

ESTUDO DA MINERALIZAÇÃO DE *Eleocharis mutata*.

BIANCHINI Jr., I. & TOLEDO, A. P. P.

Nesse estudo descreve-se a mineralização de uma espécie de macrófita aquática (*Eleocharis mutata*) e discute-se alguns efeitos de sua decomposição na Represa do Lobo (22°15' S, 47°49' W). Para tanto foram realizados ensaios, em laboratório, através da montagem de 10 câmaras de decomposição. Os processos cinéticos da decomposição foram descritos a partir das quantificações de matéria orgânica particulada e dissolvida. A evolução temporal do CO₂ foi estimada através da diferença entre o conteúdo inicial e final de matéria orgânica das amostras. A partir dos resultados obtidos desenvolveu-se dois modelos matemáticos, através dos quais discute-se aspectos referentes aos fluxos de matéria orgânica no reservatório, decorrentes da decomposição de *E. mutata*.

MINERALIZATION STUDY OF *Eleocharis mutata*. A mineralization experiment was carried out in 10 reactors with the aquatic macrophyte *Eleocharis mutata*, from Lobo Reservoir (22° 15' S, 47°49' W), in the ratio of 10 g of dried plant for 1 liter of previous filtered reservoir water. The assay was accompanied through particulate and dissolved organic matter measurements. The CO₂, derived from the oxidations processes, was evaluated by the difference between the initial and final organic matter content of samples. From the results, two mathematical models were developed, with allowed to discuss some aspects of *E. mutata* mineralization pathways in Lobo Reservoir (Broa).

INTRODUÇÃO

Dependendo da magnitude e das formas pelas quais se processam os aportes de detritos de plantas aquáticas, tais contribuições podem gerar alterações significativas nas características físicas, químicas e biológicas das águas e dos sedimentos.

Com relação aos processos de degradação dos detritos supõe-se que as alterações nos sistemas límnicos ocorram devido a solubilização de nutrientes e compostos orgânicos, a formação e acúmulo de compostos húmicos, ao aumento da demanda por oxigênio dissolvido e ao acúmulo de detritos particulados nos sedimentos.

A primeira etapa da decomposição da matéria orgânica particulada constitui-se na ruptura celular, através da qual ocorre o processo de solubilização que, por sua vez, pode remover cerca de 20 a 40% da biomassa original, em 24 horas (THURMAN, 1985). Em virtude dessa significativa liberação de compostos orgânicos e elementos minerais durante os estágios iniciais da decomposição, as macrófitas aquáticas podem constituir em importante fonte de matéria orgânica para os sistemas aquáticos (WETZEL, 1983).

Quantidades apreciáveis desta matéria orgânica dissolvida (MOD) e nutrientes são assimiladas diretamente pela microflora, gerando a biomassa de microrganismos e CO₂. No entanto, frações não consumidas sofrem modificações através da ação microbiana e condensações químicas que resultam na formação de compostos húmicos.

(1) PPG-ERN/ Depto. Hidrobiologia - UFSCar, SP.

(2) PPG-ERN/ Depto. Química - UFSCar, SP.

Devido a esses processos, nos sistemas aquáticos são encontradas duas classes de material orgânico, uma de natureza química bem definida (por exemplo: aminoácidos, carboidratos, ácidos orgânicos, etc.) e o húmus, de natureza heterogênea, polifuncional e com diferentes graus de polimerização (TOLEDO, 1973).

Uma vez que tais substâncias originam-se numa etapa intermediária entre a decomposição e a mineralização completa dos recursos orgânicos e que, os processos envolvidos são relativamente lentos quando comparados aos de fixação de carbono, tais produtos da decomposição podem permanecer no sistema durante vários anos e, ainda, possuem características que os fazem interagir com a biota, bem como alterar as condições físicas e químicas do meio (BIANCHINI Jr., 1982). Nesse sentido, vale ressaltar que mesmo tidos como compostos refratários, devido sua abundância nos sistemas naturais, estima-se que 80% do carbono que mantém o bacterioplâncton, em lagoas marginais, brejos e pântanos sejam provenientes dos compostos húmicos (WETZEL, com. pess.).

Desse modo, o conhecimento dos mecanismos relacionados com a mineralização dos recursos orgânicos torna-se de fundamental importância para o entendimento dos processos metabólicos envolvidos com o ciclo do carbono nos sistemas aquáticos.

Nesse sentido, o ensaio de degradação/mineralização da macrófita aquática *Eleocharis mutata* desenvolvido nesse trabalho, basicamente, visa:

1. Acompanhar o destino das diferentes frações de detritos a partir da análise do material remanescente.
2. Estruturar modelos teóricos (cinéticos) que descrevam o fluxo de biomassa detrital que ocorre durante o processo de mineralização.

A partir dos resultados obtidos e dos modelos desenvolvidos, esse trabalho tem também por objetivo, discutir aspectos relacionados com o consumo de oxigênio decorrente da mineralização de *E. mutata* para a Represa do Lobo (Broa), sistema aquático no qual tais plantas foram colhidas

MATERIAIS E MÉTODOS

As plantas aquáticas utilizadas nesse ensaio foram coletadas na Represa do Lobo (Broa), que se localiza na divisa dos municípios de Brotas e Itirapina (22° 15' S e 47° 49' W), no Estado de São Paulo.

Após a coleta as plantas foram lavadas com a própria água do reservatório, colocadas em sacos de polietileno e levadas ao laboratório, onde foram novamente lavadas com água corrente e, posteriormente, com água destilada, de acordo com os procedimentos usualmente recomendados para esse tipo de material (ALLEN *et al.*, 1974). Em seguida, foram secas em estufa de circulação forçada (a 60 °C) até peso constante.

O teor de celulose das plantas foi quantificado gravimetricamente, a partir do método sugerido por CLAMPTON e MAYNARD (1938), enquanto que para as determinações dos teores de lignina e lipídios foram adotados os procedimentos descritos por ALLEN *et al.* (1974).

Para a realização do ensaio foram montadas 10 câmaras de decomposição (reatores) em frascos de, aproximadamente, 600 ml. A montagem das câmaras consistiu da adição de 5 g de planta

(previamente secas e moídas) a 500 ml de água da represa (pré-filtrada em papel de filtro), seguindo dessa maneira as proporções sugeridas por BIANCHINI Jr. (1982; 1985) e BIANCHINI Jr. *et al.* (1988). Durante o transcorrer do ensaio, os reatores foram mantidos sob aeração e a cada dia de amostragem (1, 3, 5, 10, 15, 21, 30, 60, 90 e 120 dias) desmontava-se uma das câmaras para a coleta e quantificação das frações de matéria orgânica.

