

Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus

Ozorio J. M. Fonseca (1)

Julia Ignez Salem (1)

Vera Lucia Guarim (2)

Resumo

São apresentados os dados coletados em um levantamento sobre a qualidade de água do rio Negro, nas proximidades da cidade de Manaus, Amazonas. Foram medidos alguns parâmetros físico-químicos, tais como temperatura, pH, condutividade elétrica, transparência de Secchi e avaliadas as condições microbiológicas da quantidade de bactérias saprobiontes totais e coliformes totais, durante o ano de 1977. O trabalho foi realizado com coletas mensais, em nove locais ao longo do rio e em dois igarapés que margeiam a cidade, com amostragens em duas profundidades. Discute-se a importância dos resultados sob o ponto de vista sanitário e ressalta-se a capacidade de autopurificação do rio.

INTRODUÇÃO

A microbiologia das águas da Amazônia tem sido pouco estudada, embora os ecossistemas aquáticos da região venham sendo investigados sistematicamente, nos últimos vinte anos por pesquisadores de várias nacionalidades. A atenção, no entanto, tem-se voltado para outros componentes da biocenose, especialmente para os parâmetros físico-químicos. Os microrganismos, apesar de sua importância, apenas obtiveram atenção de Schmidt (1969 a, b e 1970), Rai (1978 e 1979), Rai & Hill (1978 e 1980) e Guarim (1979).

Schmidt (1969 a) amostrou 12 pontos do rio Negro em frente à cidade de Manaus e estabeleceu valores de bacterioplâncton para a área. O mesmo autor (1969 b) trabalhando no lago Castanho, fez uma correlação entre o número de bactérias e algas, concluindo pela existência de "uma dinâmica muito forte de bioatividade em lagos tropicais". Em 1970, Schmidt estudou amostras de três diferentes regiões (Castanho, Solimões e Negro) e con-

cluiu que a relação entre o número de bactérias e algas era relativamente constante sem quaisquer flutuações nítidas, embora as quantidades absolutas desses organismos fossem sempre muito pequenas.

Guarim (1979) determinou a distribuição de *Chromobacterium violaceum*, nos vários tipos de água da bacia amazônica e atentou para a resistência desse microrganismo aos métodos de tratamento de água para consumo.

Rai (1978 e 1979), Rai & Hill (1978 e 1980) dirigiram seus estudos para os mecanismos de "turnover" usando técnicas de isótopos radioativos, para caracterizar os tipos de água da Amazônia, usando padrões físico-químicos e microbiológicos.

O problema da poluição dos rios da região, como consequência da atividade urbana, ainda não tinha sido estudado. A cidade de Manaus com um crescimento populacional desordenado que atingiu 103,3% entre 1970 e 1980 (Benchi-mol, 1981) e com uma infra-estrutura sanitária e urbana que não conseguiu acompanhar o mesmo índice, começa a ser atingida por problemas de poluição do rio, para onde são naturalmente canalizados os detritos urbanos.

Este trabalho apresenta os primeiros dados sistemáticos sobre o problema de poluição do rio Negro, mostrando as alterações da qualidade da água decorrentes da atividade humana na cidade de Manaus.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados 11 locais de coleta de amostras de água do rio Negro, sendo o de número 1 aproximadamente 20 km a montante de Manaus, sem influência da cidade e o último (11), na altura do encontro do Negro

(1) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

(2) — Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

com o Solimões, cerca de 13 km a jusante da cidade. (Fig. 1). Os pontos de coleta foram assim localizados :

Estação	Local
1	Pouco acima da foz do rio Tarumãzinho
2	Entre a foz do Tarumãzinho e do Tarumã
3	Praia da Ponta Negra
4	Enseada da Compensa
5	Igarapé de São Raimundo
6	Em frente ao cais do porto
7	Igarapé de Educandos
8	Em frente à Colônia Oliveira Machado
9	Em frente ao Frigomasa
10	Paraná do Marapatá
11	Próximo ao encontro das águas.

