

Formação anaeróbia de gases dos sedimentos da Lagoa do Infernã e do Reservatório do Monjolinho

Bianchini Jr., I.^{1,2} & Antonio, R. M.²

Abstract – Anaerobic gases formations from sediments of Infernã Lagoon and Monjolinho Reservoir – This paper aims to compare and discuss aspects related with the cycling of anaerobic organic matter from sediments of two aquatic systems: the Monjolinho Reservoir and the Infernã Lagoon. The reservoir is more liable to antropic pressures and the lagoon is located inside an ecological station. For this purpose sediment samples were incubated at the lab., from which the gases formation rates and the changes of temperature were estimated. The results indicated that although the sediment of the reservoir has, in average, less organic matter, its mineralisation generated 134.4 ml of gases, being 17.5% larger than obtained from the lagoon sediments. This results suggest that it could have more labile forms of organic carbon than the sediment of the lagoon. They also suggest that the anaerobic process of gas formation in the reservoir sediment was more sensitive to temperature changes than that the lagoon sediments.

Key words: *organic matter, sediments, anaerobic decomposition, gases formation.*

Resumo – Este trabalho tem por objetivo comparar e discutir aspectos da ciclagem anaeróbia de matéria orgânica dos sedimentos de dois sistemas aquáticos distintos: a Represa do Monjolinho e a Lagoa do Infernã. A represa é suscetível a pressões antrópicas e a lagoa localiza-se dentro de uma reserva ecológica. Para tanto, amostras de sedimentos desses ambientes foram incubadas em laboratório. A partir dessas incubações, foram estimadas as taxas de formação de gases e as variações temporais da temperatura. Os resultados indicaram que, embora o sedimento da represa contenha, em média, menor teor de matéria orgânica, durante a mineralização gerou 134,4 ml de gases, uma quantidade 17,5% maior que o obtido para o sedimento da lagoa, sugerindo que o sedimento do reservatório deva conter maior quantidade de formas lábeis de carbono orgânico. Os resultados sugeriram, também, que os processos anaeróbios de formação de gases no sedimento do reservatório sejam mais

1. Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos, C.P. 676, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: irineu@power.ufscar.br.

2. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, C.P. 676, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

sensíveis às variações da temperatura que os que se desenvolvem no sedimento da Lagoa do Infernã.

Palavras-chave: *matéria orgânica, sedimentos, decomposição anaeróbia, formação de gases.*

Introdução

A composição química dos recursos orgânicos e os fatores abióticos condicionam as espécies de organismos decompositores presentes nos sistemas aquáticos e, conseqüentemente, as rotas pelas quais os detritos são mineralizados. No caso dos processos anaeróbios de ciclagem, dependendo dessas condições (por exemplo, potencial de oxidação, pH, tipos de exoenzimas, concentrações de nutrientes etc.), há a formação de vários gases, dentre os quais: o sulfídrico, o nitrogênio, o dióxido de carbono, o hidrogênio, os mercaptanos, o metano etc. (Ballester, 1994; Antonio *et al.*, 1996). No entanto, as cinéticas e os rendimentos finais de formação desses produtos são objeto de discussão. Experimentos de degradação anaeróbia, nos quais amostras de sedimentos foram incubadas, indicam a seguinte composição aproximada das misturas de gases formados: $\text{CH}_4 = 85,2\%$, $\text{N}_2 = 7,5\%$ e $\text{CO}_2 = 7,1\%$ (Sorokin & Kadota, 1972). Estudos que contemplaram a mineralização anaeróbia de macrófitas aquáticas mostraram que, em termos quantitativos, o CO_2 predominou, cabendo ao CH_4 uma menor participação (Bianchini Jr. *et al.*, 1998), e que o volume de gases gerados variou em função da composição química do detrito (Campos Jr., 1998; Campos Jr. & Bianchini Jr., 1998).

Nos sistemas aquáticos, a quantidade de gases formados depende, de modo geral, das concentrações das substâncias orgânicas e de nutrientes dos sedimentos. Além de interferirem diretamente sobre a viabilidade da ocorrência de várias espécies, dependendo de suas concentrações, esses produtos podem gerar alterações na qualidade da água, restringindo o potencial de utilização dos recursos hídricos. Acentuadas diferenças nas atividades de produção de gases foram registradas entre amostras de sedimentos de lagos com altas e baixas produtividades. Os valores mais altos ocorreram, usualmente, em lagos que receberam águas residuais (Sorokin & Kadota, 1972). Nesse contexto, este trabalho visou discutir os processos de formação de gases a partir da mineralização anaeróbia da matéria orgânica dos sedimentos de dois sistemas aquáticos distintos: a Represa do Monjolinho e a Lagoa do Infernã. A lagoa situa-se em uma região relativamente protegida e o reservatório está mais exposto aos efeitos de pressões antrópicas, por localizar-se próximo de um centro urbano.

