processos de autodepuração em rios da França.

Ainda para 1991, pode-se observar que a estação Córrego da Servidão foi aquela onde se verificou o maior grau de poluição orgânica, encontrando-se na extremidade direita do componente principal I (Fig. 3), o que está diretamente relacionado com a grande carga poluidora que esse ambiente recebe (169,6 L/s de esgotos).

O Lago Azul apresenta-se diferenciado do restante das estações de coleta (em 1991) com relação ao CP II. A variável com maior correlação nesses componentes foi a condutividade elétrica. Em relação ao componente principal I, essa estação assemelha-se com a estação W. Luiz, onde já se verificou a influência das descargas de esgotos orgânicos em suas características limnológicas. Deste modo, pode-se inferir que a estação Lago Azul recebe uma carga poluidora proveniente de águas pluviais e talvez de esgotos clandestinos.

Os resultados deste estudo mostram que variáveis limnológicas básicas são bastante eficazes na identificação e no monitoramento de corpos d'água alterados pelas descargas de esgotos orgânicos. No presente estudo as variáveis alcalinidade e oxigênio dissolvido foram as mais eficazes na distinção das estações de coleta, tendo como base as análises de componentes principais realizadas para os diferentes anos. Estas variáveis apresentaram as maiores correlações com o primeiro componente principal interpretado como gradiente de poluição orgânica. BINI & CAMARGO (em prep.) usando um conjunto de variáveis similares ao do presente estudo, também verificaram essa particularidade das variáveis alcalinidade e oxigênio dissolvido na distinção de corpos d'água impactados por esgotos orgânicos em ecossistemas lóticos do litoral sul paulista. MARGALEF (1983) chama a atenção ao uso de variáveis com altos valores de correlações com o primeiro componente principal, indicando que se uma determinada variável está altamente correlacionada com outras, a mensuração desta seria suficiente para alcançar alguns objetivos (como diagnóstico de ambientes alterados).

Considerando a grande ocorrência da poluição por esgotos orgânicos em corpos d'água do território nacional, a determinação das variáveis que mostrem rapidamente os impactos sofridos pelos ecossistemas límnicos (com métodos analíticos simples) é de grande importância para se estabelecer programas de monitoramento.

No presente estudo o uso da análise de componentes principais mostrou-se bastante eficiente para distinguir os corpos d'água de Rio Claro que sofrem lançamento de poluentes. DESCY (1976), GAUCH (1986) e WATANABE (1990) também argumentam sobre a importância e eficácia de análises multidimensionais, como a ACP, nos estudos de poluição aquática, visto que muitas das variáveis limnológicas estão altamente correlacionadas e as análises da estrutura dos dados de uma só vez, através de análises multidimensionais, é bastante pertinente.

Embora as variáveis físico-químicas utilizadas neste estudo tenham evidenciado os impactos provocados nos corpos d'água da cidade de Rio Claro, a diversificação destas deve ser efetuada para que se possa identificar outras formas de alteração antrópica que os referidos ambientes possam estar sofrendo. Algumas variáveis biológicas seriam, portanto, recomendáveis, o que possibilitaria também o emprego de outras abordagens de estudos, como por exemplo a utilização do índice de integridade biótica (KARR *et al.*, 1987; KARR, 1991).

Levando-se em conta que as águas do rio Corumbataí são utilizadas para o abastecimento da cidade de Piracicaba, e que com o crescimento populacional de Rio Claro ocorrerá um agravamento da poluição das águas da bacia do rio Corumbataí, é imprescindível que medidas sejam adotadas no sentido de reduzir a poluição.

Bibliografia

- A.P.H.A. 1989. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 17 ed. American Public Health Association.
- ALVES, V.R.E., CAVALCANTI, C.G.B., MATOS, S.P. 1988. Análises comparativas de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em um período de 24 horas, o lago Paranoá. Brasília-DF, Brasil. Acta Limnol. Brasil., 2:199-218.
- BINI, L.M., CAMARGO, A.F.M. A preliminary physical and chemical characterization of some São Paulo South Coast streams (subtropical Brazil). In prep.
- CETESB. 1989. Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 163p.
- DESCY, J.P. 1976. Utilisation des algues benthiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. In: PESSON, P. (ed). La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques. Boras et Gauthier-Villars. 285p.
- GAUCH, H.G. 1986. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge University Press. 298p.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHNSTAD, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2. ed., Oxford: IBP, 213p. (Handbook 8).
- KARR, J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. Ecological applications, 1(1):66-84.
- _____. YANT, P.R., FAUCSH, K.D. 1987. Spatial and temporal variability of the index of Biotic Integrity in three Midwestern streams. Transactions of the American Fisheries Society, 116:1-11.
- LUDWIG, J.A., RENOLDS, J.F. 1988. Statistical Ecology: a primer on method and computing. Wiley. 337p.
- MARGALEF, R. 1983. Limnologia. Omega. 951p.
- PINTO, A.L., MAURO, A.C. 1985. Boletim de Geografia Teorética, 15(29-30):115-128 (Simpósio de Geografia Física Aplicada).
- SIOLI, H. 1986. Tropical continental aquatic habitats. In: SOULE, M.E. (ed). Conservation Biology, the science of scarcity and diversity. Sinauer. 584p.

TOLEDO, L.G., FREITAS, F.S., FERREIRA, C.J.A. 1988. Variações diurnas de parâmetros limnológicos no lago Paranoá. Acta Limnol. Brasil., 2:219-238.

WATANABE, T. 1990. Perifiton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. Acta Limnol. Brasil, 3(Tomo I):593-615.

Endereços:

Camargo, A.F.M.

Departamento de Ecologia. UNESP - Rio Claro

Av. 24-A, nº 1515 - Bela Vista - CEP. 13506-900 - Rio Claro (SP)

Bini, L.M. & Schiavetti, A.

Bolsista do CNPq. Departamento de Ecologia. UNESP - Rio Claro.