

ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS AQUÁTICAS EM FUNÇÃO DAS QUANTIDADES DEPOSITADAS, DA UMIDADE E DO TIPO DE DISPOSIÇÃO NO SOLO¹

Study on Aquatic Plant Decomposition Due to Amount Deposited, Moisture and Type of Placement in Soil

VELINI, E.D.², CORRÊA, M.R.³, NEGRISOLI, E.³, BRAVIN, L.F.N.⁴, CAVENAGHI, A.L.⁵, ROSSI, C.V.S.³ e SILVA, J.R.M.⁶

RESUMO - Um estudo foi realizado com a finalidade de avaliar a decomposição da biomassa de plantas aquáticas, incorporadas ou não ao solo, provenientes do controle mecânico, no reservatório da UHE Americana. O ensaio foi realizado em casa de vegetação, localizada no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) da FCA/Unesp-Botucatu. A avaliação foi conduzida em vasos contendo 14 kg de solo, simulando descartes de 50, 100, 150 e 200 t MF de plantas ha⁻¹ e avaliando o processo de decomposição através da liberação de CO₂, divididos em duas etapas: a primeira em solo seco e, a segunda, na seqüência, com o solo úmido. A quantificação do CO₂ liberado foi realizada através de titulação de solução adicionada ao processo de incubação de 24 horas dos vasos. Os dados foram interpolados e analisados seguindo modelo de Mitscherlich, com algumas modificações. Na primeira etapa, foi observada uma rápida liberação de CO₂ até o décimo dia, seguida de estabilização. O maior teor de CO₂ liberado foi observado no tratamento com descarte de 200 t MF ha⁻¹ incorporado ao solo. Os dados avaliados durante a segunda fase do ensaio representaram uma maior linearidade no processo de liberação de CO₂, indicando um período mais longo do processo de degradação da biomassa descartada.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, degradação, liberação de CO₂

ABSTRACT - A study was carried out to evaluate biomass decomposition of aquatic macrophytes incorporated or not into soil, due to mechanical control, at the Americana/SP UHE Reservoir. Analysis was performed in a greenhouse at the Weed Science Research Center (NUPAM), UNESP, Botucatu. Plastic vases containing 24 kg of soil were assessed by simulating discards of 50, 100, 150 and 200 t of fresh matter ha⁻¹. The decomposition process was evaluated by CO₂ release, divided into two stages: dry soil and wet soil. Quantification of released CO₂ was performed through titration of solution added to vase incubation. Data were interpolated and analyzed by Mitscherlich model with some modifications. A quick CO₂ release up to the 10th day was observed in the first stage (dry soil), followed by stabilization. The highest CO₂ content released was observed in the 200 t MF ha⁻¹ discard treatment incorporated into soil. Data assessed during the second stage (wet soil) showed a higher linearity in the CO₂ release process, indicating a longer period of discarded biomass decomposition.

Key words: aquatic macrophytes, degradation, CO₂ release.

¹ Recebido para publicação em 5.1.2005 e na forma revisada em 6.4.2005.

Trabalho financiado pela linha de P&D, ANEEL.

² Prof. Assistente Dr., Departamento de Produção Vegetal/Agricultura, FCA/UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu- SP, <velini@fca.unesp.br>; ³ Eng.-Agr., M.S., Programa de pós-graduação em Agricultura, Dep. de Produção Vegetal/Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu-SP. ⁴ Eng. Naval, M.S., Prof. Faculdade de Tecnologia de Botucatu - FATEC, Botucatu-SP. ⁵ Eng.-Agr., D.S., Dep. de Produção Vegetal/Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu-SP. ⁶ Graduando em Tecnologia em Gestão de Sistema de Informação, Faculdade Marechal Rondon - FMR, 18650-000 São Manuel-SP.



INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são importantes componentes de lagos, rios e reservatórios (Asaeda et al., 2000), pois constituem fonte de oxigênio, alimento e abrigo para a vida aquática (Velini, 2000; Miyazaki & Pitelli, 2003). Entretanto, a grande carga de esgotos residenciais e industriais favorece a eutrofização desses ambientes aquáticos, com conseqüente desequilíbrio, caracterizado pela disponibilidade de nutrientes, acelerando assim o crescimento da vegetação aquática indesejável (Greenway, 1997; Bitar, 1998).