Material e Métodos

A Lagoa do Infernã ($21^{\circ}33'S$ e $47^{\circ}51'W$) situa-se na planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu, é relativamente protegida de ações antrópicas diretas, uma vez que se integra na área da Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP). Por localizar-se na periferia do município de São Carlos, SP, no campus da Universidade Federal de São Carlos, a Represa do Monjolinho ($22^{\circ}00'S$ e $47^{\circ}54'W$) constitui-se em um ecossistema mais sujeito às pressões diretas e indiretas das atividades antrópicas. As estimativas de formações de gases foram efetuadas a partir da incubação de amostras de sedimentos da lagoa e da represa. Para tanto, utilizou-se o método manométrico, de acordo com procedimentos propostos por Sorokin & Kadota (1972), Antonio *et al.* (1996) e Bianchini Jr. *et al.* (1996, 1997). As amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn e as de sedimento com draga de Ekman (lagoa: 24/03/93, reservatório: 12/04/93). Nos mesmos dias das coletas, as amostras foram enviadas ao laboratório e utilizadas na montagem

do experimento. Foram preparados dois frascos (vol. $\approx 4,1$ L) contendo 3 L de sedimentos (da lagoa ou do reservatório) e aproximadamente 1,1 L de amostras de água (da lagoa ou do reservatório, previamente filtradas em lã de vidro). A proporção de sedimento e de água foi adotada de acordo com o sugerido por Antonio & Bianchini Jr. (1999). Posteriormente, os frascos foram vedados e anotados os níveis iniciais das colunas d'água das buretas. Um terceiro frasco, contendo somente água, foi utilizado para as determinações das temperaturas. Visando atenuar as variações de temperatura, o frasco contendo amostra de sedimento da represa foi mantido em meio no qual houve troca constante de água (Figura 1). Durante o experimento, os frascos foram mantidos em laboratório e no escuro. Diariamente registraram-se as evoluções dos volumes dos gases formados, a partir dos deslocamentos das colunas d'água; as temperaturas foram determinadas por meio de um termômetro de mercúrio. Após os registros dos volumes de gases formados, estes foram corrigidos para 1 atm e temperatura de 20°C.

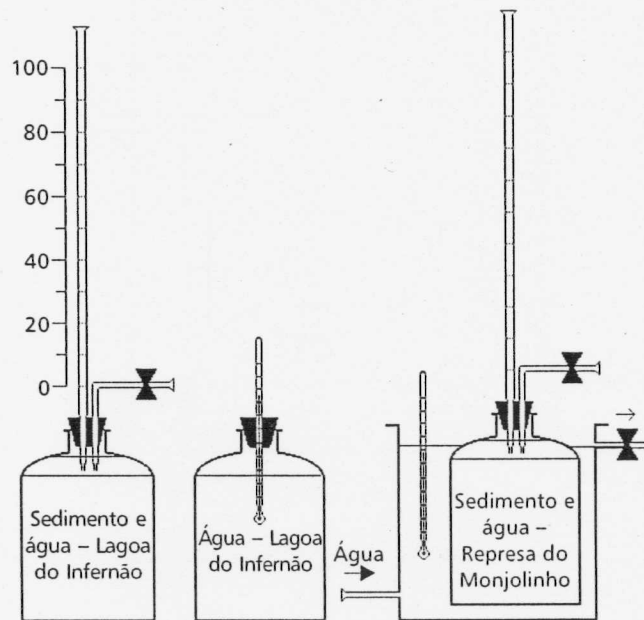


Figura 1 Frascos de incubação, com as amostras de água e de sedimento da Lagoa do Infernã e da Represa do Monjolinho, acoplados aos manômetros de baixa pressão.

