

ANAIS DO VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA	Volume VIII	p.	1997
--	-------------	----	------

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais  
UFSCar, São Carlos - SP.

## LIBERAÇÃO DE GASES DURANTE A DECOMPOSIÇÃO ANAERÓBIA DE TRÊS ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

CAMPOS Jr., J. J. F. <sup>(1)</sup> & BIANCHINI Jr., I. <sup>(2)</sup>

No presente trabalho discute-se as liberações de gases decorrentes da decomposição anaeróbia de três espécies de macrófitas aquáticas, *Scirpus cubensis*, *Cabomba piauhyensis* e *Salvinia* sp. Para cada espécie foram montadas quatro câmaras de decomposição e no início do experimento, em duas delas foi borbulhado nitrogênio e nas restantes foi borbulhado hidrogênio, de modo a se obter meios anaeróbios neutros e redutores, respectivamente. Os resultados permitiram observar uma maior liberação de gases a partir da decomposição de *S. cubensis*, enquanto que a degradação de *Salvinia* sp apresentou baixos rendimentos, ficando a decomposição de *C. piauhyensis* em uma posição intermediária. Observou-se, ainda, uma aparente inibição do processo de formação de gases nos frascos nos quais foi borbulhado hidrogênio, uma vez que tais câmaras apresentaram menores volumes de gases formados assim como um atraso do início do processo de liberação de gases, em comparação com as câmaras em que o nitrogênio foi adicionado.

**GASES RELEASED AT THE ANAEROBIC DECOMPOSITION OF THREE AQUATIC MACROPHYTES SPECIES.** This paper presents the results of a study about the anaerobic decomposition of three species of aquatic macrophytes, *Scirpus cubensis*, *Cabomba piauhyensis* e *Salvinia* sp. For this experiment four decomposition chamber were assembled for each macrophyte specie, two of then were bubbled with hydrogen, and the other with nitrogen to have neutral and acid anaerobic environments. The collected data allows to observe that in the *S. cubensis* chamber the volume of released gas is higher than in the *C. piauhyensis* and *Salvinia* sp flasks. It's also possible to observe an apparent inhibition of the gas liberation process by the hydrogen, once that the chamber with this gas presented a low volume of decomposition gases released at the same period than the chambers with nitrogen.

## INTRODUÇÃO

Em geral, nos ecossistemas lacustres, uma das principais fontes de energia e carbono encontra-se na forma de detritos orgânicos. Sendo que a maior parte do carbono orgânico apresenta-se como matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica dissolvida (MOD). Nestes ambientes, as macrófitas aquáticas da zona litoral, podem vir a ser responsáveis por até 50% do aporte de matéria orgânica e nutrientes para as cadeias alimentares do sistema. A matéria orgânica na forma de detritos é utilizada nas formas de carbono

<sup>1</sup> PPG-ERN / UFSCar, SP.

<sup>2</sup> Depto. Hidrobiologia / PPG-ERN / UFSCar, SP.

orgânico dissolvido (COD) e particulado (COP). Uma vez que a maior parte destes detritos é derivada de plantas vasculares, estes constituem-se de grande quantidade de polímeros altamente refratários. A microflora decompositora associada aos detritos se constitui na principal fonte de alimento assimilável para pequenos invertebrados que não tem capacidade de catabolizar as estruturas resistentes dos detritos (DE LA CRUZ & GABRIEL, 1974; WETZEL 1983; BENNER et al., 1986).

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica, verifica-se a formação de vários gases liberados pelos organismos que atuam no processo de degradação da matéria orgânica. Segundo BALLESTER (1994), em condições anaeróbias, os principais gases formados são: o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), decorrentes dos processos de desnitrificação e de redução de sulfatos; o metano (CH<sub>4</sub>) formado através da metanogênese e o N<sub>2</sub>, decorrente da desnitrificação. Nesse contexto, ensaios de degradação anaeróbia da matéria orgânica de amostras de sedimentos, desenvolvidos em laboratório, indicam a seguinte composição aproximada dos gases formados durante os processos: metano = 85,2%, nitrogênio = 7,5% e dióxido de carbono = 7,1% (SOROKIN & KADOTA, 1972).