Quando o desenvolvimento dessas plantas é intenso, acarreta prejuízos consideráveis, com grandes massas desses vegetais dificultando a navegação, pesca, recreação e entupindo tomadas de água das turbinas de usinas hidrelétricas. A partir desse momento, torna-se necessário o seu controle.

Algumas são as alternativas para o controle dessas espécies: o método químico, à base de produtos de ação herbicida, como diquat, glyphosate, 2,4-D e fluridone (Rimer, 1984; Martins, 1998); o biológico, utilizando espécies de peixes, mamíferos, insetos, ácaros e caramujos (Miyazaki & Pitelli, 2003); e o mecânico, com o uso de embarcações e equipamentos apropriados, com a finalidade de retirada da biomassa do corpo hídrico e descarte em ambiente terrestre (Velini, 2000).

No que se refere ao controle mecânico, apesar de ele apresentar algumas vantagens em relação aos demais, pela não-contaminação da água com componentes químicos ou tóxicos, algumas desvantagens podem ser citadas. A inespecificidade da operação causa danos à fauna e flora não-daninha, além da possibilidade de segmentação das plantas com propagação vegetativa, os quais são aspectos importantes a serem considerados.

No entanto, quando as plantas são transportadas até a margem, há a preocupação adicional em descartá-las sem que problemas ambientais sejam gerados. Conforme relatado por Velini (2000), as tentativas de se criar um uso para a biomassa a ser descartada têm sido infrutíferas, em razão das quantidades envolvidas e do elevado teor de água dessas plantas.

Com base nessas informações, foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar a degradação de biomassa de plantas aquáticas no solo, em grandes quantidades, provenientes de práticas de controle mecânico no reservatório da UHE Americana/SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação, no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) da FCA/UNESP – Botucatu, e constituiu-se em um experimento com delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. O estudo foi desenvolvido em duas fases: a primeira consistiu em estudar a liberação de CO₂ das plantas em solo seco, utilizando-se somente a umidade presente nas plantas. Após a estabilização do processo, iniciou-se uma segunda fase, em que se adicionava água em quantidade preestabelecida, e assim sucessivamente, quando necessário, por meio de avaliação visual do solo.

Amostras compostas de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Brachiaria subquadrifera*, coletadas no reservatório da UHE Americana, nas quantidades totais de 50, 100, 150 e 200 t matéria fresca ha⁻¹, foram acondicionadas em vasos plásticos com capacidade de 14 kg de solo, representando área de 0,0888 m². Quatro tratamentos consistiram de incorporação desse material ao solo, em quatro tratamentos manteve-se a massa fresca em cobertura no solo, e uma testemunha continha apenas solo. Após o processo de incorporação e acomodação da biomassa fresca nos vasos, iniciou-se o processo de determinação de liberação de CO₂ proveniente da degradação do referido material.

Para quantificação do CO₂ liberado, em cada vaso foi colocado um frasco contendo 20 mL de NaOH a 1 N, para retenção do gás. Depois disso, todos os vasos foram lacrados e incubados no escuro, em temperatura média de 25 °C. A leitura do CO₂ liberado foi feita 24 horas após a incubação, sendo o solo mantido em repouso por um período mínimo de 48 horas entre uma incubação e outra.

Posteriormente ao período de incubação, os frascos contendo NaOH foram retirados para titulação. Inicialmente foram adicionadas à

solução cinco gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 0,5%, titulada com HCl a 0,65 N. Após a primeira viragem, foram adicionadas cinco gotas de solução alcoólica de dimetil-*orange* a 0,1%. Quando a segunda viragem ocorria, era anotada a diferença de volume de HCl entre as duas viragens. Deve ser destacado que, entre as duas viragens (pHs de aproximadamente 8,3 e 6,7), todo o CO₂ encontrava-se na forma de HCO₃⁻. A quantificação do CO₂ liberado pôde ser calculada pela seguinte expressão:

$$g \text{ CO}_2 \text{ liberado} = N_{eq} \text{ CO}_2 \times 44$$

em que $N_{eq} \text{ CO}_2 = V_{(titulado)} (L) \times 0,65$.