Resultados e Discussão

Comparando-se os resultados obtidos dos vários estudos limnológicos efetuados na Represa do Monjolinho e na Lagoa do Infernã nota-se que, em termos médios, o reservatório apresenta valores mais elevados de temperatura, de condutividade elétrica, de alcalinidade, dos teores de fósforo total, de densidades populacionais e número de taxa de macroinvertebrados bentônicos. Registra valores relativamente equivalentes aos da lagoa no que se refere ao pH e às concentrações de oxigênio dissolvido e de nitrogênio. Em média, a lagoa possui, em relação ao reservatório, maior tempo de residência, maior quantidade de matéria orgânica no sedimento e valores mais elevados de profundidade do disco de Secchi (Pires, 1987; Nogueira, 1989; Nogueira, 1990; Feresin, 1991; Strixino & Trivinho-Strixino, 1991;

Seleghim, 1992; Gianotti, 1994; Okano, 1994; Brockelmann, 1995; Pamplin, 1995; Rocha & Bianchini Jr., 1995; Antonio, 1996; Aprile & Bianchini Jr., 1996; Trivinho-Strixino *et al.*, 1996; Strixino *et al.*, 1997).

Por meio dos trabalhos realizados é possível identificar alguns efeitos da ação antrópica sobre o reservatório, tais como: predominância de Rotifera sobre Cladocera e Copepoda (Okano, 1994), altos teores de fósforo total e de clorofila, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e valores reduzidos de transparência da coluna d'água (Tabela 1). No caso da lagoa, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido estão envolvidas com a intensa deposição de matéria orgânica detrital, decorrente da morte de macrófitas aquáticas. A intensidade deste aporte de detritos reflete-se, também, nos altos teores de matéria orgânica do sedimento e na ausência de macroinvertebrados bentônicos, devido à ocorrência de atmosfera redutora nos estratos profundos. No que se refere à matéria orgânica do sedimento, além das diferenças quantitativas (Feresin, 1991; Gianotti, 1994; Antonio, 1996), supõe-se que comporte diferenças qualitativas acentuadas devido à origem das fontes predominantes de detritos de cada ambiente (Gatti, 1997; Lobo, 1997). Nesse contexto, na Represa do Monjolinho, as principais fontes devem-se à morte do fitoplâncton e à matéria orgânica (dissolvida e particulada) proveniente do córrego do Monjolinho e das eventuais contribuições superficiais. Na Lagoa do Infernã, a morte das macrófitas aquáticas constitui-se na principal fonte, seguida das contribuições superficiais da bacia local. Eventualmente, com o alagamento da planície de inundação, o Rio Mogi-Guaçu contribui com detritos (Ballester, 1994; Albuquerque & Mozeto, 1997).

De acordo com a variação temporal da temperatura, verifica-se que a incubação da amostra de sedimento da lagoa desenvolveu-se sob uma temperatura média de $28,1 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$. A temperatura mínima observada foi de 23°C e a amplitude de variação situou-se em 11°C . Não se observou uma tendência definida, de longo prazo, de resfriamento ou aquecimento (Figura 2A). Devido à inserção do frasco que continha sedimento do reservatório em um recipiente com troca constante de água, as variações de temperatura nessa garrafa foram menos acentuadas (Figura 2B). Com base nos registros de temperatura desse frasco verifica-se que essa incubação desenvolveu-se sob uma temperatura média de $25 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. De modo geral, as variações de temperatura ocorreram dentro de intervalos ($23-34$ e $21-28^{\circ}\text{C}$) similares aos registrados na lagoa e no reservatório (Feresin, 1991; Seleghim, 1992; Ballester, 1994; Okano, 1994; Gianotti, 1994; Brockelmann, 1995; Pamplin, 1995; Antonio, 1996). Desse modo, essa variável não se constituiu em fator limitante para o desenvolvimento dos processos. No entanto, devido ao efeito da temperatura sobre as taxas metabólicas e as densidades da água e da mistura de gases, o esforço de controle da temperatura tendeu a minimizar as oscilações das taxas diárias.

Na comparação entre as variações da temperatura e das taxas diárias de formação de gases (Figuras 2A, B, C, D) é possível notar uma aparente interação entre as variações temporais das taxas e das temperaturas, sendo os processos de liberação favorecidos sob temperaturas mais altas. Tal interação confirma-se por meio das relações obtidas entre essas variáveis (Figuras 2E, F). Estas relações indicam, ainda, que os processos de formação de gases (em condição anaeróbia) no sedimento do reservatório foram mais sensíveis às variações de temperatura que os desenvolvidos no sedimento da lagoa, ou seja, com pequenos incrementos de temperatura houve acentuados incrementos na velocidade de formação de gases.

