

PERDAS DE CO₂ DO SOLO E VARIABILIDADE TEMPORAL DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

Losses of Co₂ of the soil and time variability of the climatic conditions in the semiarid of Paraiba

Kallianna Dantas ARAÚJO¹

Alberício Pereira de ANDRADE²

Roberto Wagner Cavalcanti RAPOSO³

Paulo Roberto de Oliveira ROSA⁴

Eduardo PAZERA JUNIOR⁵

RESUMO

A avaliação do CO₂ foi realizada no campo em cinco pontos, com coleta mensal no período diurno (5h às 17h) durante doze meses. Foram instalados cilindros para a captação do CO₂ dispostos em blocos casualizados. Os dados meteorológicos foram obtidos da estação digital e o conteúdo de água do solo em estufa retilínea a 105°C. Na estação chuvosa, quando a radiação e a temperatura diminuem, a taxa de perdas de CO₂ decresceu. Na seca, o CO₂ aumentou com a disponibilidade de água do solo. A taxa de CO₂ varia ao longo do dia devido à radiação e a oscilações da temperatura. Nos meses de maiores precipitações, o aumento ou a diminuição do CO₂ dependia da radiação. A produção de CO₂ foi menor em outubro, junho e julho, devido à diminuição dos elementos solarimétricos.

Palavras-chave:

Clima; CO₂; semi-árido.

ABSTRACT

The evaluation of CO₂ was carried in five points in the field, with a monthly collection in the daylight (from 5:00 AM to 5:00 PM) for twelve months. Cylinders had been installed for the captation of CO₂ in randomized blocks. The meteorological data were received from the digital station. The water content of the soil was determined in a rectilinear greenhouse at 105°C. In the rainy season, when the solar radiation and temperatures diminished, the tax of losses CO₂ diminished. In the dry season, the tax of edaphic respiration increased with the water availability of the ground. The CO₂ tax varied along the day in function of the incidence of the solar radiation and the oscillations of the temperature. During the months of bigger precipitation, the increase or the reduction of the CO₂ tax depended on the solar radiation. The CO₂ production was lesser in October, June and July, because of the reduction of the solarimetric elements.

Key words:

Climate; CO₂; semiarid.

¹ Possui graduação em Geografia (bacharelado), João Pessoa, pela Universidade Federal da Paraíba (2003), graduação em Geografia (Licenciatura), João Pessoa, pela Universidade Federal da Paraíba (2004) e mestrado em Manejo de Solo e Água Areia pela Universidade Federal da Paraíba (2005). Tem experiência profissional como professora substituta do curso de Geografia, Araguaína, pela Universidade Federal do Tocantins (2005). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, CTRN/UFCG (2006-2010), Campina Grande.

² Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1976), mestrado em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Santa Maria (1980) e doutorado em Agronomia pela Universidad de Cordoba, Espanha (1992). Atualmente é professor associado do DSER/CCA da UFPB.

³ Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1981), graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (1982), graduação (licenciatura) em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Paraíba (1999), mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo (1989) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professor associado I da Universidade Federal da Paraíba.

⁴ Possui graduação em Geografia pelo Centro de Ensino Unificado de Brasília (1979), especialização em Metodologia do Ensino Superior pela Associação Educativa Evangélica (1991) e mestrado em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (2001). Atualmente é professor assistente da Universidade Federal da Paraíba.

⁵ Eduardo Pazera Júnior concluiu o doutorado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo em 2003 e o mestrado em 1982. Professor aposentado da Universidade Federal da Paraíba, ex-professor da UNIPE, UNAVIDA (João Pessoa) e Universidade Estadual da Paraíba (Guarabira).

INTRODUÇÃO

As regiões tropicais e subtropicais são caracterizadas pela incidência elevada de insolação e radiação solar, o que resulta em altas temperaturas (BAYER, 2004). Em consequência, a velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo é maior à medida que a temperatura aumenta, desprendendo gás carbônico (doravante CO₂) que é levado para a atmosfera (BLEY JR., 1999).

