ESTIMATIVA DO EFLUXO DE CO_2 DO SOLO, POR MEIO DE REGRESSÃO MÚLTIPLA, PARA FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NOROESTE DE MATO GROSSO

Carla Maria Abido Valentini[1], Mariano Martínez Espinosa[2], Sérgio Roberto de Paulo[3]

(recebido: 15 de janeiro de 2007; aceito 28 de novembro de 2007)

RESUMO: As florestas tropicais vêm sendo estudadas por muitos grupos de pesquisa que buscam responder sobre o papel das mesmas no ciclo do carbono, e as mudanças climáticas decorrentes de sua substituição por pastagens. Como o efluxo de CO_2 do solo é um importante componente do ciclo do carbono na biosfera, objetivou-se com este trabalho estudar uma equação que estime o efluxo de CO_2 do solo de uma área de Floresta de Transição, por meio de um modelo de regressão múltipla, para as variáveis temperatura e umidade do solo, ao longo do tempo. O estudo foi realizado no noroeste de Mato Grosso, Brasil (11°24.75'S; 55°19.50'O), em área 50 km distante de Sinop. Foram realizadas, ao longo de um ano, a cada mês, medidas de efluxo de CO_2, temperatura e umidade do solo. A média anual de efluxo de CO_2 do solo foi 7,5 ± 0,6 (média ± EP; n = 20) ì mol m^{-2} s^{-1}, e a média anual de temperatura do solo foi igual a 25,1 ± 0,1 (média ± EP) ºC. A umidade foi a variável que mais influenciou o efluxo de CO_2, porém, os resultados foram mais significativos, utilizando-se um modelo de regressão múltipla para o logaritmo do efluxo de CO_2 do solo em relação ao tempo, à umidade do solo, e a interação entre o tempo e o inverso da temperatura do solo.

Palavras-chave: Carbono, temperatura, umidade, floresta tropical de transição, modelagem.

ESTIMATE OF CO_2 EFFLUX OF SOIL, OF A TRANSITION FOREST IN NORTHWEST OF MATO GROSSO STATE, USING MULTIPLE REGRESSION

ABSTRACT: *Many research groups have being studying the contribution of tropical forests to the global carbon cycle, and the climatic consequences of substituting the forests for pastures. Considering that soil CO_2 efflux is the greater component of the carbon cycle of the biosphere, this work found an equation for estimating the soil CO_2 efflux of an area of the Transition Forest, using a model of multiple regression for time series data of temperature and soil moisture. The study was carried out in the northwest of Mato Grosso, Brazil (11°24.75'S; 55°19.50'W), in a transition forest between cerrado and AmazonForest, 50 km far from Sinop county. Each month, throughout one year, it was measured soil CO_2 efflux, temperature and soil moisture. The annual average of soil CO_2 efflux was 7.5 ± 0.6 (mean ± SE) ì mol m^{-2} s^{-1}, the annual mean soil temperature was 25,06 ± 0.12 (mean ± SE) ºC. The study indicated that the humidity had high influence on soil CO_2 efflux; however the results were more significant using a multiple regression model that estimated the logarithm of soil CO_2 efflux, considering time, soil moisture and the interaction between time duration and the inverse of soil temperature.*

Key Words: Carbon, temperature, humidity, transition tropical forest, modeling.

1 INTRODUÇÃO

No estado de Mato Grosso predominam três ecossistemas: o pantanal, o cerrado e uma região de transição entre cerrado e Floresta Amazônica, denominada floresta de transição ou cerradão, com árvores perenes, de pálio alto (28-30m) e fechado (VOURLITIS et al., 2001), que pertence à Amazônia Legal. É o estado que lidera o *ranking* de desmatamento no país. Segundo as estimativas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o estado foi responsável por cerca de 50% da área devastada até 2004. Dentre os oitos estados incluídos no levantamento, apenas dois obtiveram crescimento dos índices: Rondônia e Mato Grosso. Somados ao Pará, os três estados respondem por cerca de 90% da área desmatada em 2004.