Tabela 1 Algumas variáveis limnológicas da Represa do Monjolinho e da Lagoa do InfernãO (DP = desvio-padrão).

Variável	Varição	Média ± DP	Fonte
REPRESA DO MONJOLINHO			
Temperatura (°C)	11,2-27,7	19,32	Nogueira, 1990
	18,8-23,2		Okano, 1994
	25,1-28,7	26,0 ± 1,2	Pamplin, 1995
Condutividade elétrica (µS/cm)	10,8-62,7	27,1	Nogueira, 1990
	40,7-59,4	49,9	Okano, 1994
	31,0-36,0		Pamplin, 1995
pH	5,50-7,60	6,44	Nogueira, 1990
	6,30-8,30	7,03	Okano, 1994
	5,08-6,81		Pamplin, 1995
Prof. do disco de Secchi (m)	0,10-1,20	0,69	Nogueira, 1990
	0,25-1,70		Okano, 1994
	0,50-0,65		Pamplin, 1995
Nitrogênio total (mg/L)	0,39-2,27	1,01 ± 0,58	Pamplin, 1995
Fósforo total (µg/L)	0,00-38,90		Nogueira, 1990
	47,84-122,07	72,5 ± 22,2	Pamplin, 1995
	9,5-146,8	65,2 ± 43,5	Aprile & Bianchini Jr., 1996
Clorofila (µg/L)	2,20-60,30	9,38	Nogueira, 1990
	0,00-126,8	34,8 ± 33,0	Pamplin, 1995
MOD total (mg/L)	3,25-6,50	5,01 ± 0,95	Pamplin, 1995
Alcalinidade (meq/L)	0,26-0,39	0,33 ± 0,04	Pamplin, 1995
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3,21-9,05	7,33	Nogueira, 1990
	3,25-10,45		Okano, 1994
	1,00-5,23	2,65 ± 1,44	Pamplin, 1995
MO sedimento (%)	22,39-25,69	22,39 ± 2,87	Pires, 1987
	30-40		Strixino & Trivinho-Strixino, 1991
Macroinv. Bentônicos (n ^o taxa)	10		Trivinho-Strixino <i>et al.</i> , 1996
Macroinv. Bentônicos (ind/m ²)		2013	Trivinho-Strixino <i>et al.</i> , 1996
Tempo residência (dia)	2,1-22,9		Nogueira, 1990
DBO ₅ (mg/L)	0,25-4,77	1,57	Nogueira, 1990
LAGOA DO INFERNÃO			
Temperatura (°C)	18,0-32,0	24,3 ± 4,5	Feresin, 1991
	17,3-30,0	23,8 ± 3,5	Gianotti, 1994
	17,1-29,2	23,8 ± 3,9	Antonio, 1996
Condutividade elétrica (µS/cm)	6,4-57,0	22,9 ± 12,3	Nogueira, 1989
	9,5-26,6	16,1 ± 5,5	Antonio, 1996
PH	5,00-6,90	5,74 ± 0,39	Nogueira, 1989
	5,42-6,82	6,25 ± 0,44	Feresin, 1991
	5,00-6,51	5,73 ± 0,44	Gianotti, 1994
Prof. do disco de Secchi (m)	4,82-5,82	5,38 ± 0,28	Antonio, 1996
	0,40-2,40	1,56 ± 0,61	Nogueira, 1989
	0,95-2,30	1,67 ± 0,52	Gianotti, 1994
Nitrogênio orgânico total (mg/L)	1,13-3,26	1,93 ± 0,66	Antonio, 1996
	0,87-1,58	1,07 ± 0,22	Antonio, 1996
	0,50-1,09	0,80 ± 0,14	Gianotti, 1994
Nitrato total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	Feresin, 1991
	0,00-27,41	4,93 ± 7,63	Antonio, 1996
	8,70-81,9	28,18 ± 18,46	Nogueira, 1989
Fósforo total (µg/L)	5,77-102,89	17,69 ± 26,97	Antonio, 1996
	0,05-0,45	0,15 ± 0,09	Feresin, 1991
Alcalinidade (meq/L)	0,05-0,45	0,15 ± 0,09	Feresin, 1991
Oxigênio dissolvido (mg/L)	0,0-8,5		Ballester, 1994
	0,0-8,2	2,47 ± 1,98	Gianotti, 1994
	0,70-2,15	1,12 ± 0,37	Antonio, 1996
MO sedimento (%)	20,7-30,9	25,41 ± 2,61	Feresin, 1991
	24,62-26,42	25,83 ± 0,55	Gianotti, 1994
	27,7-30,3	28,81 ± 0,77	Antonio, 1996
Umidade sedimento (%)	82,8-88,1	86,43 ± 1,32	Feresin, 1991
	82,7-87,6	84,55 ± 1,44	Gianotti, 1994
Macroinv. bentônicos (n ^o taxa)	1		Strixino <i>et al.</i> , 1997
Macroinv. bentônicos (ind/m ²)		2,7	Strixino <i>et al.</i> , 1997
Tempo residência (dia)	4-120		Rocha & Bianchini Jr., 1995