As frações de matéria orgânica particulada foram quantificadas por gravimetria, a partir do material retido em rede de "nylon" de 0,4 mm de tamanho de malha ($MOP > 0,4$). Após separados, esses resíduos foram secos (a 60 °C) até peso constante e submetidos a calcinação (a 450 °C por 2 horas), para ter descontado seu peso de cinzas. As frações de matéria orgânica particulada menores que 0,4 mm ($MOP < 0,4$) foram separadas dos compostos dissolvidos por centrifugação (4.225 g por 2 horas) da mistura previamente filtrada. Em seguida, foram secas (até peso constante) e calcinadas. Os teores totais de matéria orgânica particulada (MOP_T) foram estimados a partir da adição das frações de $MOP > 0,4$ e $MOP < 0,4$ mm.

Para a quantificação gravimétrica do resíduo seco da água evaporava-se (a 60 °C), até peso constante, alíquotas do sobrenadante. Os teores de matéria orgânica dissolvida foram estimados após a calcinação das amostras de resíduo seco.

Uma vez que cada frasco se constituía em um sistema fechado de decomposição, as frações de matéria orgânica consumidas (MOC) pelas oxidações, isto é, as frações convertidas em CO_2 foram estimadas através da seguinte igualdade:

$$MOT = MOP_T + MOD + MOC \dots\dots\dots \text{(Equação 1)}$$

onde:

- MOT = quantidade inicial de matéria orgânica;
- MOP_T = matéria orgânica particulada total;
- MOD = matéria orgânica dissolvida;
- MOC = matéria orgânica consumida (convertida a CO_2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Tabela I apresentam-se os resultados das análises químicas efetuadas com *Eleocharis mutata*. Através desta tabela é possível, também, a comparação dos valores obtidos neste estudo com os estimados por BOYD (1968), LINN *et al.* (1975) e HAWARD-WILLIAMS e JUNK (1977) para espécies desse gênero. Segundo estes resultados nota-se esse gênero caracteriza-se por conter uma matriz lignocelulósica que corresponde por, aproximadamente, 82% do teor total de matéria orgânica. A análise da composição química deste gênero permite supor que os detritos destas plantas devam possuir uma elevada resistência aos processos de decomposição, em comparação com as de outros gêneros de macrófitas aquáticas. Se os lipídios forem vistos como potenciais recursos energéticos para os processos degradativos, os baixos teores registrados podem ser interpretados como outra característica estrutural que levaria a refratibilidade destes detritos. Em termos de inorgânicos totais (cinzas), nota-se que as variações registradas são da mesma ordem de grandeza que as apresentadas por LITTLE (1979) para um grande número de espécies de plantas aquáticas, não devendo se caracterizar, portanto, como um agente diferencial deste gênero para a refratibilidade de seus detritos.

Com base nos resultados experimentais obtidos estruturou-se dois modelos conceituais, com diferentes graus de detalhamento, que descrevessem as rotas de formação de CO_2 durante o

processo aeróbio de mineralização de *Eleocharis mutata*. O primeiro modelo pressupõe que a mineralização dessa espécie de macrófita seja constituída pelos seguintes processos simultâneos (Figura 1A):

1. solubilização de compostos orgânicos particulados de fácil oxidação (MOP₁), constituintes das frações protoplasmáticas (por exemplo: carboidratos, proteínas, peptídeos e polifenóis);
2. solubilização de compostos orgânicos particulados de difícil oxidação e/ou que se tornaram refratários por ressíntese (MOP₂), como por exemplo: melanóides, flavonóides, glicosídeos, compostos húmicos, etc.;
3. oxidação das frações lábeis (facilmente oxidáveis) da matéria orgânica dissolvida (MOD_L);
4. oxidação das frações solúveis refratárias e/ou que se tornaram refratárias, de matéria orgânica (MOD_R);
5. oxidação das frações lábeis da matéria orgânica particulada (MOP_L), como por exemplo, amidos e outros compostos de reserva, com alto valor energético e baixa solubilidade;
6. oxidação das frações refratárias e/ou que se tornaram refratárias de matéria orgânica particulada (MOD_R), como por exemplo: lignina, celulose e compostos húmicos.

TABELA I. Análise de alguns constituintes estruturais em espécies do gênero *Eleocharis*. (% de Peso Seco)

ESPÉCIE	Lignina (%)	Celulose (%)	Lipídios (%)	MOT (%)	Cinzas (%)	FONTE
<i>E. acicularis</i>	-	27,9	3,59	90,1	9,90	BOYD (1968)
<i>E. mutata</i>	45,4	26,1	1,30	87,6	12,35	esse estudo
<i>E. smalli</i>	-	-	2,19	98,4	1,64	LINN <i>et al</i> (1975)
<i>E. variegata</i>	-	-	-	86,2	13,80	HOWARD-WILLIAMS e JUNK (1977)