A Amazônia Legal tem uma extensão de aproximadamente 5 milhões de km^2, constituindo 59% do território brasileiro. A área desmatada acumulada atingiu até 2004 cerca de 680 mil km^2, aproximadamente 17% da Floresta Amazônica brasileira.

Segundo Ceccon & Miramontes (1999), em contraste com outros países, um quinto das emissões totais brasileiras derivam do uso de combustíveis fósseis, o restante está associado à destruição da cobertura vegetal

[1]M.Sc, Professora do Departamento de Química e Meio Ambiente – Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso/CEFET-MT – Rua Professora Zulmira Canavarros, nº 95 – Centro – 78005-200 – Cuiabá, MT – valentini@quimica.cefetmt.br

[2]Professor do Departamento de Estatística, Instituto de Ciências Exatas e da Terra – Universidade Federal do Mato Grosso/UFMT – Avenida Fernando Correa, s/n – Coxipó – 78.060-900 – Cuiabá – MT – marianom@cpd.ufmt.br

[3]Professor do Departamento de Física da Universidade Federal do Mato Grosso/UFMT – Avenida Fernando Correa, s/n – Coxipó – 78.060-900 – Cuiabá, MT – sergio@cpd.ufmt.br

por incêndios provocados com a finalidade de transformar as florestas em áreas de atividade agropecuária. O desmatamento modifica as interações físicas e químicas do solo, a vegetação e a atmosfera, ou seja, quando a derrubada atinge grandes extensões, pode provocar mudanças nos sistemas de circulação que compõem o clima (NOBRE & GASH, 1997). O corte seletivo de madeira resulta em aberturas no dossel da mata, facilitando a entrada de radiação solar e a perda de umidade, aumentando a carga combustível no sub-bosque e na serrapilheira e causando uma redução da resistência da floresta ao fogo (BARLOW & PERES, 2003).

Investigações desenvolvidas pelo Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (*The Large Escale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia*), mais conhecido pela sigla LBA, confirmaram que, ao contrário do que se pensava quando a floresta era vista como equilibrada em relação ao CO_2, ela está sendo um sorvedouro desse gás. Capozolli (2002) observou que, ao absorver carbono, a floresta retira esse gás da atmosfera, contribuindo para minimizar o efeito estufa e este seqüestro de carbono tem estreita ligação com as chuvas. O autor mencionou que é razoável considerar que a floresta amazônica possa estar seqüestrando pelo menos 1 bilhão de toneladas.ano^{-1} de gás carbônico da atmosfera. Para Malhi et al. (1998), a floresta intacta pode ser um sorvedouro de carbono em taxas que vão de 0,8 até a elevada cifra de 7 toneladas de C ha^{-1} ano^{-1}.

Fernandes et al. (2002) observaram, porém, que pouca informação está disponível sobre a respiração do solo e como esta é afetada pela conversão das florestas em pastagens. As trocas de CO_2 no solo em relação à atmosfera necessitam ser conhecidas a fim de se compreender melhor o impacto da instalação do pasto no ciclo global de carbono. Cerri et al. (2003) também mostraram a preocupação em se substituir em grande escala a vegetação nativa por gramas africanas (especialmente do gênero *Brachiaria*), pois provavelmente causará um impacto nos nutrientes e na composição da matéria orgânica, assim como um impacto regional na hidrologia e na qualidade da água. Com isso, os autores mencionaram que se pode alterar a respiração do CO_2 e o seqüestro de carbono nos solos. Por sua vez, estes efeitos na dinâmica de carbono em grandes escalas da paisagem seriam importantes no carbono global e também na mudança do clima.

O efluxo do CO_2 do solo é o maior componente do ciclo do carbono da biosfera. Entender a sua variação de acordo com o microclima local torna-se importante para analisar como esse gás se comporta em relação a algumas variáveis climáticas estudadas, como a temperatura do solo, umidade do solo, colaborando com a previsão de mudanças que possivelmente ocorrerão no ciclo de carbono se não houver a preservação desta floresta (VALENTINI, 2004).