Nesses pontos, foi possível amostrar, durante 12 meses, (janeiro a dezembro de 1977) a área escolhida e acompanhar a variabilidade sazonal em cada local e a variação do número de microrganismos ao longo do trecho, desde as condições naturais (Estação 1) passando por toda a extensão da cidade, até o encontro das águas (Estação 11). Além da qualidade bacteriológica, foram registrados valores de pH, condutibilidade elétrica e temperatura a 0 e 1 metro de profundidade. Foram também realizadas medidas de transparência da água.

As amostras foram colhidas com coletor van Dorn e separadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, para microbiologia e em recipientes de polietileno, de um litro de capacidade, para as medidas de potencial hidrogeniônico e condutância elétrica. A temperatura foi medida no próprio coletor.

O método microbiológico adotado foi o de filtração em filtros de membrana. Para coliformes totais, foi usado o filtro Sartorius de nitrato de celulose, 0,45 μm de porosidade, pelos quais eram filtradas alíquotas de 0,1 e 1,0 ml de cada amostra, diluídos em 15 ml de água destilada estéril. Em seguida os filtros eram colocados sobre o meio ENDO-agar (Difco) em placas de Petri e incubados por 48 horas a 35°C. As colônias de bactérias saprobiontes totais foram contadas em filtros de membrana de nitrato de celulose, Sartorius, com 0,2 μm de porosidade, após incubação por 24 horas a 37°C a partir de alíquotas de 0,1 e 1,0 ml da

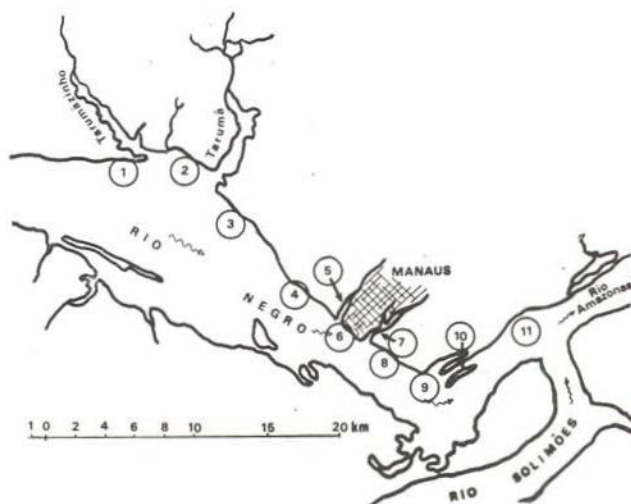


Fig. 1 — Locais de coleta.

amostra, utilizando, para cultivo, o meio Standard recomendado pela APHA (1976).

O pH foi determinado em potenciômetro Sargent Welch, modelo LS; a condutibilidade elétrica foi medida em condutímetro Wiss. Techn. Werkstattën (WTW) modelo LF 54 e as medidas convertidas para 20°C; a temperatura foi tomada com termômetro colunar de mercúrio, escala 0 a 45°C, com intervalos de 0,1°C; a transparência foi medida com disco de Secchi de 25 cm de diâmetro.

RESULTADOS

O rio Negro tem uma pequena variação anual de temperatura nas profundidades estudadas, exibindo uma amplitude térmica de 28,0 a 34,6°C, com média anual, para as duas profundidades de 30,6°C. Não há também diferenças significativas entre 0 e 1 metro, tendo sido encontrada, na água superficial, uma média de 30,7°C ($s=1,30$) e a 1 metro o valor médio alcançou 30,5°C ($s=1,34$). Dos 132 perfis, 65 (49,2%) apresentaram temperaturas iguais a 0 e 1 m, e 41 (31,1%), mostraram diferenças entre 0,1 e 0,5°C.

A transparência mostrou, no rio, variações de 0,8 a 1,7 m. Nos igarapés de São Raimundo e Educandos, esses valores vão de 0,2 m, na época de água baixa, até 1,0 m quando, pela subida do nível do rio, o Negro penetra nesses afluentes.