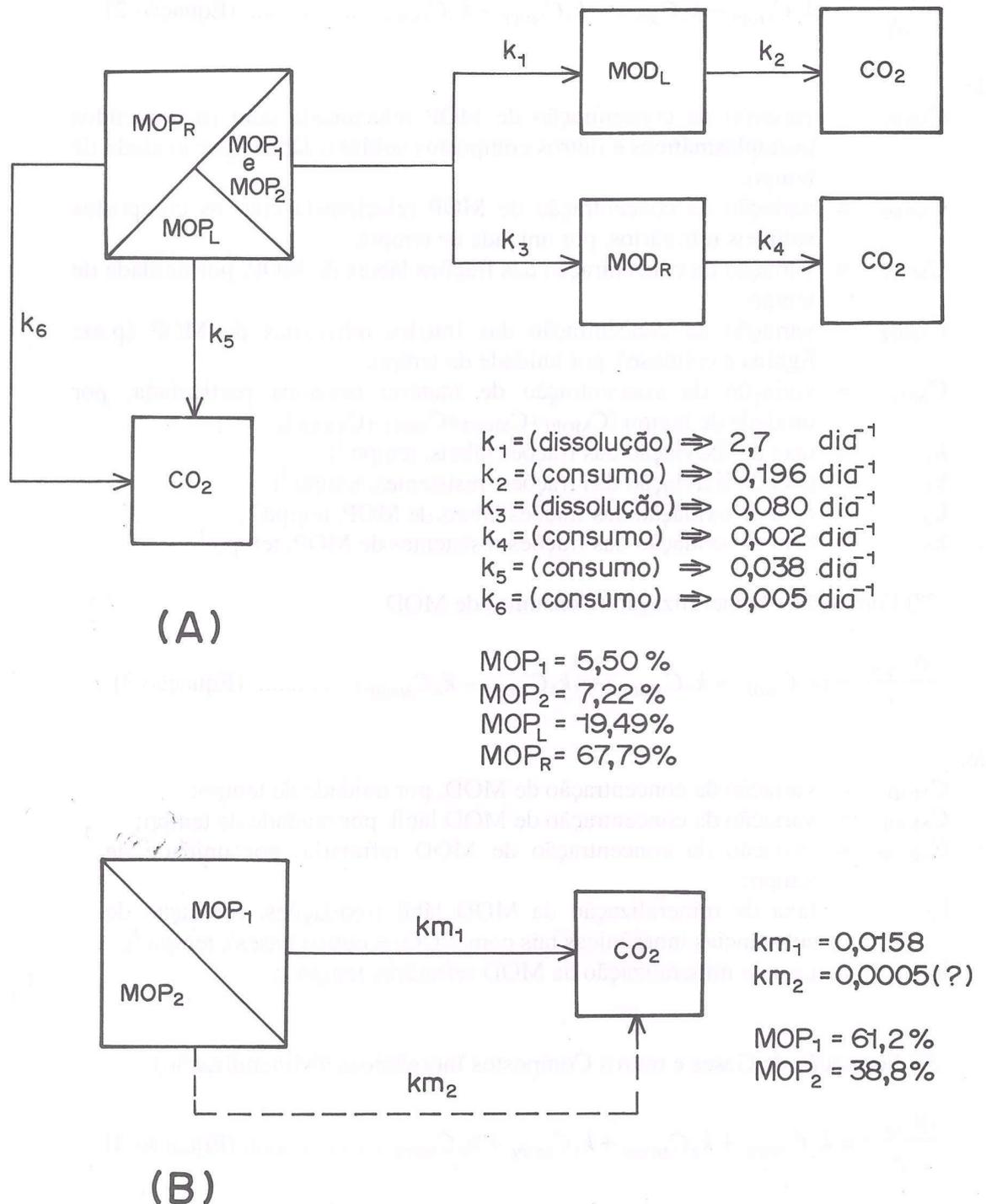


FIGURA 1. Modelos cinéticos propostos para a descrição da mineralização de *E. mutata*.

Considerando que os mecanismos envolvidos com a decomposição sejam regidos por cinéticas de primeira ordem, é possível descrever os processos anteriormente expostos através do seguinte conjunto de equações:

1º) Decaimento da MOP (processos de lixiviação e mineralização)

$$\frac{dC_{MOP}}{dt} = -k_1 C_{MOP1} - k_3 C_{MOP2} - k_5 C_{MOPL} - k_6 C_{MOPR} \dots\dots\dots \text{(Equação 2)}$$

onde:

- C_{MOP1} = variação da concentração de MOP relacionada com os conteúdos protoplasmáticos e outros compostos solúveis lábeis, por unidade de tempo;
- C_{MOP2} = variação da concentração de MOP relacionada com os compostos solúveis refratários, por unidade de tempo;
- C_{MOPL} = variação da concentração das frações lábeis de MOP, por unidade de tempo;
- C_{MOPR} = variação da concentração das frações refratárias de MOP (p.ex: lignina e celulose), por unidade de tempo;
- C_{MOP} = variação da concentração de matéria orgânica particulada, por unidade de tempo ($C_{MOP1} + C_{MOP2} + C_{MOPL} + C_{MOPR}$);
- k_1 = taxa de lixiviação das frações lábeis, tempo⁻¹;
- k_3 = taxa de lixiviação das frações resistentes, tempo⁻¹;
- k_5 = taxa de oxidação das frações lábeis de MOP, tempo⁻¹;
- k_6 = taxa de oxidação das frações resistentes de MOP, tempo⁻¹.

2º) Formação e Mineralização (Consumo) de MOD

$$\frac{dC_{MOD}}{dt} = (k_1 C_{MOD1} - k_2 C_{MODL}) + (k_3 C_{MOD2} - k_4 C_{MODR}) \dots\dots\dots \text{(Equação 3)}$$

onde:

- C_{MOD} = variação da concentração de MOD, por unidade de tempo;
- C_{MODL} = variação da concentração de MOD lábil, por unidade de tempo;
- C_{MODR} = variação da concentração de MOD refratária, por unidade de tempo;
- k_2 = taxa de mineralização da MOD lábil (oxidações, formação de substâncias inorgânicas tais como: CO₂ e outros gases), tempo⁻¹;
- k_4 = taxa de mineralização da MOD refratária, tempo⁻¹;

3º) Formação de Gases e outros Compostos Inorgânicos (Mineralização)

$$\frac{dC_{MOC}}{dt} = k_2 C_{MODL} + k_4 C_{MODR} + k_5 C_{MOPL} + k_6 C_{MOPR} \dots\dots\dots \text{(Equação 4)}$$

onde:

- C_{MOC} = variação da concentração da matéria orgânica consumida, por unidade de tempo;

O segundo modelo foi gerado de acordo com uma hipótese mais abrangente, através da qual admite-se que o processo aeróbio de mineralização possa ser representado a partir dos seguintes processos simultâneos (Figura 1B):

1. oxidação das frações lábeis de matéria orgânica (MOP_1), que nesse caso, inclui as frações particuladas e as dissolvidas;

2. oxidação das frações refratárias de matéria orgânica particulada e dissolvida (MOP_2).

Admitindo-se, novamente, que os processos sejam de primeira ordem, esse modelo de mineralização de *E. mutata* pode ser descrito por meio das Equações 5 e 6.

1º) Decaimento da MOP (processos de lixiviação e mineralização)

$$\frac{dC_{MOP}}{dt} = -k_{m1}C_{MOP1} - k_{m2}C_{MOP2} \dots\dots\dots \text{(Equação 5)}$$

onde:

C_{MOP1} = variação da concentração de MOP relacionada com as frações lábeis, por unidade de tempo;

C_{MOP2} = variação da concentração de MOP relacionada com as frações refratárias, por unidade de tempo;

C_{MOP} = variação da concentração de matéria orgânica particulada, por unidade de tempo ($C_{MOP1}+C_{MOP2}$);

k_{m1} = taxa de mineralização das frações lábeis de MOP, tempo⁻¹;

k_{m2} = taxa de mineralização das frações resistentes de MOP, tempo⁻¹.