Alguns pesquisadores em seus estudos estimaram o efluxo de CO_2 de ecossistemas por meio de diferentes modelos, sendo alguns bastante citados na literatura, como o de Fang & Monccrieff (2001), Kucera & Kirkham (1971), Lloyd & Taylor (1994) entre outros, porém, em suas equações, o efluxo de CO_2 estimado foi calculado apenas em função da temperatura. Mas como a variação de efluxo de CO_2 do solo não é explicada somente por uma variável, alguns autores obtiveram melhores respostas, relacionando conjuntamente a temperatura e umidade do solo com o efluxo de CO_2, determinando em seus estudos equações para estimativa do efluxo de CO_2 (BUNNELL et al., 1977; VOURLITIS et al., 2000).

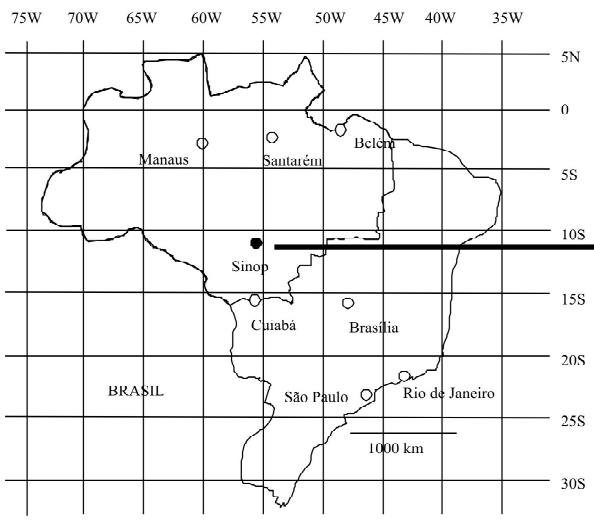
Como a Floresta de Transição tem suas características peculiares, diferentes dos ecossistemas no qual se baseiam os modelos acima citados, objetivou-se com este trabalho estudar uma equação que estimasse o efluxo de CO_2 do solo de uma área de Floresta de Transição, por meio de um modelo de regressão múltipla, para as variáveis temperatura e umidade do solo, ao longo do tempo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Lugar de estudo

Este estudo foi desenvolvido na Floresta de Transição, dentro de uma área de 20 Km^2, localizada a aproximadamente 50 km NE de Sinop, Mato Grosso, Brasil (11°24.75'S; 55°19.50'O), conforme mostram as Figuras 1 e 2. O solo da área foi classificado como neossolo quartzarênico órtico típico A moderado álico. Trata-se de solo arenoso apresentando, na profundidade de 50 cm, 83,6% de areia, 4,4% de silte e 2,2% de argila (PRIANTE FILHO et al., 2004). As árvores são características da floresta de transição com altura máxima de 25-28 m. As principais espécies identificadas no local são *Tovomita schomburkii*, *Brosimum lactescens*, *Protium sagotianum*, *Dialium guianense*, *Hevea brasiliensis*, *Dinizia excelsa*, *Quina pteridophilla*, e *Mezilaurus itauba* (VOURLITIS et al., 2001, 2002).

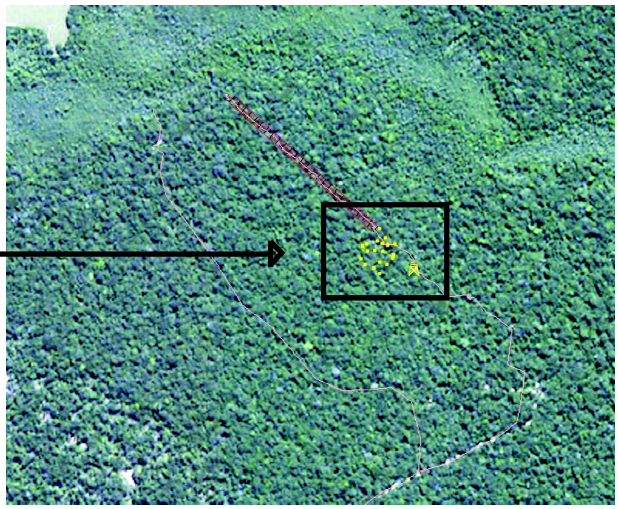
A temperatura média anual é de 24 ºC, com pequena variação nas estações, e uma precipitação média anual de 2000 mm, com 4 meses de estação seca (junho-setembro), 4 meses de estação úmida (dezembro-março) e 4 meses de transição (outubro-novembro e abril-maio). As características climatológicas da Floresta de Transição são parecidas à floresta e cerrado, entretanto, em termos de precipitação, nesta região a floresta recebe 200 mm menos de precipitação anual que a floresta úmida e 500 mm mais do que o cerrado (VOURLITIS et al., 2002).