O valor obtido pela expressão corresponde a g de CO₂ liberado vaso⁻¹, posteriormente convertido a kg CO₂ liberado ha⁻¹.

Os dados da titulação para quantificação de CO₂ liberado no processo de respiração foram interpolados, para que pudessem ser comparados a cada dia, durante todo o período de avaliação. Esses dados foram analisados seguindo o modelo de Mitscherlich. Entretanto, para que isso ocorresse, necessitou-se modificá-lo. Os modelos original e adaptado podem ser observados a seguir:

$$\text{Original} - Y = A x (1 - 10^{-C x (X+B)})$$

$$\text{Adaptado} - Y = A x (1 - 10^{-C x X})$$

em que Y = CO₂ liberado ajustado, em kg ha⁻¹; A = assíntota horizontal máxima do modelo original; C = concavidade da curva; e X = CO₂ liberado original, em kg ha⁻¹.

Com a finalização das avaliações dessa fase, deu-se início à segunda fase de avaliação do ensaio, com a adição de água no sistema em quantidade equivalente a uma chuva de 30 mm. Em seguida, no decorrer do ensaio, a umidade do solo foi monitorada visualmente e, quando necessário, foi adicionada uma quantidade equivalente à chuva de 10 mm, mantendo-se a umidade do solo em torno de 60% da capacidade de campo. O processo de avaliação da liberação de CO₂ a seguir foi o mesmo utilizado na primeira fase, com períodos de incubação, titulação e avaliação do comportamento degradativo das plantas.

Os dados da titulação para quantificação de CO₂ liberado no processo de respiração, durante esta fase, foram interpolados, para

serem comparados a cada dia, durante a avaliação. Para ajuste dos dados, estes foram analisados seguindo o modelo de Mitscherlich.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeira Fase

Os resultados referentes à liberação de CO₂ nos diferentes tratamentos, durante a primeira fase, podem ser observados nas Figuras 1 a 4, em que são comparados individualmente os respectivos tratamentos mantidos em solo seco.

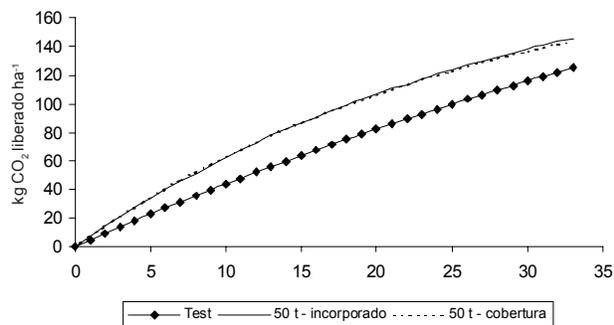
Para avaliação da liberação de CO₂ com a quantidade descartada de 50 t MF ha⁻¹ (Figura 1), tanto o tratamento com biomassa incorporada como aquele com biomassa mantida em superfície apresentaram comportamentos praticamente idênticos, com ligeira superioridade para o material incorporado ao solo, com acúmulo total de 291 kg CO₂ ha⁻¹ durante o período de avaliação.

Quando se avaliou a quantidade descartada de 100 t ha⁻¹ (Figura 2), foi observada similaridade no comportamento do processo degradativo nas duas condições. O tratamento com material incorporado apresentou maior liberação de CO₂ desde o início do ensaio, com liberação total acumulada de 412 kg ha⁻¹, durante os 33 dias avaliados. Esse resultado indica que, para essa quantidade de biomassa descartada e nessa condição de solo, a degradação do material incorporado mostrou-se mais acelerada e eficiente.

Avaliando a degradação para os tratamentos com 150 t ha⁻¹ (Figura 3), observou-se o contrário do visto anteriormente. Neste caso, a biomassa mantida na superfície do solo liberou mais CO₂, fazendo com que o processo degradativo fosse mais acentuado em comparação à testemunha e ao tratamento com material incorporado ao solo. A quantidade de CO₂ liberada e acumulada para este tratamento ficou em torno de 556 kg ha⁻¹, enquanto a testemunha liberou 250 kg ha⁻¹.