2º) Formação de Gases e outros Compostos Inorgânicos (Mineralização)

$$\frac{dC_{MOC}}{dt} = k_{m1}C_{MOP1} + k_{m2}C_{MOP2} \dots\dots\dots \text{(Equação 6)}$$

As taxas e porcentagens apresentadas na Figura 1 são os parâmetros resultantes dos ajustes dos modelos matemáticos, desenvolvidos segundo as hipóteses apresentadas. Por se tratar de um recurso orgânico com composição química heterogênea, a partir desta figura é possível observar a grande variação obtida entre os valores das taxas de cada processo. Nesse sentido, ressalta-se a importância da compartimentalização dos recursos em categorias com características similares, de modo a descrever, com maior precisão, as variações temporais dos substratos de interesse, a exemplo do proposto por MINDERMANN (1968), para detritos de plantas terrestres. É importante assinalar, também, que os processos cinéticos de primeira ordem representam de maneira satisfatória o decaimento de uma dada estrutura, ou categoria de estruturas com características similares, perdendo, em geral, representatividade quando empregados para descrever o decaimento do recurso como um todo, sem considerar a heterogeneidade de sua composição.

Desse modo, dentro dos estudos envolvidos com a reciclagem e mineralização de recursos orgânicos é importante identificar suas estruturas ou classes de estruturas, pois, devido a variabilidade da ordem de grandeza das taxas, os efeitos desses processos no ambiente são diferenciados no tempo e no espaço. Assim, no caso do balanço de oxigênio dissolvido de um dado ambiente aquático, deve-se descreve-lo a partir da mineralização das estruturas lábeis, uma vez que, as taxas de catabolismo das estruturas resistentes são, em geral, de ordem de grandeza menor que as de oxigenação (por difusão atmosférica, aporte de oxigênio dissolvido, etc.); não promovendo, portanto, consumo de oxigênio dissolvido de curto prazo mas, atuando como uma demanda basal do sistema.

Através da Figura 2 apresentam-se os resultados da variação de biomassa, no decorrer dos processos de mineralização dos detritos particulados, com base nas hipóteses assumidas no modelo cinético mais detalhado. Apresentam-se, também, em função do tempo, as contribuições relativas de cada uma das frações de MOP na constituição do detrito particulado como um todo. Os pontos apresentados no gráfico de variação temporal (Figura 2) correspondem aos valores obtidos no experimento e a curva aderida a estes (MOP_T) resulta do somatório de cada uma das frações particuladas, calculado a partir do modelo matemático correspondente a hipótese cinética mais elaborada.

A variação temporal dos teores de matéria orgânica dissolvida é apresentada através da Figura 3. A partir da qual verifica-se que, no início do ensaio, houve uma intensa liberação e consumo de MOD_L . Após, esse período, os processos predominantes foram os de liberação e oxidação das frações solúveis de matéria orgânica refratária. Por meio dessa figura apresenta-se, também, a contribuição relativa de cada uma das frações de MOD para o "pool" de compostos orgânicos dissolvidos, intermediários da mineralização de *Eleocharis mutata*; através da qual é possível verificar que após 20 dias de iniciado o experimento, a MOD era constituída somente por frações refratárias (MOD_R).

Convém ressaltar, ainda, que os pontos apresentados na Figura 3 correspondem aos valores experimentais e a curva aderida a estes (MOD_T) é resultante dos cálculos efetuados pelo modelo matemático, correspondente a primeira hipótese cinética (Figura 1A).

A contribuição relativa de cada uma das frações de matéria orgânica (definidas a partir da hipótese mais detalhada) para o conjunto de CO_2 formado é apresentada através da Figura 4. Nessa figura são apresentados, também, os resultados globais da mineralização de *E. mutata* de acordo com os dois conceitos cinéticos propostos.

Com base nos resultados obtidos (Figuras 1 e 2) verifica-se que em condições de laboratório, a perda de massa dos detritos particulados foi decorrente de dois processos distintos, ou seja, através da dissolução de compostos (taxas k_1 e k_3) e oxidação da matéria orgânica (taxas k_5 e k_6).

Nesse caso, a conversão direta dos detritos orgânicos particulados a elementos minerais está restrita aos processos oxidativos, que ocorrem no interior de suas estruturas, ou em sua superfície (reações químicas e/ou ataques enzimáticos). Por sua vez, a solubilização se constitui num mecanismo de transferência, através do qual demonstra-se que, dependendo das condições