O pH das amostras estudadas variou de 4,8 a 7,8, distinguindo-se os valores mais baixos para o rio ($\bar{x} = 5,6$) e as mais altos para os igarapés ($\bar{x} = 6,5$) (Fig. 2). Há uma diferença, no entanto, dos valores desse parâmetro entre o período da enchente e da vazante. Na subida das águas (janeiro a junho), o pH médio de todas as amostras foi de 5,3 enquanto na descida (julho a dezembro) a média foi de 6,2. Essa característica é observada tanto no rio como nos igarapés, sendo que os três primeiros meses de vazante (julho a setembro), apresentam os valores mais altos. Assim é que, nesse período, o pH médio do rio atinge 6,5, do igarapé de São Raimundo alcança 7,2 e o de Educandos chega a 7,4.

A condutividade elétrica é normalmente baixa no rio Negro como consequência da baixa concentração de eletrólitos. Os valores encontrados, nesse trabalho, vão de 5,8 a 12,2 $\mu S_{20} \cdot cm^{-1}$, na água do rio, de 13,7 a 68,6 $\mu S_{20} \cdot cm^{-1}$, no igarapé de São Raimundo e de 8,3 a 126,1 $\mu S_{20} \cdot cm^{-1}$, no igarapé de Educandos (Gráfico 1). A média encontrada para as amostras coletadas no rio foi de 8,4 $\mu S_{20} \cdot cm^{-1}$ enquanto os igarapés mostraram o valor de 45,5 $\mu S_{20} \cdot cm^{-1}$, tendo o igarapé de Educandos um valor médio superior ao de São Raimundo.

As bactérias totais são aqui consideradas como as capazes de crescer no meio de cultura utilizado sob as condições descritas em Materiais e Métodos. Evidenciam-se, na Tabela I, alterações extremamente grandes, no número desses organismos, por unidade amostrada, variando de 1 a 37.170 colônias/ml. A menor quantidade observada foi na estação 1, a 0 m, no mês de fevereiro e a maior na estação 9, a 0 m, em novembro. As estações 5, 7 e 9 são as de maior número de bactérias totais (Tabela 1, Gráfico 2) com médias anuais de 3447, 3317 e 2916 colônias/ml, respectivamente. É importante ressaltar também que, no período da enchente, o número de bactérias saprobiontes é 4,5 vezes inferior à média desses organismos, nas amostras coletadas no período de vazante.

Para os coliformes totais, os resultados mostrados, na Tabela II, apresentam uma variação bastante acentuada no número de organismos/ml, e evidenciam alguns pontos críticos de qualidade da água. Há uma nítida

influência da época do ano sobre a quantidade desses microrganismos. Na enchente, a média das 11 estações é de 89 colônias/ml, enquanto na vazante, essa medida ascende para 445 colônias/ml, exatamente 5 vezes maior que no período anterior. As estações 4, 5 e 7 são as de maior índice, com médias anuais de 714, 630 e 637 colônias/ml, respectivamente, enquanto a estação 3 é a que apresenta a menor média com apenas 29 colônias/ml. A amplitude de variação vai de 0 a 8690 colônias/ml, com ausência de coliformes em 14 das 264 amostras estudadas (5,3%), sendo que no mês de fevereiro, das 22 amostras dos 11 perfis, 10 (45,4%) foram negativas para esse indicador. O maior índice encontrado foi na estação 4 a 0 metro, no mês de novembro.

DISCUSSÃO

Na região estudada, não há grande variações térmicas. É claro que algumas diferenças significativas puderam ser observadas, principalmente nas camadas superiores mais sujeitas a alterações climáticas bruscas tais como