Fonte: Vourlitis et al. (2001).

Figura 1 – Mapa com a localização da área em estudo.

Figure 1 – *The location of the studied area.*



Fonte: Composição RGB de imagem do sensor IKONOS (30/04/2000).

Figura 2 – Localização da torre micrometeorológica e dos pontos de coleta.

Figure 2 – *The location of the micrometeorological tower and the sampling points.*

2.2 Efluxo de CO_2

As emissões de CO_2 foram medidas mensalmente em 20 pontos próximos à torre micrometereológica (Figura 2) sobre a serrapilheira do solo, utilizando-se o aparelho de absorção de CO_2 por gás infravermelho (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Neb., USA), acoplado a uma câmara de retenção de CO_2 (LI-6400-09,LI-COR, Lincoln, Neb,USA) com 991 cm^3, que cobre uma área de solo de 71,6 cm^2, e/ou com um aparelho portátil de absorção de CO_2 por infravermelho (Environment Gás Monitor, EGM-1/WMA-2; GAS ANALYZER), acoplado a uma câmara de retenção do CO_2 com 1170 cm^3, que cobre uma área de solo de 78,5 cm^2.

2.3 Dados Micrometeorológicos

Para relacionar a variação do efluxo de CO_2 do solo com as variáveis microclimáticas da região, foram realizadas coletas de dados de temperatura do solo, umidade do solo e precipitação.

A temperatura do solo foi medida a aproximadamente 5 cm de profundidade, com termômetro digital. A umidade volumétrica do solo foi medida através de 3 sensores de reflectometria no domínio do tempo-Time Domain Reflectometry ou TDR- (Campbell CS615), com orientação horizontal, nas profundidades 5, 25 e 70 cm, em áreas adjacentes à torre de medidas micrometeorológica.

Os dados de precipitação foram fornecidos pela Fazenda Continental, localizada a 17 km do local do experimento.

2.4 Dados obtidos

Pela Tabela 1, verificam-se os resultados experimentais. Os dados representam a média mensal do efluxo de CO_2, temperatura e umidade do solo.

2.5 Análise de dados

Utilizou-se a técnica da regressão múltipla para se obter um modelo que explicasse as variações do efluxo de CO_2 do solo em função da temperatura e da umidade do solo, ao longo do tempo. Adotou-se o nível de significância de 5% para os testes dos parâmetros da regressão. As medidas, neste caso as médias, foram expressas em: valor ± erro padrão (*EP*).

Para verificar a adequação do modelo de regressão, utilizou-se a técnica de análise dos resíduos ou erros estimados. Estes valores são obtidos pela diferença entre os valores observados e os valores estimados por um determinado modelo de regressão, e calculados do seguinte modo:

$$\hat{e}_i = y_i - \hat{y}_i \qquad (1)$$

Tabela 1 – Dados da média mensal do efluxo de CO_2, temperatura e umidade do solo, medidos numa área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso (VALENTINI, 2004).