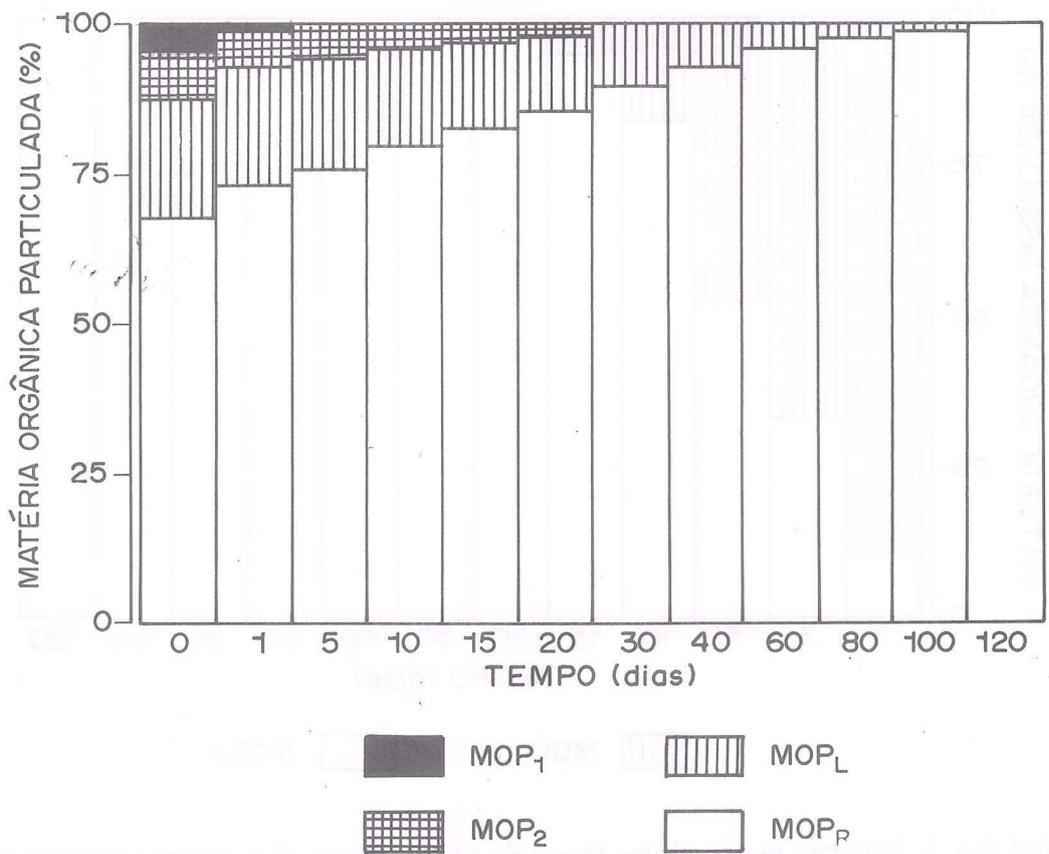
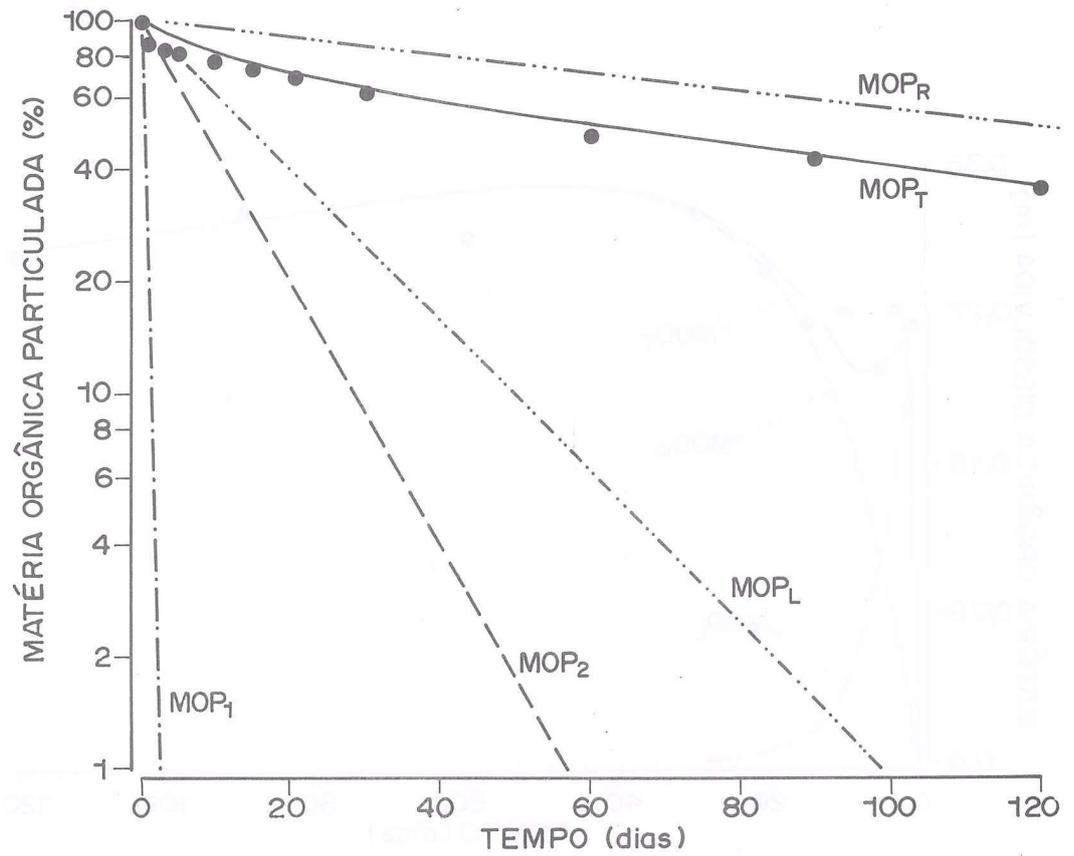


FIGURA 2. Variação temporal dos detritos orgânicos particulados (segundo o modelo cinético mais detalhado) e a contribuição relativa de cada fração na composição da MOP remanescente.

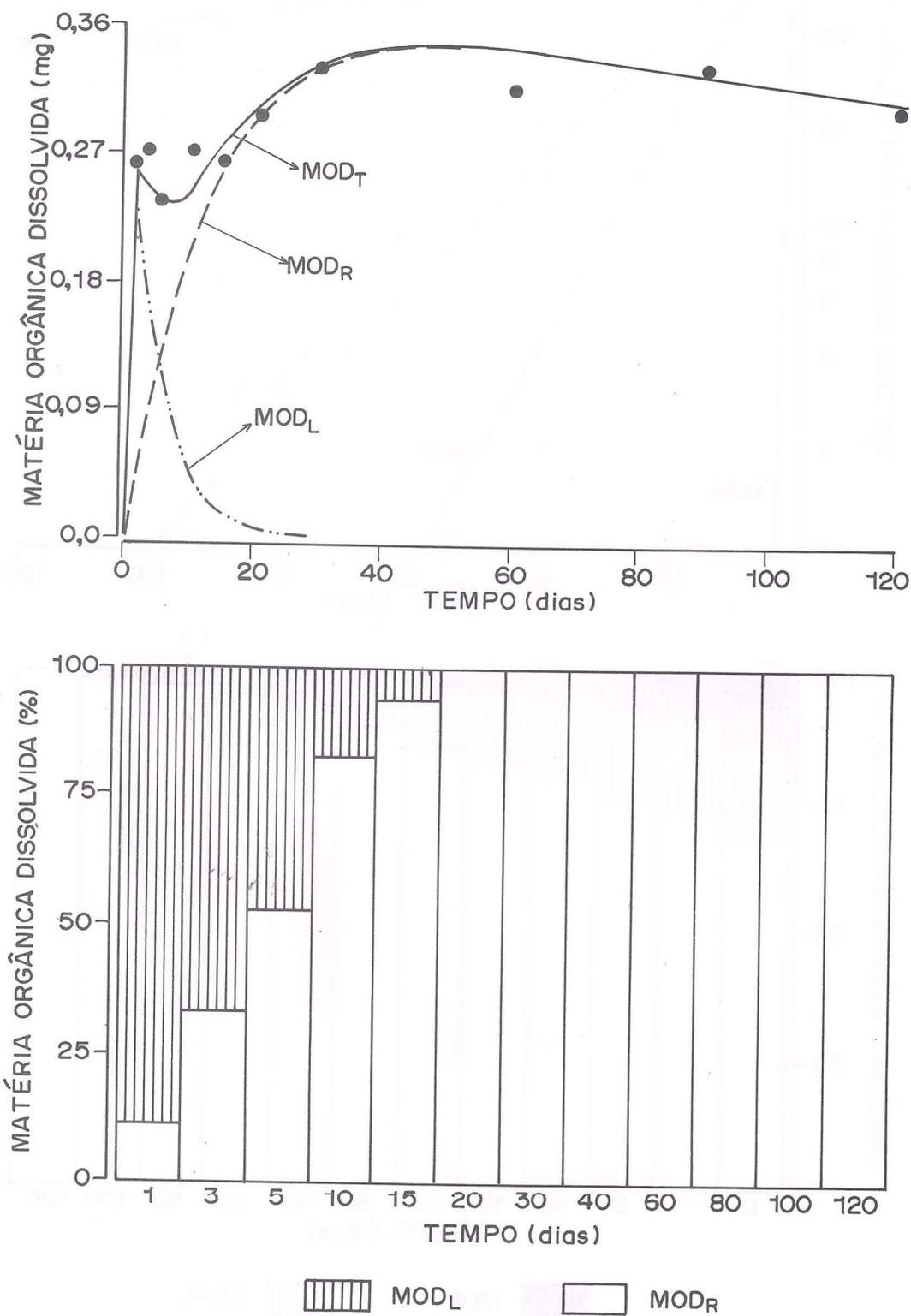


FIGURA 3. Variação temporal dos teores de MOD (segundo o modelo cinético mais detalhado) e a contribuição relativa de cada fração para o "pool" de matéria orgânica dissolvida.