A temperatura é um dos fatores que influenciam significativamente na atividade dos microrganismos no solo. Ela é de fundamental importância no desenvolvimento dos microrganismos, intensificando ou retardando as atividades biológicas no solo (SOUTO, 2002). Nos trópicos, a temperatura do verão situa-se na faixa de 30°C a 35°C, sugerindo que o consumo de "alimentos" pela atividade microbiana na superfície do solo atinge o máximo e em seguida entra em colapso, pelo excesso de calor. (BLEY JR., 1999)

As variações de temperatura do solo dependem fundamentalmente do clima, da cobertura vegetal, do teor de água do solo e da sua coloração (SOUTO, 2002). O desenvolvimento microbiano foi muito influenciado pela variação dos fatores climáticos, principalmente umidade e temperatura, assim como, pelos efeitos que essas variações causaram sobre a cobertura vegetal, em um estudo realizado por Cattelan e Vidor (1990). Constatou-se que no inverno, por apresentar temperaturas mais baixas, a atividade dos microrganismos foi menor em relação à primavera e ao verão (TREVISAN et al., 2002), ficando evidenciado que as condições climáticas possuem uma acentuada influência sobre a evolução do CO₂ do solo (SING e GUPTA, 1977).

A retirada da cobertura vegetal por atividades antrópicas, como ocorre freqüentemente nas regiões brasileiras, sobretudo na região semi-árida do Nordeste, provoca efeitos drásticos, seja pela diminuição da proteção do solo contra os raios solares e erosão, como também pela redução dos compostos orgânicos (TREVISAN et al., 2002). A presença de animais nessas áreas agrava a vulnerabilidade do ambiente em virtude da maior compactação do solo através do pisoteio no período úmido e desagregação das camadas superficiais no período seco. (ARAUJO et al., 2005)

As práticas que contribuem para a adição ou a remoção de material vegetal do solo acarretam alterações na biomassa microbiana, as quais podem ser avaliadas quantificando-se o CO₂ produzido (MATTER et al., 1999). Dessa forma, a respiração edáfica também pode ser utilizada para documentar as mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas semi-áridas que

sofreram desmatamento para a implantação de culturas ou pecuárias extensivas e que estão sendo degradadas, sofrendo um processo de desertificação. (FEIGL, 1995; DUARTE, 2003)

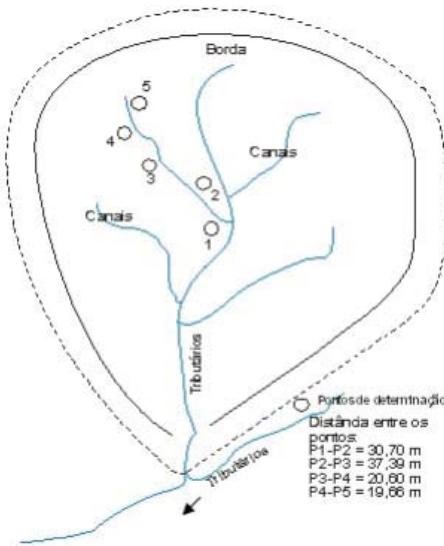
O objetivo do trabalho foi avaliar as perdas de CO₂ do solo em relação à variabilidade temporal das condições climáticas numa microbacia hidrográfica, que passa por um processo de degradação ambiental, no semi-árido da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Bacia Escola – CCA/UFPB, município de São João do Cariri/PB (coordenadas 7°22'45,1" S e 36°31'47,2" W), altitude de 458m, que apresenta um relevo suavemente ondulado sobre o Cristalino. O solo onde foram realizadas as avaliações foi um Neossolo Lítico. O bioma encontrado é a Caatinga hiperxerófila decorrente do clima Bsh-quente com chuvas de outono-inverno, segundo Köppen, e um Bioclima 2b com 9 a 11 meses secos, denominado de subdesértico quente de tendência tropical, conforme a classificação de Gaussem. A média de precipitação é de 400 mm/ano e a umidade relativa do ar é de 70%.

Foram escolhidos cinco pontos para a determinação das taxas de liberação de CO₂ (respiração edáfica) (Figura 1) e realizada uma coleta mensal no período de outubro de 2003 a setembro de 2004, durante 12 horas, no período diurno (das 5h às 17h).