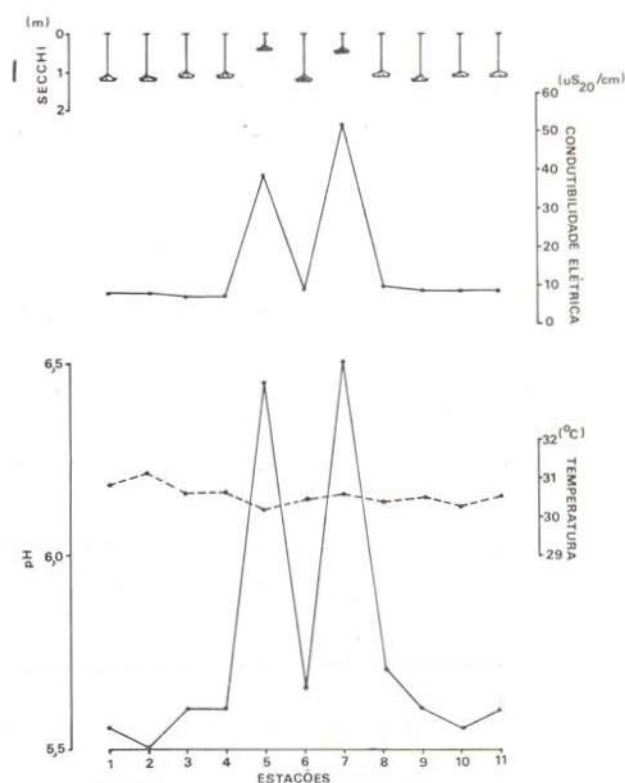


Fig. 2 — Gráfico dos fatores abióticos (média anual) nas 11 estações (jan-dez 77).

TABELA I — Número de colônias/ml de bactérias totais nas amostras de água das estações de coleta (jan-dez, 1977).

Estações	Prof. m	MESES												\bar{X}
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	0	31	1	16	6	13	15	77	91	...	37	51	4480	438
	1	461	2	3280	609	603	81	246	135	...	773	482	275	631
2	0	11	3	5	7	19	6	78	75	9790	112	...	91	937
	1	34	3	356	108	304	14	245	144	13950	357	...	98	1387
3	0	26	2	28	9	17	26	30	85	4610	144	...	70	456
	1	96	12	108	3230	103	44	73	39	2570	98	4090	405	906
4	0	234	5	17	12	36	8	128	367	...	34	14430	400	1425
	1	96	11	116	1666	190	123	63	147	...	37	...	1276	372
5	0	...	570	1890	6200	598	3340	343	807	7800	1170	8680	760	2923
	1	...	3590	1760	8300	725	...	283	490	...	3560	3540	13500	3972
6	0	139	13	49	22	40	64	86	533	6940	42	...	284	746
	1	146	13	219	4560	143	46	66	317	1219	71	...	128	630
7	0	...	4130	151	4140	521	2880	791	1192	...	8790	...	1542	2682
	1	...	6250	181	3240	499	119	631	10980	9840	6450	...	1344	3953
8	0	221	18	72	74	203	8	163	52	1275	460	1224	2970	562
	1	119	24	188	5460	247	1170	327	133	9400	560	9240	1460	2361
9	0	218	19	154	140	61	113	97	229	1961	38	37170	213	3368
	1	319	17	97	711	167	290	118	4470	1159	189	20580	1452	2464
10	0	150	12	199	107	65	40	137	73	481	567	4130	1360	610
	1	96	6	230	804	492	330	141	334	541	318	3698	236	602
11	0	26	13	13	27	15	23	26	49	137	96	834	121	115
	1	60	25	153	325	212	54	40	50	200	209	15990	1010	1527
\bar{X}	0	177	435	236	977	144	593	178	323	4124	1042	9503	1117	—
	1	159	905	608	2637	335	227	203	1567	4815	1147	8231	1926	—

frentes frias e tempestades. A isoterminia, no entanto, é uma característica das águas da região, em função da pequena variação climática. Uma poluição térmica oriunda das águas de resfriamento das caldeiras industriais situadas às margens dos cursos de água, não pode ser detectada.

No que diz respeito à transparência, os igarapés de São Raimundo e Educandos são os locais mais afetados. Sendo em suas origens semelhantes a todos os igarapés de floresta, com grande quantidade de material húmico em suspensão, recebem, no baixo curso, uma carga tão grande de detritos, que sua transparência mais se assemelha aos corpos de água do tipo "branco" (Fig. 2).