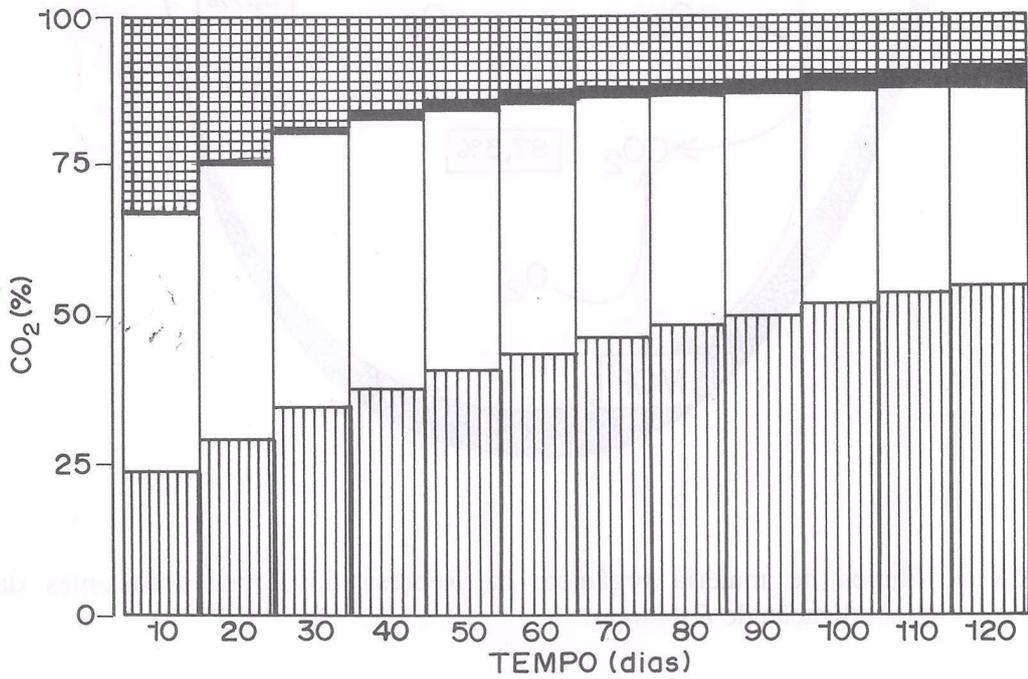
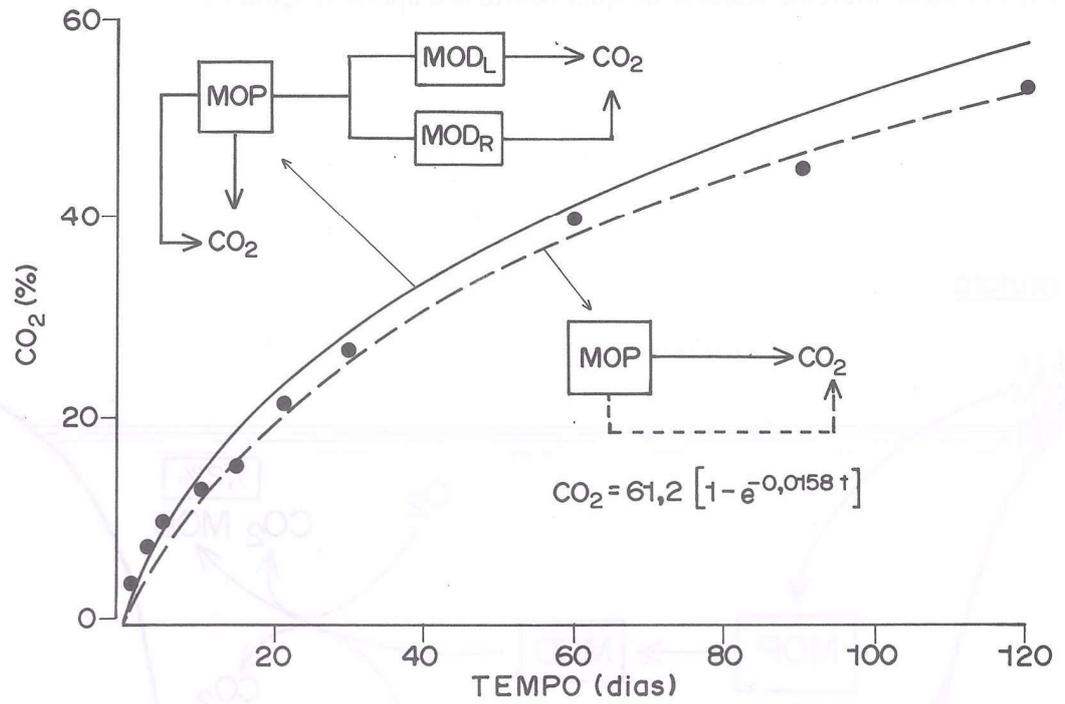


FIGURA 4. Mineralização de *Eleocharis mutata*, segundo os modelos propostos e a contribuição relativa de MOD e MOP, para a formação de CO₂.

hidrodinâmicas do reservatório, cerca de 13% biomassa de detritos de *E. mutata* pode ser mineralizada em local diferente daquele no qual ocorre seu aporte (Figura 5).