***Table 1** – Data of the average monthly soil CO_2 efflux, temperature and soil moisture, measured in an area of the Transition Forest in the northwest of Mato Grosso (VALENTINI, 2004).*

Mês	Efluxo CO_2 do solo (R) em μmol $m^{-2}s^{-1}$	Temperatura do solo (T) em ºC	Umidade do solo (U) em %
fev-03	9,54	24,44	10,30
mar-03	8,67	24,38	12,40
abr-03	9,34	25,08	11,10
mai-03	8,70	24,15	9,80
jun-03	6,42	23,44	6,30
jul-03	4,07	22,05	5,50
ago-03	4,01	23,98	7,07
set-03	6,02	24,91	8,39
nov-03	6,98	24,08	18,50
dez-03	10,51	24,88	15,05
jan-04	8,30	25,05	11,60
fev-04	7,38	24,05	20,25

Com esta análise, é possível verificar se as suposições básicas de um modelo de regressão são atendidas, isto é, verificar se as suposições de igualdade de variância, de normalidade e de independência ocorrem, como mostrado em Draper & Smith (1998) e Martinez (2001).

Para a elaboração dos gráficos, desenvolvimento das análises estatísticas, e para encontrar os parâmetros obtidos para todos os modelos, foram utilizados os programas Microsoft Excel versão 2003, e o software estatístico Minitab versão 14.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Modelos que Estimam o Cálculo de Efluxo de CO_2

Inicialmente empregou-se neste trabalho o modelo de Bunnell et al. (1977), aplicável a diversos ecossistemas, adaptando-se muito bem à florestas. Este modelo (Modelo 1) é dado pela seguinte expressão:

$$\hat{R} = [U/(a+U)][b/(b+U)][c][d]^{\{(T-10)/10\}} \qquad (2)$$

onde,

$\hat{R}$: efluxo de CO_2 do solo ajustado.

U : umidade no solo;

T : temperatura do solo;

a : umidade do solo quando a atividade dos microorganismos se encontra à metade de seu valor máximo;

b : umidade do solo quando o efluxo de CO_2 do solo está à metade do seu valor máximo;

c : efluxo de CO_2 à temperatura de 10ºC;

d : valor de Q10 (que corresponde ao aumento do efluxo de CO_2 do solo a cada aumento de 10ºC na temperatura);

a, b, c, e d são constantes estimadas usando regressão não linear pelo método dos mínimos quadrados.

Os valores encontrados para a, b, c e d, foram respectivamente: 22,667; 22,667; 4,4; e 4,34.

Na Tabela 2 são apresentados os valores do efluxo de CO_2 do solo medido e estimado pelo modelo de Bunnell dado pela Expressão (2).

Da análise residual e pelo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0{,}62$) do modelo da Expressão (2) pôde ser concluído que seria necessário melhorar a estimativa do efluxo de CO_2 do solo para esta floresta, isto é, deveria ser encontrada outra equação mais adequada que relacione as variáveis independentes com o efluxo de CO_2 através de uma regressão múltipla.

Para tentar melhorar a estimativa do efluxo de CO_2, foi usado um segundo modelo (Modelo 2) dado pela seguinte expressão:

$$\hat{R} = a_0 + a_1 T + a_2 U \qquad (3)$$

onde:

$\hat{R}$: efluxo de CO_2 do solo em μmol $m^{-2}s^{-1}$,

T : temperatura do solo em º C,
U : umidade do solo em %.

Os coeficientes de regressão a_0, a_1 e a_2 associados às variáveis da Equação 3 estão apresentados na Tabela 3.

Este modelo teve um desvio padrão amostral de 1,623 e um coeficiente de determinação de 50,20% ($R^2 = 0{,}502$). Além dos coeficientes de regressão associados às variáveis independentes, pela Tabela 3 são mostrados seus respectivos erros padrões (*EP*), valor da razão (t_0), nível de significância ou p-valor (*p*), e número de observações (*n*). O valor de *p* é o nível de significância ou probabilidade utilizada para verificar se uma determinada variável independente afeta a variável dependente ou resposta. A significância estatística em geral é estabelecida para valores de *p* inferiores a 0,05. Isto é, se o valor de *p* for inferior ou igual a 0,05 a variável independente testada é estatisticamente significante, ou seja, esta variável, afeta a resposta.

Assim, pelos valores apresentados na Tabela 3, verificou-se que a regressão linear múltipla (Equação 3), não foi a melhor opção para o modelo procurado. Cabe destacar que também foi realizada uma análise residual, concordando com a conclusão estabelecida em relação ao modelo da Equação 3.