Ao avaliar a quantidade de CO₂ liberada nos tratamentos com descarte de 200 t MF ha⁻¹, percebeu-se uma inversão no comportamento deles (Figura 4). Observou-se que o tratamento em que a biomassa foi mantida na superfície



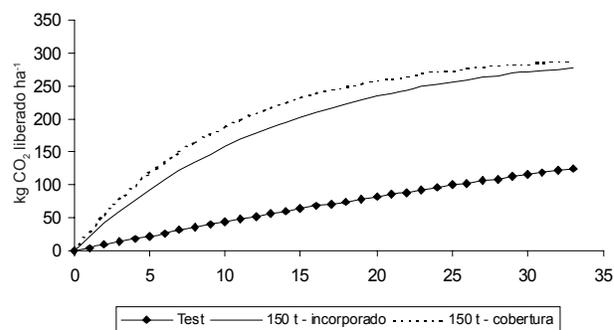


Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 348,0244$; $C = 0,00585$; $R^2 = 0,99$)

50 t ha⁻¹ incorporado ($A = 214,7507$; $C = 0,01490$; $R^2 = 0,99$)

50 t ha⁻¹ em cobertura ($A = 206,3582$; $C = 0,01574$; $R^2 = 0,99$)

Figura 1 - Liberação acumulada de CO₂ (kg ha⁻¹) durante a primeira fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 50 t MF ha⁻¹. Botucatu-SP, 2004.

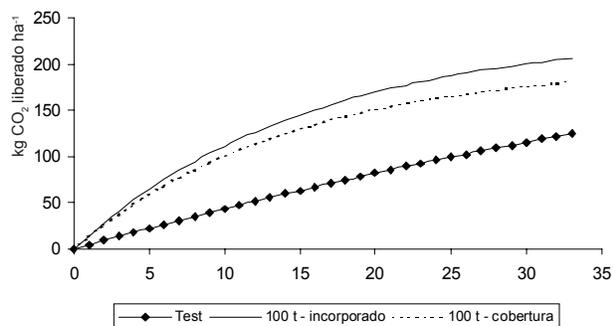


Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 348,0244$; $C = 0,00585$; $R^2 = 0,99$)

150 t ha⁻¹ incorporado ($A = 305,7298$; $C = 0,03169$; $R^2 = 0,99$)

150 t ha⁻¹ em cobertura ($A = 299,0735$; $C = 0,04345$; $R^2 = 0,99$)

Figura 3 - Liberação acumulada de CO₂ (kg ha⁻¹) durante a primeira fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 150 t MF ha⁻¹. Botucatu-SP, 2004.

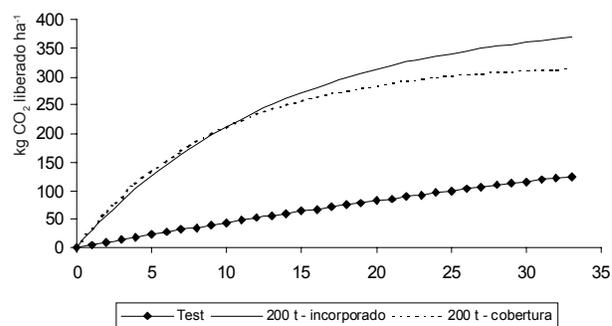


Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 348,0244$; $C = 0,00585$; $R^2 = 0,99$)

100 t ha⁻¹ incorporado ($A = 234,1296$; $C = 0,02806$; $R^2 = 0,99$)

100 t ha⁻¹ em cobertura ($A = 202,2261$; $C = 0,03006$; $R^2 = 0,99$)

Figura 2 - Liberação acumulada de CO₂ (kg ha⁻¹) durante a primeira fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 100 t MF ha⁻¹. Botucatu-SP, 2004.



Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 348,0244$; $C = 0,00585$; $R^2 = 0,99$)

200 t ha⁻¹ incorporado ($A = 404,0560$; $C = 0,03230$; $R^2 = 0,99$)

200 t ha⁻¹ em cobertura ($A = 323,8792$; $C = 0,04620$; $R^2 = 0,99$)