A saída de água do igarapé de Educandos, associado à descarga das populações ribeirinhas, permitiu o registro de valores altos de pH no rio Negro, na época da vazante. Esse fato pode ser entendido pela retirada do material acumulado junto à margem e dentro do igarapé na época de água alta, e que é carregado para o curso d'água principal, à medida que o nível desce, sendo levado pela corrente, pela região ribeirinha que é exatamente a zona utilizada para amostragem.

A condutividade elétrica é muito alta nos igarapés, ultrapassando os valores normalmente encontrados para o médio Amazonas que vão de 44,8 a 82,8 $\mu\text{S}_{20} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Schmidt, 1972). Usando os fatores de multiplicação de Richard & Van Cu (1961), para cálculo de minerais totais, a partir da condutividade elétrica, ter-se-ia uma variação, nos igarapés, de 11,3 a 119,5 mg/l, representando um aumento de quase 10 vezes na quantidade de sólidos totais dissolvidos, entre o mínimo e o máximo. Evidentemente, esses fatores não servem para águas de baixa condutância e pH, uma vez que em concentrações maiores de Hidrogênio, esse elemento passa a agir como condutor, conforme demonstrado por Leenheer & Santos (1980). Entretanto, os valores mais altos desse parâmetro são os de maior significação, dentro do objetivo desse trabalho, por destacarem as alterações que são tão mais importantes, por ser o igarapé de Educandos, um habitat de *Biomphalaria amazonica*, um bom vetor poten-

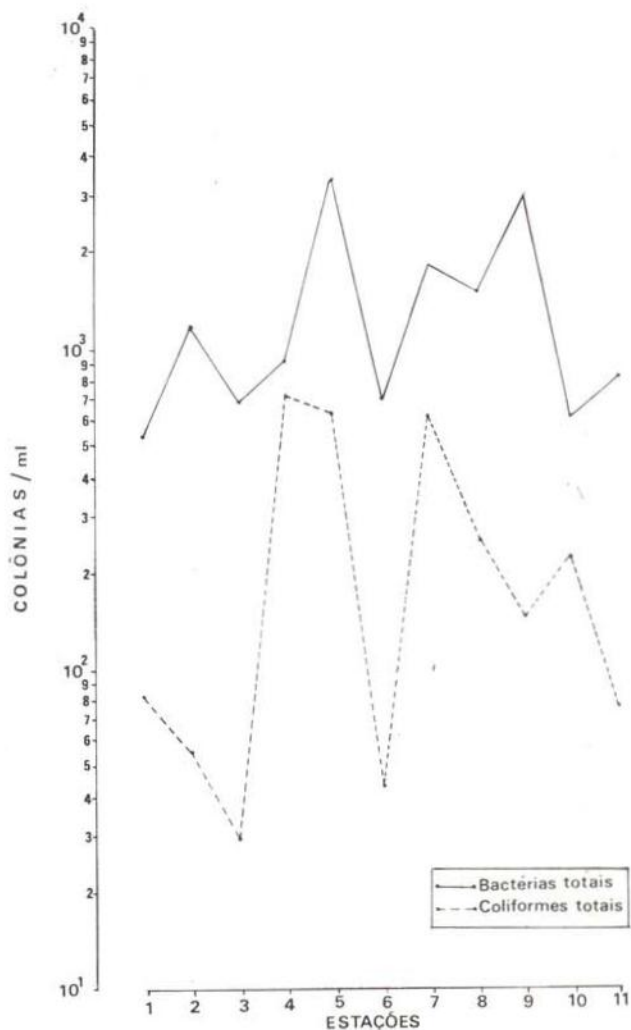


Fig. 3 — Gráfico da média anual do número de bactérias nas 11 estações (jan-dez 77).

cial da esquistossomose (Correa & Paraense, 1971).