Como o efluxo de CO_2 do solo possui uma variação média ao longo do tempo, foi incluído, dentro das variáveis independentes o fator tempo, e também foi realizada uma

Tabela 2 – Efluxo de CO_2 do solo medido e estimado pelo modelo de Bunnell.

Table 2 – *Measured and fitted soil CO_2 efflux, using Bunnell model.*

Data	Efluxo de CO_2 medido (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	Efluxo de CO_2 estimado (μmol $m^{-2}s^{-1}$)
fev-03	9,54	7,87
mar-03	8,67	8,30
abr-03	9,34	8,88
mai-03	8,70	7,40
jun-03	6,42	5,38
jul-03	4,07	4,05
ago-03	4,01	6,21
set-03	6,02	7,74
nov-03	6,98	8,60
dez-03	10,51	9,37
jan-04	8,30	8,99
fev-04	7,38	8,62

Tabela 3 – Coeficientes de regressão das variáveis independentes, *EP*, razão t_0, *p*, *n*, R^2 e *s*, para os dados do modelo da Expressão (3).

Table 3 – *The coefficients of the regression of the independent variables, SE, , p, n, R^2 e s, for the data of Equation (3) model.*

Variáveis	*Coeficientes*	*EP*	t_0	*p*
Interseção (a_0)	-28,5600	14,6500	-1,95	0,083
Temperatura do solo(ºC) (a_1)	1,4382	0,6220	2,31	0,046
Umidade do solo (%) (a_2)	0,1093	0,1135	0,96	0,361
$n = 12$	$R^2 = 0{,}502$	$s = 1{,}623$		

transformação nas variáveis, tanto dependentes como independentes, de maneira que fosse encontrado estatisticamente um modelo que melhor estimasse o efluxo de CO_2 para esta floresta de transição.

Fang & Monccrieff (2001) observaram a variação do logaritmo neperiano do efluxo de CO_2 do solo (Ln(R)) em relação ao inverso da temperatura (1/T), e a exemplo deste estudo, buscando uma equação empírica múltipla, foi realizada a regressão do logaritmo, no entanto, na base 10, do efluxo de CO_2 do solo (variável dependente), em relação às variáveis independentes: fator tempo, representado por uma seqüência numérica dos meses em que foram medidas as variáveis; umidade do solo (%); inverso da temperatura do solo (ºC) e a interação entre o fator tempo e o inverso da temperatura do solo. Estes valores são apresentados na Tabela 4.

O terceiro modelo obtido com os dados transformados (Modelo 3) é dado pela seguinte expressão:

$$Log(\hat{R}) = b_0 + b_1 t + b_2 U + b_3 [(t) \times (1/T)] \quad (4)$$

onde:

$Log(\hat{R})$: logaritmo na base 10 do efluxo de CO_2 do solo em em μmol $m^{-2}s^{-1}$

1/T : inverso da temperatura do solo em º C.

U: umidade do solo em %

t : unidade de tempo (ordem seqüencial numérica dos meses medidos).

Os coeficientes b_0, b_1, b_2 e b_3 associados às variáveis da Equação 4 estão apresentados na Tabela 5.

A verificação da adequação do modelo da análise de regressão do logaritmo do efluxo de CO_2 do solo também foi feita pela análise dos resíduos, os quais tiveram uma variância constante e distribuição de probabilidade normal, e após esta análise também foi calculado o coeficiente de determinação, apresentado na Tabela 5. Nesta tabela, também são apresentados os erros padrões dos coeficientes (*EP*), a razão da estatística t_0, e os valores de *p* para cada coeficiente.