Em geral em ambientes lacustres, estes gases possuem concentrações mais altas nas maiores profundidades e nas regiões próximas ao sedimento, embora possam, em alguns casos, vir a chegar as camadas superficiais da coluna de água.

Estudos mostram que em ambientes eutróficos e hipereutróficos, a decomposição de matéria orgânica pode gerar a ebulição destes gases criando correntes de convecção interna que ressuspendem os nutrientes do sedimento, realizando assim uma fertilização interna de tais sistemas aquáticos (WETZEL, 1983).

Este trabalho, que se insere dentro de um conjunto de atividades denominado Projeto Jataí, tem o objetivo de verificar a dinâmica de liberação de gases decorrentes da decomposição anaeróbia de três macrófitas aquáticas de uma lagoa marginal da rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Infernã): *Scirpus cubensis*, *Cabomba piauhyensis* e *Salvinia* sp, representantes das comunidades de macrófitas emergentes, submersas e flutuantes, respectivamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água e as plantas utilizadas foram coletadas na Lagoa do Infernã (21° 35' S e 47° 51' W), situada na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, (Estado de São Paulo). A Lagoa do Infernã faz parte de um conjunto de 15 lagoas que se localizam na planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu, no trecho referente a estação ecológica. Constitui-se de uma lagoa de infiltração que se conecta ao rio somente durante as épocas de maiores precipitações, devido aos conseqüentes aumentos das vazões. Suas principais características morfométricas são apresentadas através da Tabela I.

Após colhidas, as macrófitas: *Scirpus cubensis*, *Cabomba piauhyensis* e *Salvinia* sp foram lavadas no próprio local. Foram levadas ao laboratório, lavadas novamente com água corrente e secas em estufa (40 °C), até peso constante. Em seguida, para cada espécie de planta foram montadas quatro câmaras de decomposição, contendo, em cada uma, 4 gramas de planta em 1 litro de amostra de água da lagoa (previamente filtrada em lã de vidro). Durante os procedimentos de montagem, em duas das câmaras borbulhou-se, por 30 min, hidrogênio, nas duas restantes foi borbulhado nitrogênio (30 min) para a obtenção de meios anaeróbios redutores e neutros, respectivamente.

Para a estimativa da liberação de gases, durante o processo de degradação destas plantas, utilizou-se o método manométrico, proposto por SOROKIN & KADOTA (1972). Para tanto, foi montado, para cada câmara, um sistema de tubos em “U” (manômetro de baixa pressão), no qual uma das extremidades foi conectada a câmara. Uma quantidade adequada de água foi adicionada ao sistema e a partir da variação de seu nível, foi possível registrar o volume de gases liberados durante o período entre duas medições. Nestas câmaras foram realizadas amostragens diárias durante um período de 100 dias. Através de um termômetro de mercúrio, medidas diárias de temperatura foram também realizadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das Figuras 1 a 7 são apresentadas as variações temporais da temperatura, das taxas diárias de formação/assimilação dos gases e as quantidades acumuladas de gases formados (cinéticas) durante o período de 100 dias de decomposição anaeróbia de *S. cubensis*, *Salvinia* sp e *C. piauhyensis*. Ressalta-se que os resultados apresentados por meio das Figuras 2 a 7 referem-se as médias dos obtidos nas duas câmaras de decomposição, de cada atmosfera.

Com base nos registros de temperatura verifica-se que o experimento desenvolveu-se sob uma temperatura média de 26,86 °C com uma variação de 1,25 °C (desvio padrão), nota-se, também, que durante o experimento não houve uma tendência definida, de longo prazo, de aquecimento ou resfriamento dos frascos (Figura 1). Na comparação entre as variações de temperatura e das taxas diárias de liberação de gases (após, aproximadamente, o 20º dia) é possível notar uma aparente relação entre as variações temporais das taxas e das temperaturas, sendo os processos de liberação favorecidos sob as temperaturas mais altas. Por outro lado, é possível, ainda, que a temperatura tenha influenciado no sentido de alterar as densidades dos gases formados e consequentemente, interferindo nos registros de variação.