É possível que esse resultado contribua para a explicação dos menores teores médios de matéria orgânica do sedimento do reservatório. As relações observadas entre as taxas de formação de gases e temperatura são esperadas, pois as taxas refletem as velocidades de processos metabólicos. Neste contexto, vários estudos de decomposição têm indicado a temperatura como um dos principais fatores condicionantes dos processos (Levenspiel, 1974; Bianchini Jr., 1982; Brezonik, 1994). A partir dos ajustes das taxas diárias de formação de gases e da temperatura a um modelo exponencial (Equação 1), conforme proposto por EPA (1985), é possível estimar que o Q_{10} da mineralização do sedimento da lagoa foi 3,30 e o do reservatório 4,39.

$$k_T = k_{Ref} \times \theta^{(T-T_{Ref})} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

k_T = coeficiente de formação de gases em função da temperatura, dia⁻¹;

k_{Ref} = coeficiente de formação de gases em uma temperatura de referência (no caso deste experimento, a temperatura de referência foi igual a temperatura média), dia⁻¹;

θ = coeficiente de ajuste da temperatura (= $[Q_{10}]^{0,1}$);

T = temperatura (°C);

T_{Ref} = temperatura de referência (°C).

Comparando-se as taxas diárias de formação de gases (0 a 14,72 ml/dia \equiv 0 a 670 mg/m²/dia; Figura 2C) com as de metanogênese da Lagoa do Infernã (de 9,28 a 454,81 mg/m²/dia; Ballester, 1994), verifica-se que foram da mesma ordem de grandeza. Considerando que a formação de CH₄ constitui-se em um processo contínuo e que no decorrer deste experimento houve tendência de decréscimo das taxas de formação de gases (após, aproximadamente, 35 dias), tais resultados indicam que, na lagoa, a formação de metano resulta, principalmente, da degradação de detritos recentes, nesse caso, a matéria orgânica do sedimento permanente desempenha papel secundário na formação de CH₄.

As evoluções temporais do acúmulo de gases (Figuras 2C, D) permitem a descrição cinética desses processos por meio do modelo da curva logística. Na adoção desse modelo, admite-se que o valor da assíntota tenha correspondência com a quantidade inicial de matéria orgânica não refratária, que o coeficiente de formação de gases relacione-se com as velocidades de mineralização líquida e que a fase inicial corresponda ao tempo de adaptação das comunidades. Em relação aos valores negativos observados nos dez primeiros dias (Figura 2C), atribuem-se a dois fatores (Antonio *et al.*, 1996; Bianchini *et al.*, 1997): 1^a) taxas de assimilação/consumo dos gases maiores que as de formação e 2^a) a não exaustão dos gases contidos nas amostras de sedimento, quando da montagem do experimento.

Com base nos inventários realizados, verifica-se que o sedimento da Lagoa do Infernã possui, em média, 27% de matéria orgânica (Feresin, 1991; Gianotti, 1994; Antonio, 1996), este valor, por sua vez, corresponde a um teor 28% maior que o do reservatório (Pires, 1987; Selegim, 1992). Embora o sedimento da Lagoa do Infernã possua, em média, mais matéria orgânica (Tabela 1), a comparação dos volumes finais de gases formados (lagoa: 114,4 ml; represa: 134,4 ml; Figuras 2C, D) sugere que o sedimento da Represa do Monjolinho contenha mais matéria orgânica lábil. Ao converter tais volumes em equivalentes de carbono mineralizado (a partir da relação obtida dos trabalhos de Antonio *et al.*, 1996; Bianchini Jr. *et al.*, 1997; Antonio & Bianchini Jr.,

1999), estima-se que no sedimento do reservatório (3 L) tenham sido mineralizados 2,02 g de carbono, valor este 17,6% maior que o estimado para a amostra de sedimento da lagoa. Tal característica é atribuída, basicamente, à origem e composição dos detritos, sendo os sedimentos da lagoa ricos em compostos refratários derivados da lignina (Lobo, 1997) e os do reservatório em matéria orgânica proveniente de enxurradas de campos agrícolas e de esgotos.