Assim, da análise residual e do valor do coeficiente de determinação, podemos concluir que o modelo de regressão do logaritmo na base 10 do efluxo de CO_2 do solo é o mais adequado para estimar o efluxo de CO_2 do solo desta área de Floresta de Transição, em função das variáveis: tempo, umidade do solo e a interação entre o tempo e o inverso da temperatura do solo. Cabe destacar que, no modelo dado pela Expressão (4), foi utilizado o teste estatístico de Durbin-Watson para verificar a existência de autocorrelação, uma vez que, a variável tempo foi introduzida no modelo. Pelo valor da estatística de Durbin-Watson foi concluído que não existe autocorrelação entre os resíduos do modelo, pois foi obtido um valor aproximadamente igual a 2. Detalhes do teste de Durbin-Watson podem ser encontrados, por exemplo, no livro de Draper & Smith (1998) e Gujarati (2000).

Tabela 4 – Variável dependente transformada (*Log(R)*) e variáveis independentes (tempo, umidade do solo (%), inverso da temperatura (1/T)) e a interação entre o tempo e o inverso da temperatura do solo para o modelo de regressão múltipla.

Table 4 *– Transformed dependent variable (Log(R)) and the independent variables (time, soil moisture (%), inverse of temperature (1/T)), and interaction between time and the inverse of the soil temperature for the multiple regression model.*

Log(R)	*T*	*U*	*1/T*	$t \times (1/T)$
0,97955	1	10,30	0,0409165	0,04092
0,93802	2	12,40	0,0410172	0,08203
0,97035	3	11,10	0,0398724	0,11962
0,93952	4	9,80	0,0414079	0,16563
0,80754	5	6,30	0,0426621	0,21331
0,60959	6	5,50	0,0453515	0,27211
0,60314	7	7,07	0,0417014	0,29191
0,77960	8	8,39	0,0401445	0,32116
0,84386	9	18,50	0,0415282	0,37375
1,02160	10	15,05	0,0401929	0,40193
0,91908	11	11,60	0,0399202	0,43912
0,86806	12	20,25	0,0415800	0,49896

Tabela 5 – Variáveis, coeficientes, erro padrão dos coeficientes (*EP*), *razão* t_0, e valores de *p* para o modelo de regressão da Expressão (4).

Table 5 – *Variables, coefficients, standard error of the coefficients (SE), t ratio and p values for the regression model of the Equation (4).*

Variáveis	*Coeficientes*	*EP*	t_0	*p*
Interseção (b_0)	0,80080	0,0679	11,79	0,000
t (b_1)	0,31100	0,1025	3,03	0,016
U (b_2)	0,01773	0,0061	2,93	0,019
$t \times (1/T)$ (b_3)	-8,07600	2,4960	-3,24	0,012
	$n = 12$ $R^2 = 0{,}76$ $s = 0{,}0787$			

Após determinar a Equação (4) foi feita uma comparação gráfica entre a curva da média mensal do efluxo de CO_2 do solo medidos (R) e as curvas ajustadas por meio dos Modelos 1 e 3 obtidos pelas Equações (2) e (4), que são apresentadas na Figura 3.

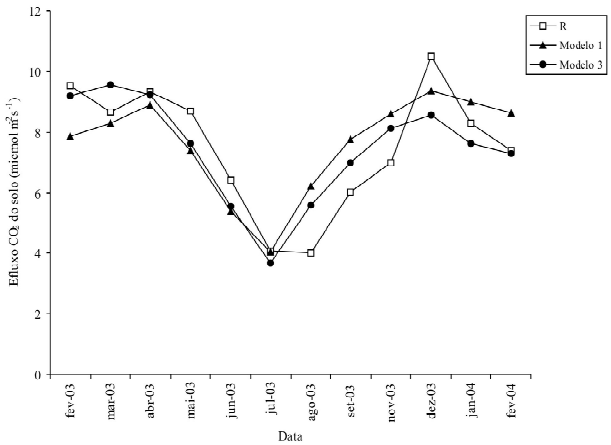


Figura 3 – Comparação entre os dados ajustados pelos modelos de Bunnell (Modelo 1) e da Expressão 4 (Modelo 3) com os valores reais de efluxo de CO_2 do solo (R).