A interação sugerida entre as variações de temperatura e das taxas de formação de gases de certo modo é esperada, uma vez que, as taxas refletem as velocidades de processos metabólicos. Neste sentido, vários estudos de decomposição e de cinéticas de reações enzimáticas tem apontado a temperatura como um dos principais fatores condicionantes dos processos

(SOROKIN & KADOTA, 1972; LEVENSPIEL, 1974; BIANCHINI Jr., 1982; BREZONIK, 1994). Ressalta-se que segundo inventários de campo efetuados por DIAS Jr. (1990), FERESIN (1991) e GIANOTTI (1994) as variações de temperaturas encontradas na lagoa do Infernã são da mesma ordem de grandeza que as registradas do decorrer deste experimento, não devendo se constituir, portanto, em fator inibidor dos processos de degradação em estudo.

De modo geral, os resultados obtidos permitem observar que dentre as 3 espécies de macrófitas houve uma maior liberação (aparente) de gases a partir da decomposição de *S. cubensis* (147,0 e 138,3 ml nos frascos com hidrogênio e nitrogênio, respectivamente), Figuras 2 e 3. Durante a degradação de *C. piauhyensis* em meio redutor houve a liberação de 120,0 ml e em meio neutro de 138,2 ml (Figuras 6 e 7). Os processos de degradação da *Salvinia* sp foram os que apresentaram os menores rendimentos de formação de gases, ou seja, 70,2 ml em meio redutor e 88,5 em ambiente neutro (Figuras 4 e 5).

Com relação aos diferentes rendimentos de formação de gases, supõe-se que decorram, basicamente, da composição estrutural de cada espécie de macrófita (teores de frações protoplasmáticas, de lignina, de celulose, etc.). Neste sentido, as características químicas dos detritos tanto puderam comportar quantidades diferentes dos compostos ligados as rotas metabólicas responsáveis pelas formações de gases, quanto devem ter privilegiado o desenvolvimento e a manutenção de somente algumas espécies de microrganismos (BIANCHINI Jr. & TOLEDO, 1988). Considerando que, neste experimento, as misturas de gases formados tenham composições similares daquela proposta por SOROKIN & KADOTA (1972), os resultados indicam que dentre as espécies em questão, os detritos de *S. cubensis* devem se constituir, na lagoa do Infernã, na principal fonte de metano. Supõe-se que esta afirmação seja também válida em termos absolutos, visto que esta espécie de macrófita aquática é uma das dominantes da lagoa.

Através das Figuras 4 e 5 nota-se, ainda, que do início do experimento até o 16º e 22º dias (frascos com nitrogênio e hidrogênio, respectivamente), os processos de degradação de *Salvinia* sp favoreceram principalmente a manutenção das taxas de assimilação em detrimento das de formação de gases. No entanto, nos processos de decomposição de *S. cubensis* e de *C. piauhyensis* (Figuras 2, 3, 6 e 7) verifica-se que, nas duas condições testadas (meios: redutor e neutro) houve, do início do experimento até o final da primeira semana, o favorecimento dos processos de formação de gases (*S. cubensis* + hidrogênio = 0,5 ml; *S. cubensis* + nitrogênio = 4,32 ml; *C. piauhyensis* + hidrogênio = 6,85 ml; *C. piauhyensis* + nitrogênio = 7,95 ml). Em seguida, as taxas de assimilação foram favorecidas diferencialmente, tanto em intensidade quanto em duração (*S. cubensis* + hidrogênio = 21 dias; *S. cubensis* + nitrogênio = 15 dias; *C. piauhyensis* + hidrogênio = 46 dias; *C. piauhyensis* + nitrogênio = 22 dias). Acumulando consumos de gases da ordem de 5 a 17 ml (*S. cubensis* + hidrogênio = 17,37 ml; *S. cubensis* + nitrogênio = 6,08 ml; *C. piauhyensis* + hidrogênio = 21,05 ml; *C. piauhyensis* + nitrogênio = 6,23 ml).