FIGURA 1 – DESENHO ESQUEMÁTICO DA MICROBACIA EM ESTUDO – SÃO JOÃO DO CARIRI/PB



Nas medições referentes à liberação de CO₂ (respiração edáfica), seguiu-se a metodologia de Grisi (1978), em que o CO₂ liberado por uma área de solo foi absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e pela dosagem por titulação com HCl 0,1 N. Foi considerado como indicador a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1%, preparado segundo Morita e Assunção (1972). Utilizou-se um frasco controle ou testemunha, que permaneceu hermeticamente fechado e que também passou pelo processo de titulação. A determinação do CO₂ absorvido foi realizada a partir da equação:

$$\text{mgCO}_2 = (A-B) \times 2 \times 2,2$$

$$\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1} = \text{mgCO}_2 \times (4/3 \times 10000/\text{h} + S)$$

Onde:

A = diferença, em ml, entre a 1^a e a 2^a viragem da coloração da amostra;

B = diferença, em ml, entre a 1^a e 2^a viragem da coloração do controle ou testemunha;

x 2 = porque o HCl 0,1 N adicionado titulou apenas metade do carbonato do frasco experimental, ou seja, da amostra;

x 2,2 = sendo o equivalente-gramo do CO₂ = 44/2 = 22 e como se usou HCl 0,1 N (decinormal), esse equivalente torna-se então 22/10 = 2,2;

h = período de permanência da amostra no solo (horas);

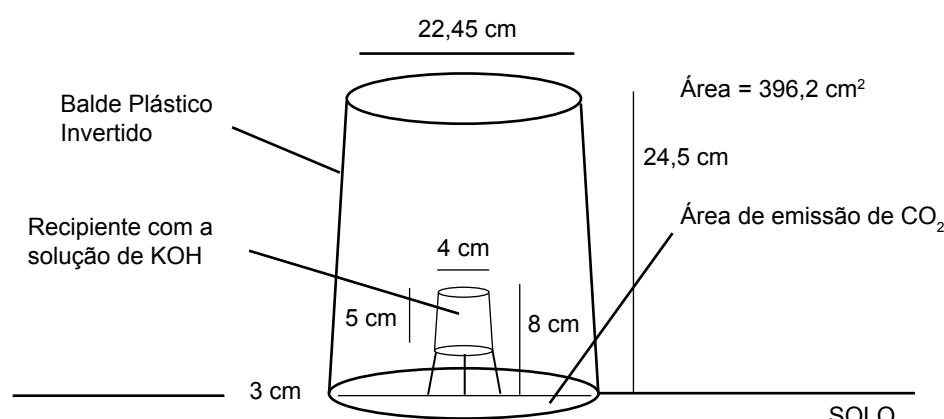
S = área de abrangência do balde.

Para efetuar a medição, foram distribuídos nos cinco pontos suportes (tripés), sobre os quais foram colocados 60 recipientes plásticos com 10 ml de KOH a 0,5 N. Esses conjuntos foram cobertos com baldes plásticos com capacidade para 10 l. Esse balde possui o formato cilíndrico, com 22,45 cm de diâmetro e 24,5 cm de altura, cobrindo uma área de solo de 396,20 cm² (Figura 2). As bordas do cilindro foram enterradas a 3 cm, para evitar as trocas gasosas diretamente com a atmosfera. Cada recipiente com a solução de KOH 0,5 N foi rapidamente destampado, para que fixasse o CO₂ liberado do solo. Após uma hora de permanência no local, os baldes foram retirados e os recipientes foram rapidamente tampados e acondicionados em caixa de isopor, sendo em seguida levados para laboratório para titulação.

Os dados meteorológicos como radiação solar, insolação, temperatura do solo nas profundidades 5, 10 e 15 cm e precipitação foram obtidos diariamente, em intervalos de uma hora, das 5 às 17 horas, a partir da estação digital. Para a umidade do solo, as amostras foram levadas à estufa retilínea sob temperatura de 105°C até atingir peso constante, durante um período de 24 horas, seguindo a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamentos de blocos casualizados em esquema fatorial (12 x 12), 12 meses, 12 horas e 5 blocos. Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as

FIGURA 2 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO MÉTODO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DA RESPIRAÇÃO EDÁFICA



médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Considerou-se a hora como medida repetida no tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução média anual de CO₂ em cada ponto da toposequência (Figura 3) apresentou grande flutuação, variando entre 86,62 mg m⁻² h⁻¹ em outubro e 149,1 mg m⁻² h⁻¹ em março. O resultado condiz com os valores da cinética da respiração edáfica em um período de 12 horas no mês de novembro em dois ambientes distintos do semi-árido da Paraíba, verificados por Bakke *et al.* (2001), que encontraram o valor mais elevado (73,04 mg m⁻² h⁻¹) sob juremal cultivado e (78,75 mg m⁻² h⁻¹) em solo desnudo, anteriormente cultivado. Tais resultados corroboram os de Singh e Gupta (1977), que mencionam que a respiração edáfica oriunda da atividade microbiana em regiões secas encontra-se entre 50 e 200 mg m⁻² h⁻¹.