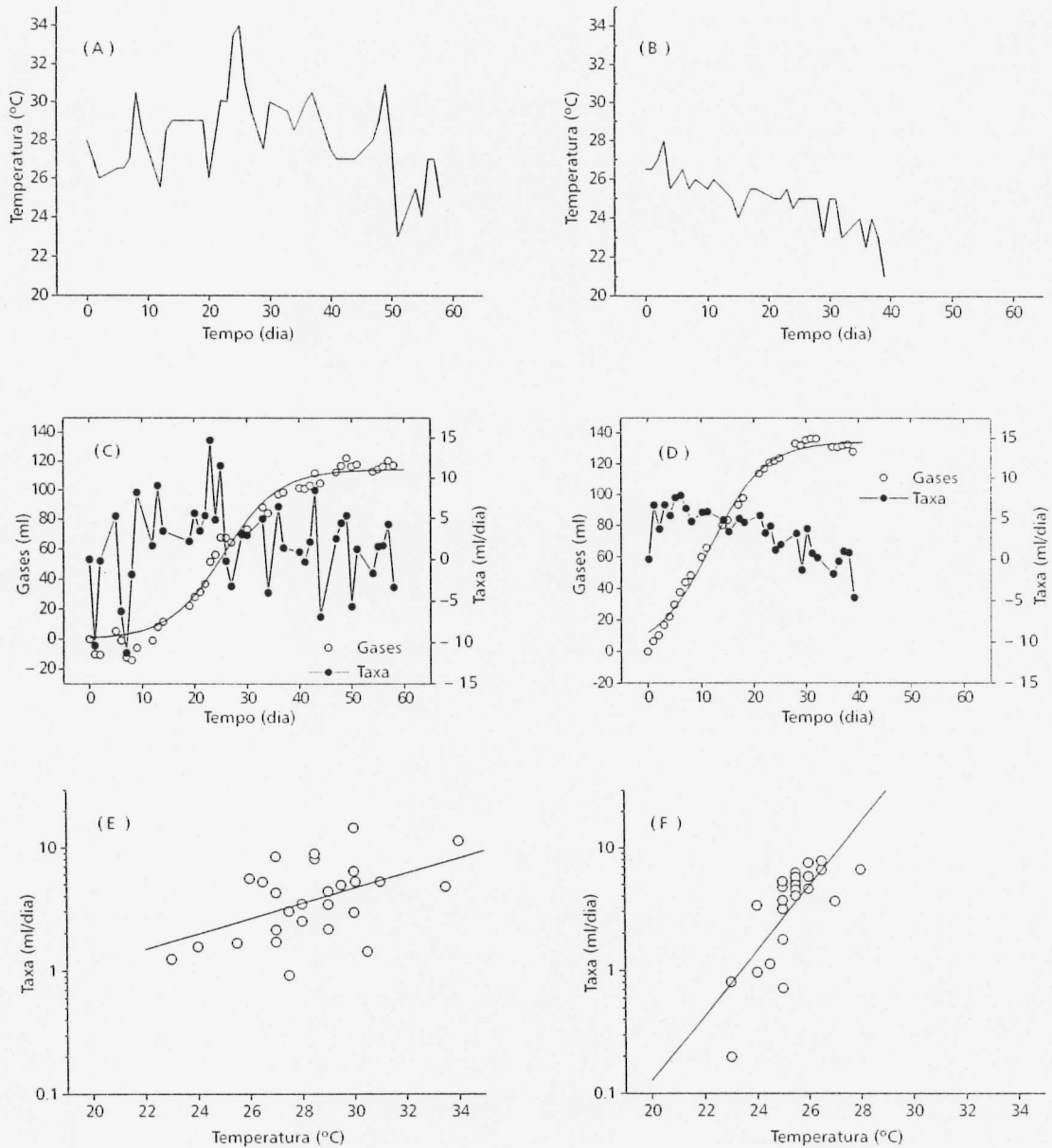


Figura 2 Variações temporais da temperatura durante as incubações das amostras de sedimento da Lagoa do Infernã (A) e da Represa do Monjolinho (B). Variações temporais das taxas e dos volumes de gases formados (lagoa (C) e represa (D)). Relações entre taxas de formação de gases e temperatura (lagoa (E) e represa (F)).