Figure 3 – *Comparison between the fitted data by the Bunnel model (Model 1) and by Expression 4 (Model 3) with the real values of the soil CO_2 efflux (R).*

Pela comparação entre os dados ajustados dos modelos das Equações 2 e 4, observou-se que a Equação 4 é a que melhor representou a estimativa do efluxo de CO_2 do solo para esta área de Floresta de Transição, pois os valores estimados por este modelo estão mais próximos dos valores medidos.

4 CONCLUSÕES

Da comparação dos modelos utilizados, conclui-se que o modelo de regressão múltipla dado pelo logaritmo na base 10 do efluxo de CO_2 do solo (Expressão (4), mostrou-se com boas potencialidades para estimar o efluxo de CO_2 do solo para esta área de Floresta de Transição. No entanto, é necessário considerar o fator tempo e também a sua interação com o inverso da temperatura do solo, pois desta maneira serão obtidos valores estimados mais próximos dos valores reais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLOW, J.; PERES, C. A. Fogo rasteiro: nova ameaça na Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 199, p. 24-29, 2003.

BUNNELL, F. L.; TAIT, D. E. N.; FLANAGAN, P. W.; CLEVE, K. van. Microbial respiration and substrate weight loss: I. a general model of the influences of abiotic variables. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 9, p. 33-40, 1977.

CAPOZOLLI, U. Floresta ameniza o aquecimento da Terra. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 1, n. 6, p. 32-35, 2002.

CECCON, E.; MIRAMONTES, O. Mecanismos y actores sociales de la deforestación en la Amazonia brasileña. **Interciência**, México, v. 24, n. 2, p. 112-119, 1999.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C. C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 67, p. 1879-1887, Nov./Dec. 2003.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1998. 706 p.

FANG, C.; MONCCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO_2 efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 33, p. 155-165, 2001.

FERNANDES, S. A. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Seasonal variation of soil chemical properties and CO_2 and CH_4 fluxes in unfertilized and P-fertilized pastures in an Ultisol of Brazilian Amazon. **Geoderma**, [S.l.], v. 107, p. 227-241, 2002.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books, 2000. 845 p.

LLOYD, J.; TAYLOR, J. A. On the temperature dependence of soil respiration. **Functional Ecology**, [S.l.], v. 8, p. 315-323, June 1994.

MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; GRACE, J.; KRUIJT, B.; PEREIRA, M. G. P.; CULF, A.; SCOTT, S. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain Forest. **Jornal of Geophysical Research - Atmospheres**, [S.l.], v. 103, p. 31593-31612, 1998.

MARTÍNEZ, E. M. **Desenvolvimento de um modelo estatístico para aplicação no estudo da fadiga em emendas dentadas de madeira**. 2001. 160 f. Tese (Doutorado em Interunidades em Ciência e Engenharia Materiais EESC/IFSC/IQSC) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

NOBRE, C. A.; GASH, J. Desmatamento muda o clima da Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 128, p. 33-41, 1997.

PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S. de; CAMPELO JUNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SANCHES, L.; COUTO, E. G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; PEREIRA, L. C.; BIUDES, M. S.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; SILVEIRA, M.; VOURLITIS, G. L. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon basin during the wet-dry season transition. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 10, p. 863-876, 2004.

VALENTINI, C. M. A. **Efluxo de CO_2 do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

VOURLITIS, G. L.; OECHEL, W. C.; HOPE, A.; STOW, D.; BOYNTON, B.; VERFAILLIE JUNIOR, J.; ZULUETA, R.; HASTINGS, S. J. Physiological models for scaling plot-measurements of CO_2 flux across an arctic tundra landscape. **Ecological Applications**, [S.l.], v. 10, p. 60-72, 2000.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M.; NOGUEIRA, J. S. de; CASEIRO, F.; CAMPELO JUNIOR, J. H. Seasonal variations in net ecosystem CO_2 exchange of a mature Amazonian transitional tropical Forest (cerradão). **Functional Ecology**, [S.l.], v. 15, p. 388-395, 2001.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M.; NOGUEIRA, J. S. de; CASEIRO, F.; CAMPELO JUNIOR, J. H. Seasonal variations in evapotranspiration of a transitional tropical Forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research**, [S.l.], v. 38, n. 6, p. 1-11, 2002.