Houve uma uniformização do CO₂ durante todo o solstício de verão, não havendo diferença estatística entre os resultados. Ocorreu uma tendência para elevação à medida que se aproximou o equinócio de setembro, bem como para o solstício de dezembro. (Figura 3)

FIGURA 3 – QUANTIDADE DE CO₂ LIBERADO DO SOLO DURANTE O PÉRIODO DE OUT. 2003 A SET. 2004. MÉDIA DE CINCO PONTOS DA TOPOSEQUÊNCIA, SEGUNDAS DE MESMA LETRA, NÃO DIFEREM ENTRE SI ($P < 0,05$), PELO TESTE DE TUKEY.

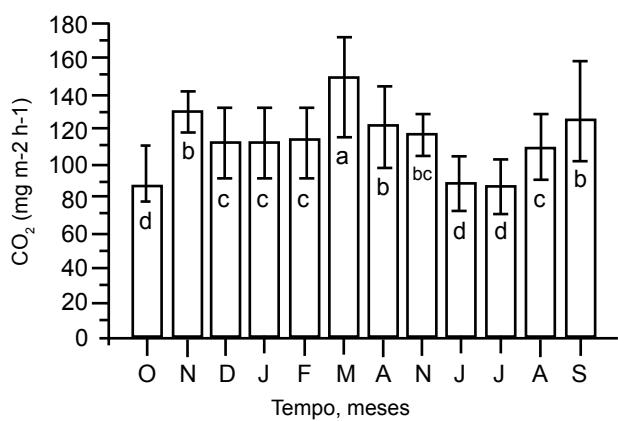
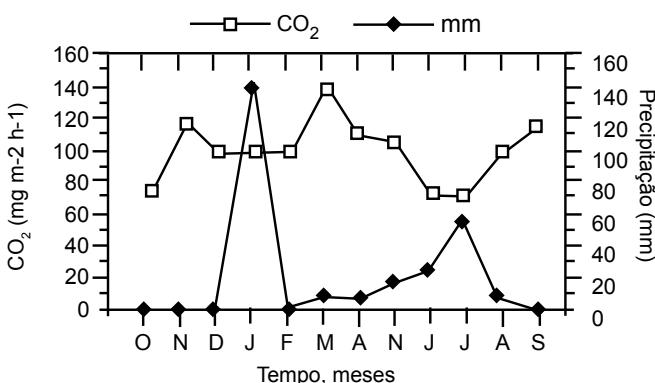


FIGURA 4 – VARIAÇÃO DE TAXA DE CO₂ (6H ÀS 17H) E DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (CINCO DIAS ANTES DAS DETERMINAÇÕES) REFERENTE AO PÉRIODO DE OUT. 2003 A SET. 2004



As variações meteorológicas exerceram efeito sobre essa flutuação. Cattelan e Vidor (1990), estudando a biomassa, a atividade e a população microbiana em regiões subtropicais, encontraram resultados semelhantes, tendo verificado, inclusive, que essa flutuação é bem mais acentuada na camada superficial do solo. A ocorrência de sucessivos períodos secos e úmidos pode ter resultado na grande variação de CO₂ desprendido do solo (Figura 4). Souto (2002) menciona que, se o solo sofre processos de umedecimento e secagem relativamente rápidos, pode influenciar nos declínios e nos acréscimos da população de microrganismos do solo.

Os maiores incrementos de CO₂ ocorreram nos dias de maior intensidade de radiação solar e insolação, consequentemente com temperaturas mais altas, como ocorreu nos meses de março (149,060 mg m⁻² h⁻¹), novembro (128,08 mg m⁻² h⁻¹), abril (121,67 mg m⁻² h⁻¹) e setembro (124,88 mg m⁻² h⁻¹).

A maior produção de CO₂ no mês de março deveu-se à elevada insolação com 9,0 h, cuja radiação solar foi de 423,3 W m⁻². Esses elementos aliaram-se à precipitação pluvial acumulada em cinco dias antes da observação (7,4 mm), totalizando nesse mês 70,9 mm, que se adicionou ao armazenamento de água no solo proveniente das precipitações ocorridas nos meses anteriores (Tabela 1). Assim, a maior disponibilidade de água no solo e a maior incidência da radiação solar e temperatura (calor) favorecem a liberação de CO₂ do solo. Bley Jr. (1999) afirma que a respiração do solo aumenta com a temperatura, e para determinada temperatura ela é maior em condições de umidade ótima.