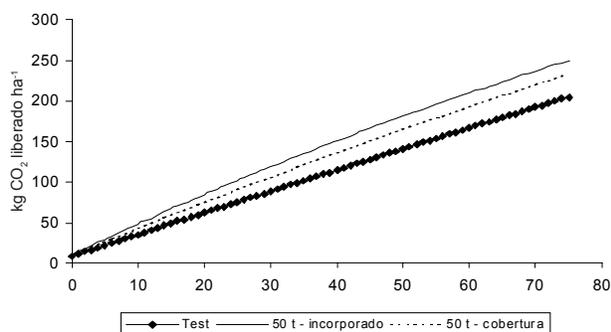
Figura 4 - Liberação acumulada de CO₂ (kg ha⁻¹) durante a primeira fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 200 t MF ha⁻¹. Botucatu-SP, 2004.

do solo apresentou rápida ascensão na liberação de CO₂ e degradação inicial até a estabilização do processo a partir do décimo dia. Ao contrário, quando as plantas foram incorporadas ao solo, esse processo de rápida estabilização não ocorreu, fazendo com que, ao final da avaliação, liberasse maior quantidade de CO₂: em torno de 740 kg ha⁻¹.

Pôde ser observada em todas as avaliações a rápida liberação inicial de CO₂, até o décimo dia, seguida de estabilização a partir desse momento. A maior quantidade de CO₂ liberada foi observada no tratamento com descarte e incorporação no solo de 200 t MF ha⁻¹, representando duas vezes e meia a observada com a menor quantidade (50 t MF ha⁻¹).

Segunda Fase

Os resultados referentes à liberação de CO_2 nos diferentes tratamentos, durante a segunda fase (com adição de água no sistema), podem ser observados nas Figuras 5 a 8, em que são comparados individualmente os respectivos tratamentos mantidos em solo com umidade em torno de 60%.

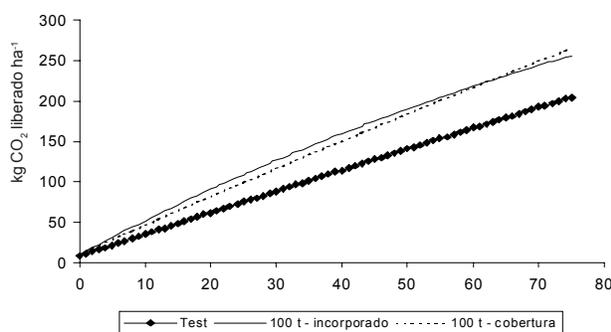


Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 3070,0526$; $B = 3,1159$; $C = 0,00038$; $R^2 = 0,99$)

50 t ha^{-1} incorporado ($A = 658,2125$; $B = 2,5417$; $C = 0,00253$; $R^2 = 0,99$)

50 t ha^{-1} em cobertura ($A = 1004,3546$; $B = 2,8980$; $C = 0,00147$; $R^2 = 0,99$)

Figura 5 - Liberação acumulada de CO_2 (kg ha^{-1}) durante a segunda fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 50 t MF ha^{-1} . Botucatu-SP, 2004.



Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 3070,0526$; $B = 3,1159$; $C = 0,00038$; $R^2 = 0,99$)

100 t ha^{-1} incorporado ($A = 548,8360$; $B = 2,1478$; $C = 0,00354$; $R^2 = 0,99$)

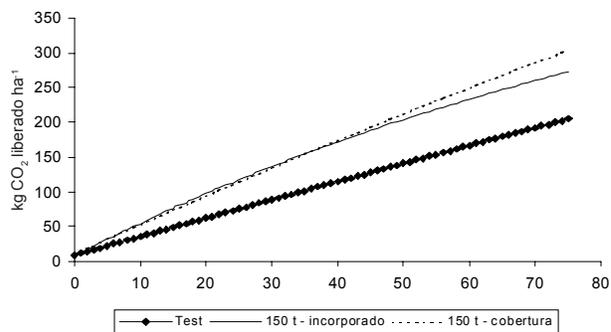
100 t ha^{-1} em cobertura ($A = 2290,5770$; $B = 3,1464$; $C = 0,00068$; $R^2 = 0,99$)

Figura 6 - Liberação acumulada de CO_2 (kg ha^{-1}) durante a segunda fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 100 t MF ha^{-1} . Botucatu-SP, 2004.



Na avaliação dos tratamentos com descarte de 50 t ha^{-1} (Figura 5), o processo degradativo foi mais intenso quando estas estavam incorporadas ao solo, correspondendo a um acréscimo de aproximadamente 7% de CO_2 liberado em relação ao tratamento comparativo.