A partir do ajuste dos resultados de formação de gases ao modelo da curva logística, determinou-se que os coeficientes de formação foram da mesma ordem de grandeza

(reservatório: 0,196 dia⁻¹; lagoa: 0,188 dia⁻¹), indicando que, sob as condições experimentais adotadas, as atividades heterotróficas foram equivalentes nos dois frascos (Figuras 2C, D). No entanto, há que se considerar que os processos ocorreram sob temperaturas médias distintas. Atualizando-se (por meio da Equação 1) o coeficiente de formação de gases do processo ocorrido no sedimento da represa para 28,1°C (temperatura média do frasco contendo sedimento da lagoa), estimou-se que esse processo de formação de gases seria, nesta temperatura, aproximadamente, 1,65 vez mais rápido que o verificado na amostra da Lagoa do Infernã. Uma vez que a quantidade de gases formados depende das concentrações das substâncias orgânicas e de nutrientes dos sedimentos (Sorokin & Kadota, 1972), supõe-se que as velocidades dos processos relacionem-se, basicamente, com as características metabólicas dos microrganismos envolvidos.

Conclusões

De acordo com as condições experimentais adotadas, os resultados obtidos permitem concluir que: primeiro, o sedimento da Represa do Monjolinho contém mais compostos orgânicos lábeis que o da Lagoa do Infernã e segundo, os processos de formação de gases a partir do sedimento do reservatório foram mais rápidos (1,65 vez) e sensíveis ($Q_{10} = 4,39$) às variações da temperatura que os que se desenvolvem no sedimento da lagoa ($Q_{10} = 3,30$).

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes pela concessão de bolsa de estudo e à Fapesp pelo financiamento deste estudo (processos: 91/1303-3; 99/05170-2).

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, A. L. S. & MOZETO, A. A., 1997, C:N:P ratios and stable carbon isotope compositions as indicators of organic matter sources in a riverine wetland system (Mogi-Guaçu River, São Paulo, Brazil). *Wetlands*, 17(1): 1-9.
- ANTONIO, R. M., 1996, *Estimativa da capacidade heterotrófica da Lagoa do Infernã (Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP)*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 82p.
- ANTONIO, R. M., BIANCHINI Jr., I. & de MOURA, L. F., 1996, Utilização de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em ecossistemas aquáticos: I – Aspectos metodológicos. *An. Simp. Nac. Ferm. XI*, São Carlos, SP, pp. 692-697.
- ANTONIO, R. M. & BIANCHINI Jr., I., 1999, Utilização de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em ecossistemas aquáticos: III – Teste da quantidade inicial de sedimento. *Acta Limnol. Brasil.*, 11(1).
- APRILE, F. M. & BIANCHINI Jr., I., 1996, Determinação de fósforo total em macrófitas aquáticas e sedimentos: adequação de procedimentos metodológicos. *An. Sem. Reg. Ecol. VII*, São Carlos, SP, pp. 47-56.
- BALLESTER, M. V. R., 1994, *Dinâmica de gases biogênicos (CH₄, O₂ e CO₂) em ecossistemas aquáticos da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica de Jataí, São Paulo)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 169p.
- BIANCHINI Jr., I., 1982, *Contribuição ao estudo da decomposição de plantas aquáticas*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 178p.