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE CO₂, NEBULOSIDADE, RADIAÇÃO SOLAR, INSOLAÇÃO, TEMPERATURA DO SOLO E DO AR, PRÉCIPITAÇÃO, UMIDADE DO AR E DO SOLO REFERENTES ÀS OBSERVAÇÕES DE NOV. 2003 E MAR. ABR. E SET. 2004

MESES	CO ₂	RAD. SOLAR	INSOLAÇÃO	TEMP. DO SOLO	TEMP. DO AR	PRECIP.	CONT. DE H ₂ O SOLO	
		(mg m ⁻² h ⁻¹)	(W m ⁻²)	(Horas)	(°C)	(°C)	(mm)	(%)
					5 cm 10 cm 15 cm		M P	
Mar.	149,06	423,3	9,0	33,8 32,1 31,0	27,7	70,9 7,4		3,9
Nov.	128,08	524,2	9,6	38,9 37,2 35,1	30,6	1,1 0,0		3,6
Abr.	121,67	377,5	6,6	32,6 30,8 29,8	26,6	15,7 6,2		4,4
Set.	124,87	585,9	9,0	34,1 33,0 31,6	33,99	5,6 0,5		4,4

*Precipitação nos últimos 5 dias, antes da determinação do CO₂.

A menor produção de CO₂ foi observada nos dias de maior radiação difusa, devido ao aumento da nebulosidade local, como aconteceu nos meses de outubro, junho e julho, com 86,62, 88,10 e 87,36 mg m⁻² h⁻¹, respectivamente. Houve redução nos valores de temperatura do solo e do ar (Tabela 2), estando os últimos meses inseridos no solstício de inverno. Lira

(1999) verificou que, na estação astronômica do inverno, a respiração edáfica diária apresentou valores baixos em função das menores temperaturas, enquanto que no verão, devido ao aumento da temperatura e a um melhor suprimento de água no solo, houve uma atividade microbiana mais intensa e, consequentemente, um aumento na liberação de CO₂.

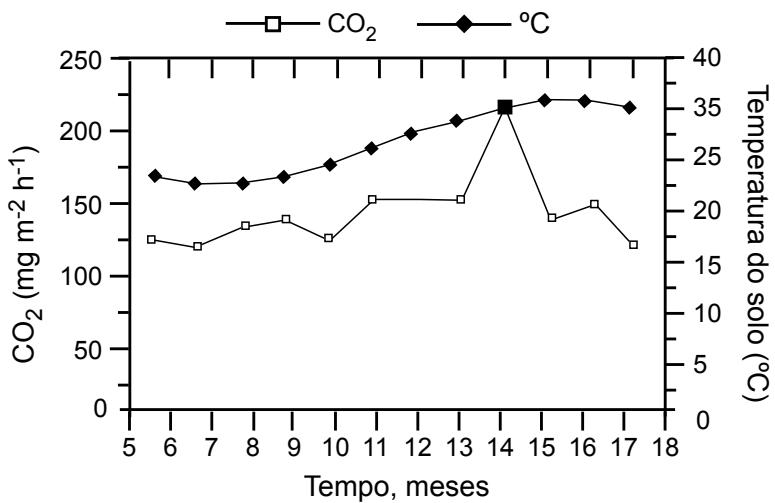
TABELA 2 – PRODUÇÃO DE CO₂, NEBULOSIDADE, RADIAÇÃO SOLAR, INSOLAÇÃO, TEMPERATURA DO SOLO E DO AR, PRÉCIPITAÇÃO, UMIDADE DO AR E DO SOLO REFERENTES AOS MESES DE OUT. 2003, JUN. E JUL. 2004

MESES	CO ₂	RAD. SOLAR	INSOLAÇÃO	TEMP. DO SOLO	TEMP. DO AR	PRECIP.	CONT. DE H ₂ O SOLO	
		(mg m ⁻² h ⁻¹)	(W m ⁻²)	(Horas)	(°C)	(°C)	(mm)	(%)
					5 cm 10 cm 15 cm		M P	
Out.	86,62	426,0	5,0	36,2 35,2 33,1	29,3	0,5 0,0		2,6
Jun.	88,10	248,3	1,3	25,9 26,1 25,8	23,5	55,5 22,4		4,1
Jul.	87,36	336,8	4,3	25,2 25,5 25,1	22,5	99,6 52,4		4,6

*Precipitação nos últimos 5 dias, antes da determinação do CO₂.