Observou-se semelhança entre os valores obtidos e o comportamento dos tratamentos

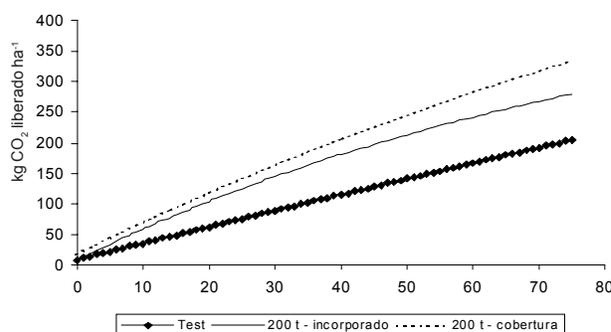


Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 3070,0526$; $B = 3,1159$; $C = 0,00038$; $R^2 = 0,99$)

150 t ha^{-1} incorporado ($A = 528,4762$; $B = 1,4293$; $C = 0,00412$; $R^2 = 0,99$)

150 t ha^{-1} em cobertura ($A = 1675,5261$; $B = 2,2363$; $C = 0,00113$; $R^2 = 0,99$)

Figura 7 - Liberação acumulada de CO_2 (kg ha^{-1}) durante a segunda fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 150 t MF ha^{-1} . Botucatu-SP, 2004.



Parâmetros de Mitscherlich: Testemunha ($A = 3070,0526$; $B = 3,1159$; $C = 0,00038$; $R^2 = 0,99$)

200 t ha^{-1} incorporado ($A = 478,3021$; $B = 1,3060$; $C = 0,00499$; $R^2 = 0,99$)

200 t ha^{-1} em cobertura ($A = 823,0193$; $B = 3,2033$; $C = 0,00289$; $R^2 = 0,99$)

Figura 8 - Liberação acumulada de CO_2 (kg ha^{-1}) durante a segunda fase de avaliação, com plantas incorporadas e mantidas em cobertura no solo. Tratamentos com descarte de 200 t MF ha^{-1} . Botucatu-SP, 2004.

com descarte de 100 t MF ha⁻¹ (Figura 6) e 150 t MF ha⁻¹ (Figura 7). Houve pequena diferença entre os tratamentos, tanto no manejo da biomassa quanto nas quantidades a serem descartadas. A quantidade de CO₂ liberada e acumulada durante o período avaliado de 75 dias oscilou entre 510 e 608 kg CO₂ ha⁻¹.

Resultado expressivo foi verificado para a quantidade descartada de 200 t ha⁻¹ (Figura 8), em que a degradação da biomassa em cobertura do solo foi mais intensa, chegando à liberação e acúmulo de aproximadamente 670 kg CO₂ ha⁻¹, enquanto o tratamento com biomassa incorporada ao solo gerou cerca de 560 kg CO₂ ha⁻¹, durante essa segunda fase de avaliação.

Diferentemente do que foi observado na primeira fase do ensaio, constatou-se maior linearidade no processo de liberação de CO₂, indicando um período mais longo do processo de degradação da biomassa descartada.

AGRADECIMENTOS

À CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz, pela colaboração e pelo apoio técnico no desenvolvimento deste trabalho.

LITERATURA CITADA

- ASAEDA, T.; TRUNG, V. K.; MANTUNGE, J. Modeling the effects of macrophyte growth and decomposition on the nutrient budget in Shallow Lakes. **Aquatic Bot.**, v. 68, p. 217-237, 2000.
- BITAR, A. L. **Fluxo de nitrogênio e seu uso por duas macrófitas (*E. crassipes* e *P. stratiotes*) no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. 1998. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- GREENWAY, M. Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent in tropical Australia. **Wat. Sci. Technol.**, v. 35, n. 5, p. 135-142, 1997.
- MARTINS, D. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Resumos...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 30-31.
- MIYAZAKI, D. M. Y.; PITELLI, R. A. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 53-59, 2003. (Edição especial)
- RIMER, D. N. **Introduction to freshwater vegetation**. London: AVI Publishing, 1984. 207 p.
- VELINI, E. D. Controle de plantas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 137-147.