- BIANCHINI Jr., I., ANTONIO, R. M. & de MOURA, L. F., 1996, Utilização de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em ecossistemas aquáticos: II – Aspectos cinéticos. *An. Simp. Nac. Ferm. XI*, São Carlos, SP, pp. 416-421.
- BIANCHINI Jr., I., ANTONIO, R. M. & de MOURA, L. F., 1997, On the manometric method for estimating the anaerobic mineralization in aquatic ecosystems: kinetic and methodological aspects. *Rev. Microbiol.*, 28: 83-90.
- BIANCHINI Jr., I., GIANOTTI, E. P., CUNHA, M. B. & SILVA, E. L., 1998, Degradação anaeróbia de macrófitas aquáticas: metanogênese. *An. Simp. Nac. Ferm. XII: 1-CDROM*, Uberlândia, MG.
- BREZONIK, P. L., 1994, *Chemical kinetics and process dynamics in aquatic systems*. Lewis, Boca Raton, 754p.
- BROCKELMANN, A. M., 1995, *Análise da abundância dos nanoflagelados e bactérias sazonalmente e a curtos intervalos de tempo, em um pequeno reservatório artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos, SP)*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 105p.
- CAMPOS Jr., J. J. F., 1998, *Contribuição ao estudo da decomposição de macrófitas aquáticas da Lagoa do Infernã: processo anaeróbio*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 130p.
- CAMPOS Jr., J. J. F. & BIANCHINI Jr., I., 1998, Liberação de gases durante a decomposição anaeróbia de três espécies de macrófitas aquáticas. *An. Sem. Reg. Ecol. VIII*, 1.289-1.300, São Carlos, SP.
- EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL AGENCY, 1985, *Rates, Constants and Kinetics Formulation in Surface Water Quality Modeling*. EPA/600/3-85/040. 2nd ed. U. S. Government Printing Office, Athens, 455p.
- FERESIN, E. G., 1991, *Nitrificação em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Infernã, Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP)*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 69p.
- GATTI, L. V., 1997, *Distribuição de metais em testemunhos de sedimentos de duas lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu (E. E. de Jataí, Luiz Antônio, SP)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 146p.
- GIANOTTI, E. P., 1994, *Desnitrificação em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu, Lagoa do Infernã (Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 298p.
- LOBO, I., 1997, *Uso de traçadores químicos e isotópicos no estudo paleoambiental da Lagoa do Infernã: uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu (E. E. de Jataí, Luiz Antônio, SP)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 116p.
- LEVENSPIEL, O., 1974, *Engenharia das reações químicas*. Vol. 1. Edgard Blücher, São Paulo, 211p.
- NOGUEIRA, F. M. B., 1989, *Importância das macrófitas aquáticas Eichhornia azurea Kunth e Scirpus cubensis Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da Lagoa Infernã, SP*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 147p.
- NOGUEIRA, M. G., 1990, *Dinâmica das populações planctônicas e fatores físico-químicos de um pequeno sistema artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos, SP)*. Dissertação de Mestrado, EESC, USP, São Carlos, 244p.
- OKANO, W. Y., 1994, *Análise da estrutura e dinâmica populacional da comunidade zooplanctônica de um reservatório artificial (Represa do Monjolinho, São Carlos, SP)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 128p.
- PIRES, J. S. R., 1987, *Efeito da matéria orgânica na retenção de íons cúpricos, férricos e potássio por sedimentos lacustres*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 89p.
- PAMPLIN, P. A. Z., 1995, *Caracterização nictimeral da migração vertical do zooplâncton em um reservatório artificial raso (Reservatório do Monjolinho, UFSCar, São Carlos, SP)*. Monografia de Graduação, UFSCar, São Carlos, 61p.
- ROCHA, M. G. B. & BIANCHINI Jr., I., 1995, Simulation of *Scirpus cubensis* detritus cycling in the Lagoa do Infernã. *Abstracts XXVI SIL Congress*, São Paulo, SP, p. 283.

- SELEGHIM, M. H. R., 1992, *Flutuações nas comunidades planctônicas e bentônicas de um ecossistema artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos, SP), com ênfase nas populações de protozoários e bactérias*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 162p.
- SOROKIN, Y. I. & KADOTA, H., 1972, *Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh water*. IBP n. 23. Blackwell, Oxford, 112p.
- STRIXINO, G. & TRIVINHO-STRIXINO, S., 1991, Chironomidae (Diptera) associados a sedimentos de reservatórios: significado dos diferentes povoamentos. *An. Sem. Reg. Ecol. VI*, São Carlos, SP, pp. 151-168.
- STRIXINO, G., TRIVINHO-STRIXINO, S. & ALVES, R. G., 1997, Macroinvertebrados bentônicos de lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu na Estação Ecológica de Jataí. *An. Sem. Reg. Ecol. VIII*, São Carlos, SP, pp. 33-42.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. & GESSNER, A. F., 1996, A situação ambiental da represa do Monjolinho (campus UFSCar), através dos macroinvertebrados bentônicos. *Livro de Resumos VIII Sem. Reg. Ecol.*, São Carlos, SP, p. 440.

Estudos Integrados em Ecossistemas. Estação Ecológica de Jataí (2000). Volume 2.

Santos, J. E. & Pires, J. S. R. (Eds.). São Carlos: Rima (ISBN 85-86522-11-9)