No entanto, foi verificado que os valores diários não se apresentaram constantes em função das variações de temperatura. Observou-se a liberação de CO₂ e temperatura do solo ao longo do tempo referente a março (2004) (Figura 5). O maior desprendimento ocorreu nos horários das 11 às 14 horas, com o máximo de desprendimento no último horário. A maior temperatura foi verificada no intervalo das 15 às 17 h, com valores superiores a 36,0°C, ocorrendo assim uma inibição da atividade microbiana, o que está, portanto, de acordo com os valores verificados por Bakke *et al.* (2001).

FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DE TAXA DE CO₂ E DA TEMPERATURA DO SOLO NO DIA 21 DE MAR. DE 2004, DAS 6H ÀS 17H



Assim, nos dias de intensa insolação e radiação solar e, portanto, de elevada temperatura, a quantidade de CO₂ desprendido do solo destacou-se nos dias de intensa nebulosidade, assim como nos dias de nebulosidade total. Bley Jr. (1999) menciona que a liberação de CO₂ em função da temperatura – comprovada em laboratório – e sua dispersão para a atmosfera satisfazem plenamente o conceito técnico de erosão, que significa desprendimento e transporte de partículas do solo. Esta é uma outra razão para que a expressão *erosão solar* seja aceita e incorporada à prática e à pesquisa da agricultura nos trópicos. A precipitação também foi um elemento que contribuiu sobremaneira para o aumento das perdas de CO₂ do solo.

Os resultados estão de acordo com os dados encontrados por Lira (1999) e Poggiani *et al.* (1983), que constataram maiores valores de CO₂ liberado no solstício de verão e menores valores no solstício de inverno. De forma complementar, Trevisan *et al.* (2002), avaliando a atividade microbiana, através da emissão de C-CO₂, em um solo cultivado com pessegueiro e manejado com e sem cobertura de aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*), constataram que no inverno, em função das temperaturas mais baixas, a atividade dos microrganismos foi menor em relação à primavera e ao verão. No verão, as temperaturas do solo mantiveram-se bem mais elevadas em relação às outras estações. Paul e Clark (1996), constatando a menor atividade dos microrganismos em função das baixas temperaturas do solo, associaram o decréscimo à adaptabilidade dos

microrganismos a diferentes extremos de temperatura. Lira (1999), ao investigar a influência da respiração do solo em padrões sazonais sobre a produtividade florestal em dois diferentes ecossistemas, verificou que a respiração de raiz diminuía enquanto a respiração microbiana aumentava, em resposta à elevação da temperatura do solo e à maior disponibilidade de carbono neste. A taxa máxima de emissão de CO₂ foi verificada durante o meio e o final do verão.

Observou-se, simultaneamente, a produção anual de CO₂, insolação, radiação solar e temperatura do solo (10 cm de profundidade) ao longo do tempo (meses), durante o período de estudo (Figuras 6, 7 e 8) e verificou-se uma estreita relação entre as variáveis, com uma tendência a maiores incrementos de CO₂ quando do aumento de cada elemento climático e vice-versa. Esse fato está de acordo com Bley Jr. (1999), quando este menciona que a velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo pode ser avaliada através do CO₂ liberado no processo, pois à medida que a temperatura aumenta, até certos níveis, mais gás é desprendido.

Esse fenômeno é intensificado na passagem do equinócio de setembro para o solstício de verão, período em que o solo recebe maior incidência solar, em função da perpendicularidade à superfície. Os meses mais atingidos pelo Sol foram outubro, novembro e dezembro de 2003, o que resultou em maiores elevações da temperatura, que promoveram variações na quantidade de CO₂ emanado do solo.

FIGURA 6 – PRODUÇÃO DE CO₂ DO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO E DA INSOLAÇÃO DURANTE PERÍODO DE OUT. 2003 A SET. 2004. CADA PONTO REPRESENTA A MÉDIA DE 60 REPETIÇÕES. CADA PONTO DE INSOLAÇÃO REPRESENTA A MÉDIA DO MÊS CORRESPONDENTE.