Com relação as formações de gases ocorridas na primeira semana do experimento, durante a decomposição de *S. cubensis* e *C. piauhyensis* (Figuras

2, 3, 6, e 7), supõe-se que tanto as suas ocorrências quanto seus rendimentos decorreram dos teores de compostos lábeis (particulados e dissolvidos) presentes nos detritos destas espécies. Neste sentido, ensaios de degradação, sob condições aeróbias, realizados com estas duas espécies de macrófitas indicam que: 1) 29,7% e 52,1% dos carboidratos contidos nos fragmentos de *S. cubensis* e *C. piauhyensis*, respectivamente, são lábeis e 2) o teor de carboidratos totais dos detritos de *C. piauhyensis* (42,6 mg/g) é cerca de 3,1 vezes maior que o de *S. cubensis* (CUNHA & BIANCHINI Jr., no prelo). De acordo com esta hipótese, a ausência de formação de gases, na primeira semana, nos frascos com *Salvinia* sp sugere que os seus detritos continham menor quantidade de compostos lábeis que os demais.

Os resultados obtidos permitem observar, também, que em comparação com os frascos nos quais foram borbulhados nitrogênio (atmosfera neutra), os meios redutores favoreceram, no início do experimento, as ocorrências e intensidades das taxas de assimilação (taxas diárias negativas). No decorrer do experimento os processos, em cujas câmaras foi borbulhado hidrogênio (meios redutores), tenderam apresentar menores rendimentos de formação de gases. Neste sentido, estudo de ciclagem de detritos em pântanos indicaram a ocorrência de menores taxas de decomposição de lignocelulose em ambientes redutores (BENNER *et al.*, 1985).

Por meio da Figuras 2 a 7 é possível notar que, de modo geral, durante a decomposição de todas as espécies, houve a ocorrência de duas fases distintas nos processos de liberação de gases. Na primeira, ocorrida durante, aproximadamente, os 20 primeiros dias do experimento, observa-se o predomínio dos processos de consumo de gases sobre os de formação. Este predomínio pode ser comparado, quantitativamente, a partir da observação das freqüências e intensidades das taxas com sinais negativos, típicas deste período. Como consequência do predomínio dos processos de consumo, a integração dos resultados das variações temporais das taxas geraram fases negativas nas curvas cinéticas de liberação de gases. Supõe-se que esta fase inicial do experimento tenha se caracterizado pela adaptação e seleção dos microrganismos presentes nas amostras de água. Outro fator que pode ter influenciado para que ocorressem taxas globais de liberação de gases “com sinais negativos” (taxas de assimilação) seria o predomínio dos processos de imobilização sobre os de mineralização. Neste sentido, de acordo com SWIFT *et al.* (1979), como imobilização de um dado elemento entende-se como sendo sua incorporação ou manutenção na forma orgânica; por outro lado, a mineralização ocorre quando as formas inorgânicas de um dado elemento são liberadas durante o catabolismo de um recurso. De acordo com estas hipóteses, os processos de mineralização suplantariam os de imobilização principalmente a partir da adaptação das populações dos decompositores, iniciando-se assim, de modo mais efetivo, os registros das liberações de gases.

Na seqüência (a partir, aproximadamente do 20º dia), uma segunda fase pode ser identificada, na qual verifica-se que as taxas liberações de gases excederam substancialmente as de consumo, gerando as taxas globais com sinal positivo (formação de gases) e conseqüentemente, incrementos sucessivos

nos valores dos resultados referentes ao acúmulo de gases formados. Na observação dos resultados apresentados através das Figuras 2, 3, 6 e 7 verifica-se que na decomposição de *S. cubensis* e de *C. piauhyensis* esta fase perdurou até o 100º dia.