Do ponto de vista microbiológico, a área estudada apresenta algumas peculiaridades que são traduzidas nos resultados encontrados. A estação 4 está localizada a montante da tomada de água da cidade e recebe sua carga de poluentes de um pequeno córrego que, atravessando parte do bairro da Compensa, carrega para o rio os dejetos dessa população que constrói seus sanitários sobre o pequeno curso de água. O fato de a captação de água para tratamento e distribuição ser feita por tubos situados em regiões mais profundas, não impossibilita a sucção de, pelo menos, parte da massa contaminada, tornando a purificação

TABELA II — Número de colônias/ml de coliformes totais nas amostras de água das estações de coleta (jan-dez, 1977).

Estações	Prof. m	MESES												\bar{X}
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	0	3	0	0	3	24	24	7	146	79	55	...	5	31
	1	114	0	56	1	480	83	47	193	230	153	55	137	129
2	0	2	0	1	12	26	16	33	68	120	20	9	27	28
	1	11	0	124	5	251	32	59	261	18	25	39	172	83
3	0	0	0	6	0	26	22	25	99	29	6	19	16	21
	1	10	0	123	3	33	28	23	52	28	23	4	144	38
4	0	53	70	3	18	7	1	34	401	4240	28	8690	403	1126
	1	25	108	5	146	90	54	33	113	2260	34	87	665	302
5	0	278	1320	162	108	140	160	102	378	282	820	460	2800	584
	1	325	670	147	15	168	670	149	233	1460	780	473	3040	677
6	0	53	0	11	33	13	20	29	76	59	40	83	13	36
	1	40	2	55	18	12	17	26	86	81	25	104	132	50
7	0	330	2220	59	3	302	240	232	229	348	730	4570	486	812
	1	260	...	60	0	194	23	230	256	227	185	3580	84	463
8	0	56	25	54	11	85	85	78	108	267	76	579	302	144
	1	14	32	53	6	130	15	34	131	1350	330	...	2040	376
9	0	88	4	16	6	24	50	50	530	231	36	670	29	144
	1	12	10	12	10	30	15	45	268	425	138	798	51	151
10	0	17	0	27	1	41	40	29	406	729	51	1827	148	276
	1	38	0	15	10	37	24	33	80	340	41	1385	195	183
11	0	1	4	6	17	19	51	6	58	80	31	285	56	51
	1	9	0	12	29	14	5	14	53	86	36	785	228	106
\bar{X}	0	80	331	31	19	64	64	57	228	588	172	1819	389	—
	1	78	82	60	22	131	88	63	157	590	161	731	626	—

mais onerosa. A estação 5 recebe vários cursos de água que atravessam a cidade, no sentido leste-oeste e norte-sul, pela periferia, sendo um deles o igarapé do Parque 10 onde é despejada a água servida de vários conjuntos habitacionais. O igarapé de Educandos recebe o efluente de algumas indústrias e é habitado em suas margens por numerosa população constituída de famílias de baixa renda que habitam casas sobre palafitas e que drenam todo o produto da vida doméstica para esse curso de água.

Os resultados revelam apenas uma parte do problema de poluição dos cursos de água em Manaus. Levantamentos que incluam aspectos virais, protozoológicos e helmintológicos precisam ser realizados, no sentido de fornecer subsídios mais amplos para avaliação total das conseqüências advindas das alterações da qualidade de água sobre a população humana.

No aspecto de bactérias patogênicas, sabe-se que há uma estabilidade considerável na relação "nº de *Salmonella typhi*/n.º de coliformes", em águas poluídas por dejetos domésticos de populações suficientemente grandes para abrigarem indivíduos com doenças causadas por bactérias patogênicas intestinais ou portadores destas (Kehr & Butterfield, 1943). Assim, enquanto a água contiver algum coliforme, terá toda a probabilidade de também conter bactéria patogênica. Geldrich (1970) resumiu os dados de numerosos levantamentos nos Estados Unidos e demonstrou que a freqüência de isolamentos de *Salmonella* sobe de 27,6 para 85,2% quando a densidade de coliformes sobe de 1 — 200 para 200-1000/100 ml e chegando a 100% quando o número de coliformes é maior que 2000/100 ml.