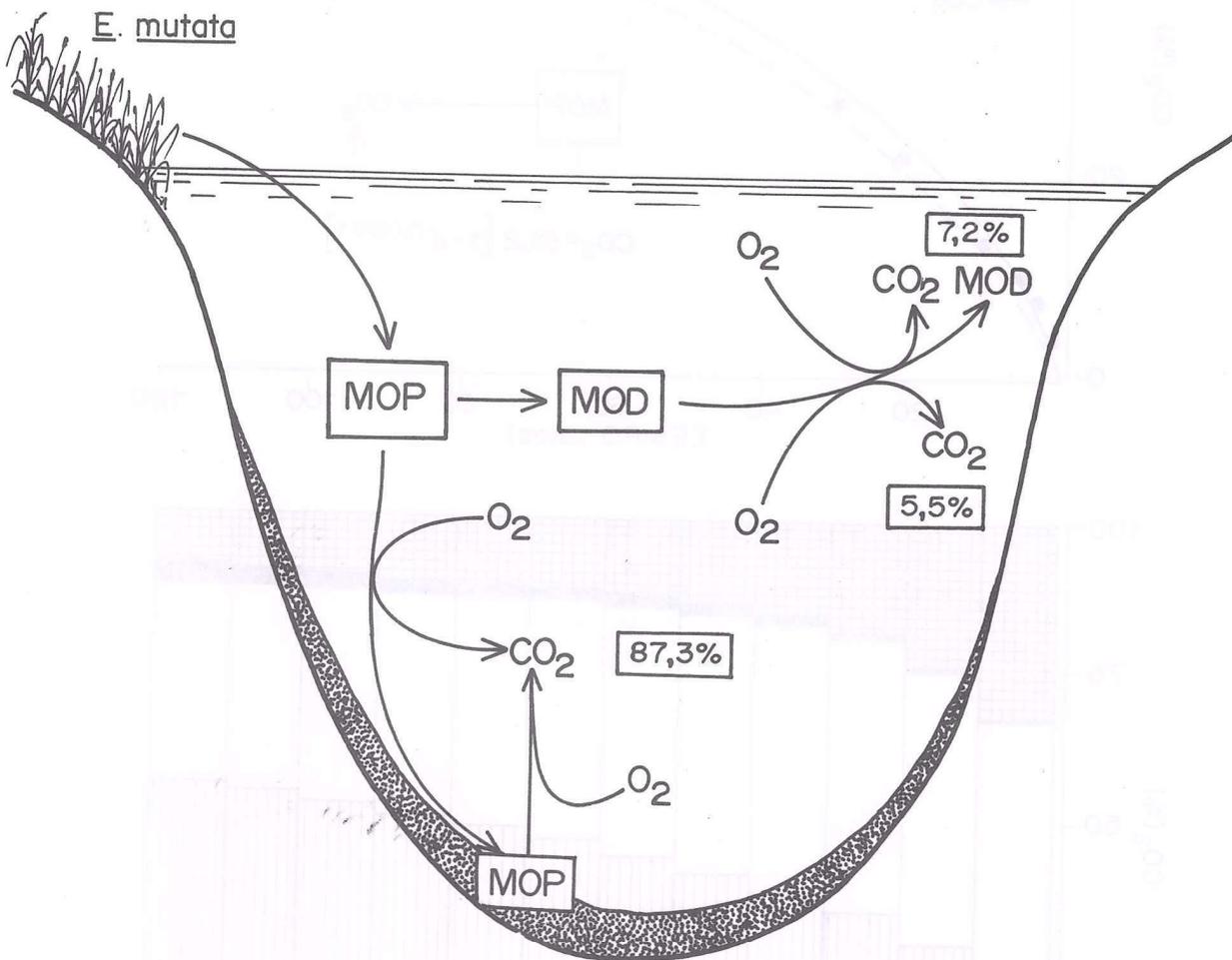


FIGURA 5. Fluxos de matéria orgânica, na Represa do Lobo decorrentes da mineralização de *E. mutata*.

Esses resultados indicam que em ensaios dessa natureza, usualmente realizados através do método dos "litter bags", podem superestimar o processo de mineralização, pois através desse método, não se dispõe de meios para a quantificação da oxidação da MOD e, geralmente, acaba-se por admitir que toda perda de massa do detrito decorra do processo de oxidação. Por outro lado, através do emprego de experimentos de laboratório, os processos de transformação da MOP ficam restritos somente a ação dos microrganismos, não considerando os possíveis sinergismos decorrentes da ação conjunta de outras comunidades.

A análise dos resultados indica, também, que embora as frações particuladas sempre contribuam, em termos absolutos, para a maioria do CO₂ formado, nas etapas iniciais do processo as frações lábeis solubilizadas (MOD_L) são as que mais são oxidadas, visto que apresentam uma

taxa de mineralização (k_2) da ordem de 5 a 39 vezes maior que as calculadas para MOP (k_5 e k_6). Provavelmente, esse evento decorra da natureza energética e/ou reativa das moléculas que constituem esse material. Nesse sentido, o processo de mineralização de MOD_L torna-se relevante para o reservatório pois poderá gerar, num curto período, grande demanda por oxigênio, uma vez que, a taxa desse processo é, cerca de, 4 vezes maior que a do fluxo hidráulico (taxa de diluição) do sistema. Por outro lado, é de se esperar que grandes quantidades de MOD_R sejam exportadas, uma vez que, a taxa média de fluxo hidráulico do reservatório é cerca de 25 vezes maior que a de sua oxidação. Outra fonte potencial de perda de MOD_R , refere-se aos processos de floculação, entretanto, esta é uma questão que, nesse sistema, ainda necessita ser aprofundada.

Em relação aos detritos particulados, supõe-se que no decorrer do tempo, as frações remanescentes sejam transformadas, principalmente, em compostos lignocelulosíticos de difícil degradação. Nesse sentido, as análises realizadas demonstram que já no início do ensaio, cerca de 82% da matéria orgânica particulada era constituída por lignina e celulose (Tabela 1) e no decorrer dos processos de mineralização é possível observar a predominância gradual das frações de MOP_R nos detritos (Figura 2).

No que se refere a baixa taxa de mineralização das frações refratárias solúveis (MOD_R), atribui-se como decorrência da transformação dessas substâncias em compostos húmicos (TOLEDO e BIANCHINI Jr., dados não publicados), que por sua vez tendem a se constituir, energeticamente, menos atrativos aos microrganismos e a possuir estruturas que dificultam os ataques enzimáticos.

Na comparação entre os valores das análises químicas (Tabela 1) e os resultantes da parametrização do modelo mais detalhado (Figura 1A), verifica-se que o somatório das frações "lábeis" e "refratárias" de MOP (87,3%) corresponde, aproximadamente, ao conjunto das frações de lignina, celulose e lipídios (83%) o que indica a sensibilidade do modelo proposto, uma vez que, o conteúdo de cada compartimento foi definido a partir dos cálculos de ajuste das velocidades (taxas).