Durante o processo de degradação de *Salvinia* sp é possível verificar, ainda que, após aproximadamente do 60º dia, houve a ocorrência de uma terceira fase na cinética de formação de gases (Figuras 4 e 5), na qual o processo de acúmulo apresentou uma tendência de estabilização. Neste sentido, a estabilização pode ter ocorrido pela interrupção dos processos de formação e de consumo de gases, pela equivalência das taxas de mineralização com as de imobilização ou, ainda, pela exaustão de algum elemento mineral. Dentre estas três possibilidades, supõe-se que a segunda hipótese seja a mais provável. Neste caso, acredita-se que este estágio tenha sido atingido quando os compostos de mais fácil degradação foram exauridos, restando apenas os compostos de decomposição mais difícil (por exemplo: lignina, celulose e compostos húmicos), neste contexto, os microrganismos se voltaram para o metabolismo dos gases e compostos refratários (dissolvidos e particulados), resultando na tendência de equilíbrio ou mesmo de queda no processo de liberação de gases.

## CONCLUSÕES

De acordo com as condições experimentais adotadas, os resultados obtidos permitem concluir que: 1) Para a decomposição anaeróbia de *S. cubensis*, *Salvinia* sp e *C. piauhyensis* os meios redutores favoreceram a ocorrência e a intensidade das taxas de assimilação de gases e a atmosfera neutra favoreceu a ocorrência e intensidade das taxas de formação de gases; 2) A composição dos detritos pode influenciar quantidade de gases, nesse sentido, os detritos de *S. cubensis* geraram os maiores volumes, seguidos, em ordem decrescente, pelos de *C. piauhyensis* e de *Salvinia* sp. e 3) De modo geral, o desenvolvimento da formação de gases foi constituído por 3 fases: etapa de adaptação dos microrganismos (predominância dos processos de imobilização), etapa com altas taxas de formação, caracterizada pela predominância dos processos de mineralização e etapa com baixas taxas de formação (equivalência entre as taxas de mineralização e de imobilização).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLESTER, M. V. R. Dinâmica de gases biogênicos (CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) em ecossistemas aquáticos da planície de inundação do rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica de Jataí, São Paulo). São Carlos: UFSCar, 1994. 169 p. (Tese de doutorado)
- BENNER, R., MORAN, M.A., HODSON, R. Effects of pH and plant source on lignocellulose biodegradation rate in two wetland ecosystems, the

- Okefenokee swamp and a Georgia salt marsh. Limnol. Oceanogr., v. 30, n. 3, p. 489-499, 1985.
- BENNER, R., MORAN, M. A., HODSON, R. E. Biogeochemical cycling of lignocellulosic carbon in marine and freshwater ecosystems: relative contributions of procaryotes and eucaryotes. Limnol. Oceanogr., v. 31, n. 1, p. 89-100, 1986.
- BIANCHINI Jr., I. Contribuição ao estudo da decomposição de plantas aquáticas. São Carlos: UFSCar, 1982. 178 p. (Dissertação)
- BIANCHINI Jr., I., TOLEDO, A. P. P. Decomposição de macrófitas aquáticas: estudo da variação do pH e densidade óptica, sob diferentes condições de atmosfera e luminosidade. An. Sem. Reg. Ecol. V São Carlos: UFSCar, 1988. 364 p. 167-181
- BREZONIK, P. L. Chemical kinetics and process dynamics in aquatic systems. Boca Raton: Lewis, 1994. 754 p.
- CUNHA, M. B., BIANCHINI Jr., I. Mineralização de carboidratos da degradação de duas espécies de macrófitas aquáticas. An. Sem. Reg. Ecol. VIII São Carlos: UFSCar, no prelo.
- DE LA CRUZ, A. A., GABRIEL, B. C. Caloric, Elemental, and Nutritive Changes in Decomposing *Juncus Roemerianus* Leaves. Ecology, v. 55, p. 882-886, 1974.
- DIAS Jr., C. Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na lagoa do Infernãõ (SP). São Carlos: UFSCar, 1990. 108 p. (Dissertação)
- FERESIN, E. G. Nitrificação em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Infernãõ, Estação Ecológica de Jataí - Luiz Antônio, SP). São Carlos: UFSCar, 1991. 69 p. (Dissertação)
- GIANOTTI, E. P. Desnitrificação em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu, Lagoa do Infernãõ (Estação Ecológica de Jataí - Município de Luiz Antônio - SP). São Carlos: UFSCar, 1994. 298 p. (Tese de doutorado)
- LEVENSPIEL, O. Engenharia das reações químicas. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 211p.
- SOROKIN, Y. I., KADOTA, H. Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh water. IBP n° 23. Oxford: Blackwell, 1972. 112 p.
- SWIFT, M. J., HEAL, D.W., ANDERSON, J.M. Studies in ecology: Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell. 1979. 371 p.