CONCLUSÃO

Tendo em vista as conclusões de Geldrich (1970), 87,5% das amostras coletadas nas estações 4, 5 e 7 teriam 100% de probabilidade de conter bactérias do gênero *Salmonella*, pois possuem índices superiores a 2000 coliformes/100 ml.

Pela Portaria GM 0013 de 15/01/76 do Ministério do Interior do Brasil que estabele-

ceu a classificação das águas interiores e normalizou os padrões de qualidade, as estações 4, 5 e 7 estariam enquadradas na classe 4 e sujeitas à interdição.

A análise dos Gráficos (Fig. 2 e 3), por outro lado, revela uma identidade nos valores dos parâmetros mensurados nas estações 1 e 11, refletindo uma capacidade de autopurificação do rio, embora seja bastante difícil quantificar essa potencialidade. De qualquer forma, dentro das perspectivas de crescimento da cidade, as previsões são de um aumento cada vez maior dos índices de poluição, havendo o risco de somente, "a posteriori", saber-se o quanto o rio Negro foi capaz de auto-depurar-se.

SUMMARY

This paper presents a survey of some aspects of Rio Negro water quality in the vicinity of Manaus, Amazonas, Brazil. Measurements of temperature, pH, electrical conductivity, light penetration (Secchi), saprophyte and total coliform bacteria, were carried out from January through December of 1977. The samples were collected at two depths at eleven places along the river and from two streams at the outskirts of the town. The results are discussed from a sanitary point of view and the autopurification capacity of the river is emphasized.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION
1976 — Standard methods for the examination of water and water waste. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- BENCHIMOL, S.
1981 — Amazônia Legal na década 70/80. Expansão e concentração demográfica. CEDEAM/UA, Manaus.
- CORREA, L.R. & PARAENSE, W.L.
1971 — Susceptibility of *Biomphalaria amazonica* to infection with two strains of *Schistosoma mansoni*. Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo, **13**: 387-390.
- GELDRICH, E.E.
1970 — Applying bacteriological parameters to recreational water quality. Jour. Amer. Water Work Assoc. **62**: 113-121.
- GUARIM, V.L.M. dos S.
1979 — Ocorrência e distribuição de *Chromobacterium violaceum* (Schroeter) Bergonzini 1881, na Amazônia Central. Acta Amazonica, **9** (3): 501-506.

- KEHR, R.W. & BUTTERFIELD, C.T.
 1943 — Notes on the relation between coliforms and enteric pathogens. *Publ. Hlth. Rep. (Wash.)* **58**: 589-591.
- LEENHEER, J.A. & SANTOS, U. de M.
 1980 — Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). *Acta Amazonica*, **10** (2): 343-355.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR
 1976 — Portaria GM 0013 de 15/01/76. Legislação Básica, SEMA, Brasília.
- RAI, H.
 1978 — Utilização de glicose por bactérias heterotróficas no ecossistema da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, **8** (2): 225-232.
 1979 — Microbiology of Central Amazon Lakes. *Amazoniana*, **6** (4): 583-599.
- RAI, H. & HILL, G.
 1978 — Bacteriology studies on Amazonas, Mississippi and Nile waters. *Arch. Hydrobiol.* **81** (4): 445-461.
- 1980 — Classification of Central Amazon lakes on the basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. *Hydrobiologia* **72**: 85-99.
- RICHARD, C. & VAN CU, N.
 1961 — Relation entre la résistivité d'une eau et son taux de mineralization. *L'eau* **1**: 22-24.
- SCHMIDT, G.W.
 1969a— Vertical distribution of bacteria and algae in a tropical lake. *Int. Revue ges Hydrobiol.* **54**: 791-797.
 1969b— Bakterienzahlen in wasser von Manaus (Amazonas) *Z. Allgem. Mikrobiol.* **9**: 401-404.
 1970 — Numbers of bacteria and algae and their interrelations in some Amazonian waters. *Amazoniana*, **2** (4): 393-400.
 1972 — Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year. (August 1969 - July 1970). *Amazoniana*, **3** (2): 208-223.

(Aceito para publicação em 17/02/82)