Estudos específicos tem demonstrado que a baixa disponibilidade à decomposição/mineralização desses resíduos está, basicamente, relacionada com os seguintes fatores: 1) estrutura molecular que dificulta o ataque das exoenzimas (SWIFT *et al.*, 1979); 2) baixa solubilidade; 3) rearranjos e/ou polimerizações dos compostos intermediários das oxidações que acabam por gerar produtos estáveis, tais como os melanóides e compostos húmicos (SPRENSSEN, 1972; STEVENSON, 1982; BIANCHINI Jr. *et al.*, 1984); 4) grau de acidez do meio (BENOIT e STARKEY, 1968; BERG, 1978); 5) interferência dos produtos intermediários da mineralização na atividade enzimática (BENOIT e STARKEY, 1968; SWIFT *et al.*, 1979); 6) presença de lignina na forma combinada com celulose, que confere a essas substâncias uma maior resistência as atividades de microrganismos (SWIFT *et al.*, 1979).

Embora as frações particuladas sejam as que contenham, em média, as menores taxas de mineralização, os resultados obtidos indicam que, em comparação as frações de MOD, tais detritos se constituem, a longo prazo, na principal fonte de consumo de oxigênio dissolvido para o sistema. Uma vez que, cerca de 87% da matéria orgânica de *E. mutata* será, necessariamente, oxidada nos sedimentos do reservatório, local onde os processos hidrodinâmicos não favorecem sua exportação (Figura 5).

Na comparação entre os dois modelos propostos, verifica-se que numericamente os dois se mostraram satisfatórios (Figura 4), pois, os valores calculados estão relativamente bem aderidos aos pontos experimentais. Por conter menor quantidade de variáveis a serem parametrizadas, o ajuste decorrente do emprego do modelo mais abrangente representou a evolução dos processos de mineralização de maneira ligeiramente melhor. Entretanto, do ponto de vista qualitativo, o modelo mais abrangente não permite inferências tais como as efetuadas a partir da hipótese mais detalhada,

uma vez que ele não distingue as diversas rotas de formação de CO₂. Contudo, pode ser bem explorado caso se pretenda descrever, em termos globais, o consumo de oxigênio em função dos processos de mineralização.

CONCLUSÕES

De acordo com as condições experimentais adotadas, verifica-se que mais de 87% dos detritos de *E. mutata* devam ser processados no interior do reservatório, entretanto, com baixas taxas de mineralização. Devido suas características estruturais, durante a decomposição desta espécie de macrófita aquática os processos de lixiviação são pouco atuantes, no entanto, cerca de 43% da MOD lixiviada deve ser mineralizada no próprio reservatório, o restante supõe-se que integre o conjunto de substâncias húmicas dissolvidas do sistema e que seja mineralizado fora da represa do Lobo. Diante da baixa disponibilidade de matéria orgânica aos processos degradativos e a ordem de grandeza das taxas de mineralização nota-se que, se mantido o tamanho atual da população de *E. mutata*, dificilmente sua ciclagem poderia afetar o balanço de oxigênio dissolvido do reservatório, a não ser localmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S.E., GRIMSHAW, H.M., PARKINSON, J.A., QUARMBY, G. Chemical Analysis of Ecological Materials. Oxford: Blackwell, 1974. 565p.
- BENOIT, E. B., STARKEY, R. L. Inibition of decomposition of cellulose and some carbohydrates by tannin. Soil Sci. v. 105, p. 291-296, 1968.
- BERG, B. Cellulose degradation and cellulase formation by *Phialopora malonum*. Arch. Mikrobiol. v. 118, p. 61-63, 1978.
- BIANCHINI Jr., I. Contribuição ao Estudo da Decomposição de Plantas Aquáticas. São Carlos: UFSCar, 1982. 178 p. (dissertação)
- BIANCHINI Jr., I. Estudo da Humificação de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze. São Carlos: UFSCar, 1985. 285 p. (tese)
- BIANCHINI Jr., I.; TOLEDO, A. P. P., TOLEDO, S.H.P.P. Influência do tempo na variedade e quantidade de polifenóis dissolvidos, originados da decomposição de plantas aquáticas. In IV Seminário Regional de Ecologia, 1984, São Carlos. Anais do IV Sem. Reg. Ecol. São Carlos: UFSCar, 1985. 520 p. 167-181.

- BIANCHINI Jr., I.; ROCHA, M.G.B., TOLEDO, A.P.P. Estudo do fluxo de detritos a partir da decomposição de macrófitas aquáticas na represa do Lobo (BROA) - *Nymphoides indica*. *Limnologia e Manejo de Represas. Série: Monografias em Limnologia*. Ed. J. G. Tundisi. EESC-USP/CRHEA/ACIESP. Vol. I (Tomo 1: 506 p.) p.118-138. 1988
- BOYD, C. E. Fresh water plants: a potential source of protein. *Econ. Bot.* v. 22, p. 350-368, 1968.
- CLAMPTON, E. W., MAYNARD, L. A. The relation of cellulose and lignin content and nutritive value of animal feeds. *J. Nutrition*. v. 15, p. 383-395, 1938.
- HOWARD-WILLIAMS, C., JUNK, W. J. The chemical composition of central amazonian macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. *Arch. Hydrobiol.* v. 79, p. 446-464, 1977.
- LINN, J. G. *et al.* Nutritive value of dried or ensiled plants. 1. Chemical composition. *J. Anim. Sci.* v. 41, p. 601-609, 1975
- LITTLE, E.C.S. Handbook of Utilization of Aquatic Plants. FAO Fish. Tech. Pap. (187), 1979. 176p.
- MINDERMANN, G. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *J. Ecol.*, 56, p. 355-562, 1968.
- STEVENSON, F. J. Humus Chemistry. New York: Willey, 1982. 443p.
- SØRENSEN, L. H. Role of amino-acid metabolites in the formation of soil organic matter. *Soil Sci. Biol. Biochem.* v. 4, p. 245-255, 1972
- SWIFT, M. J., HEAL, D. W., ANDERSON, J. M. Studies in Ecology - Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Oxford: Blackwell, 1979. 371p.
- THURMAN, E. M. Organic Geochemistry of Natural Waters. Dordrecht: Nijhoff/Junk Po., 1985. 497p.
- TOLEDO, A. P. P. Contribuição ao Estudo Físico-Químico de Ácido Húmico Extraído de Sedimento. São Paulo: USP, 1973. 137p. (dissertação)
- WETZEL, R. G. Limnology. Philadelphia: Saunders, 1983. 767p.

Agradecimentos:

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento deste trabalho (Proc. FAPESP n° 85/1636-4).

Endereço dos autores:

Universidade Federal de São Carlos. Cx. Postal 676, 13565-905, São Carlos (SP), Brasil.
E-mail: IRINEU@POWER.UFSCAR.BR.