WETZEL, R. G. Limnology. Philadelphia: Saunders. 1983. 743 p.

---

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo (modalidade: Mestrado), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio concedido (proc. nº 95/0119-8) e ao Prof. Dr. Luís Fernando de Moura (Departamento de Engenharia Química, UFSCar) pelos auxílios dispensados durante as fases de testes e de implantação do método manométrico.

#### ENDEREÇO DOS AUTORES

Universidade Federal de São Carlos, Via Washington Luiz, km 235, Cx. Postal 676, São Carlos, SP. 13565-905  
email: [pjjfc@iris.ufscar.br](mailto:pjjfc@iris.ufscar.br) e/ou [irineu@power.ufscar.br](mailto:irineu@power.ufscar.br)

Tabela I - Características morfométricas da Lagoa do Infernão (BALLESTER, 1994)

---

Área	0,0305 km <sup>2</sup>
Volume	66185,0 m <sup>3</sup>
Profundidade máxima	4,9 m
Profundidade média	2,1 m
Comprimento máximo efetivo	325,0 m
Largura máxima efetiva	96,0 m
Índice de desenvolvimento de margens	2,2
Área da Bacia de Drenagem	1.494 km <sup>2</sup>

---

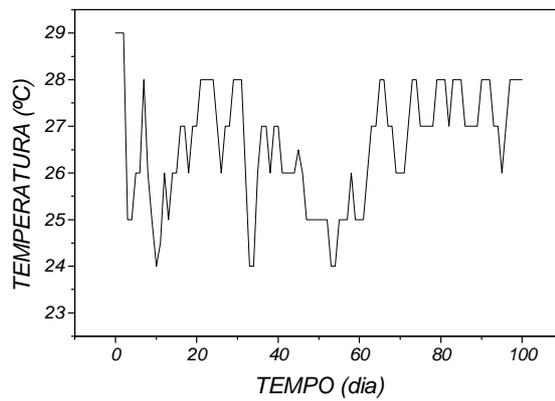


Figura 1 - Variação temporal da temperatura nas câmaras de decomposição.

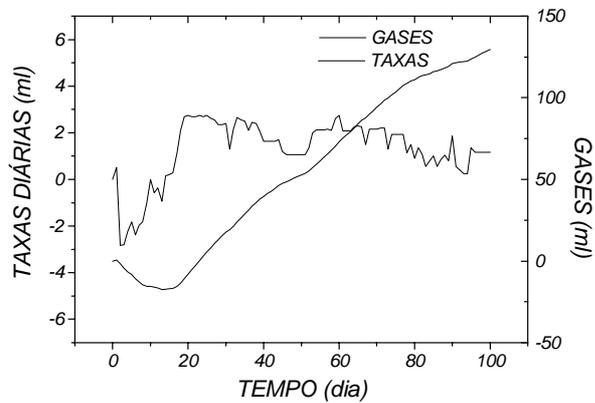


Figura 2 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbia de *Scirpus cubensis*, sob atmosfera de hidrogênio.

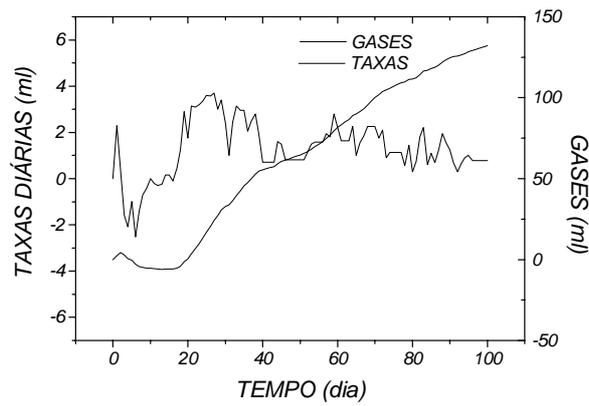


Figura 3 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbica de *Scirpus cubensis*, sob atmosfera de nitrogênio.

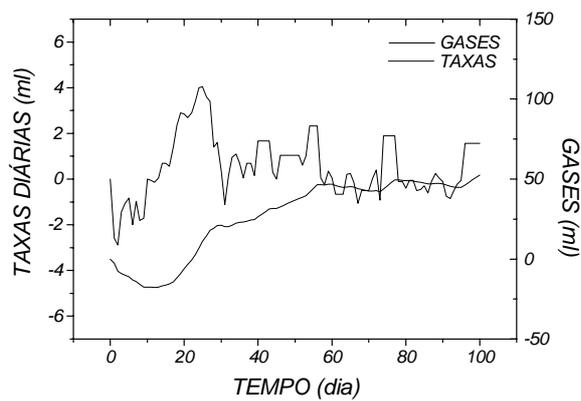


Figura 4 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbica de *Salvinia* sp, sob atmosfera de hidrogênio.

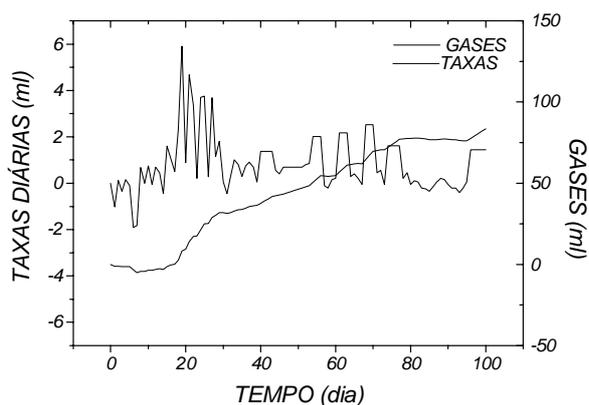


Figura 5 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbia de *Salvinia* sp, sob atmosfera de nitrogênio.

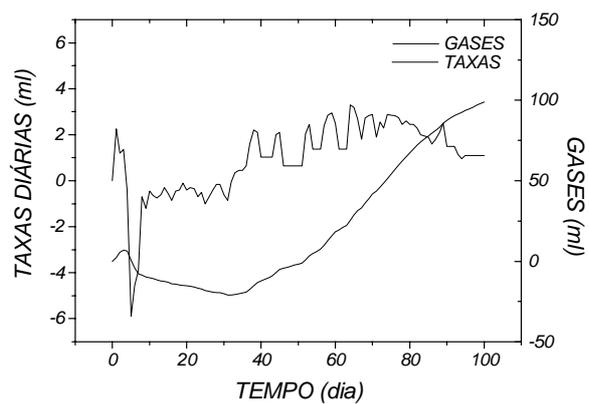


Figura 6 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbia de *Cabomba piauhyensis*, sob atmosfera de hidrogênio.

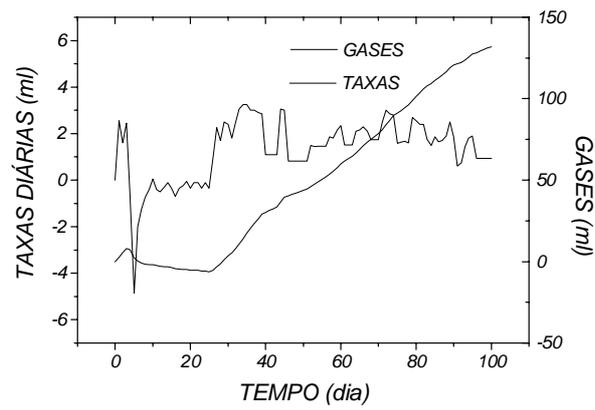


Figura 7 -Variações das taxas de liberação e do volume acumulado de gases, formados durante a decomposição anaeróbia de *Cabomba piauhyensis*, sob atmosfera de nitrogênio.