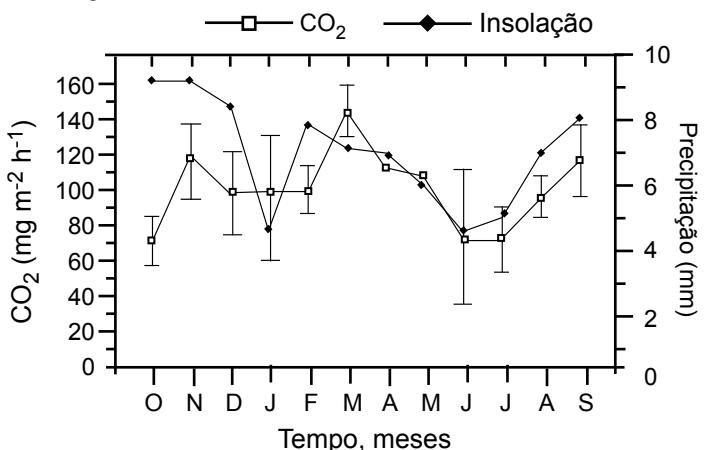


FIGURA 7 – PRODUÇÃO DE CO₂ DO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO E DA RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O PERÍODO DE OUT. 2003 A SET. 2004. CADA PONTO REPRESENTA A MÉDIA DE 60 REPETIÇÕES. CADA PONTO DE RADIAÇÃO SOLAR REPRESENTA A MÉDIA DO MÊS CORRESPONDENTE.

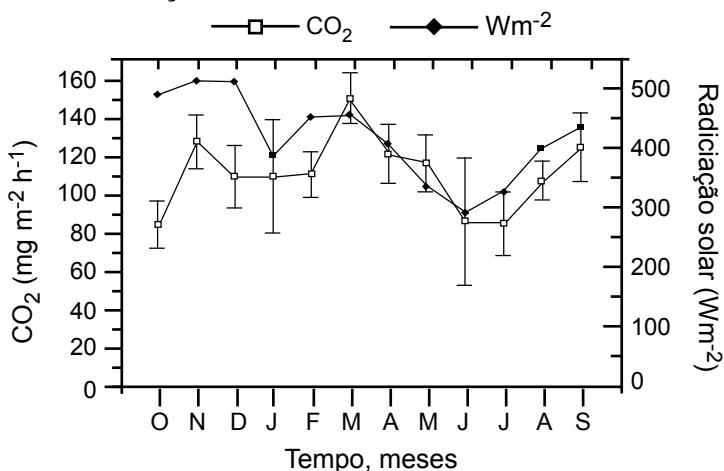
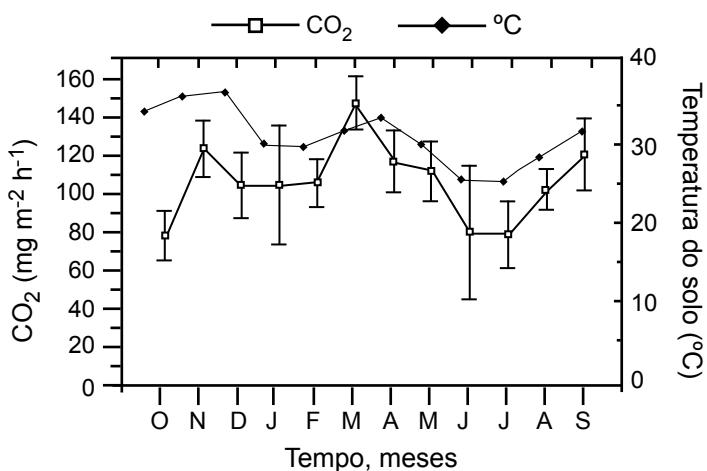


FIGURA 8 – PRODUÇÃO DE CO₂ DO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO E DA TEMPERATURA DO SOLO A 10 CM DE PROFUNDIDADE DURANTE O PERÍODO DE OUT. 2003 A SET. 2004. CADA PONTO REPRESENTA A MÉDIA DE 60 REPETIÇÕES. CADA PONTO DE TEMPERATURA DO SOLO REPRESENTA A MÉDIA DO MÊS CORRESPONDENTE.



CONCLUSÕES

- Na estação chuvosa, quando a radiação solar e temperatura do ar e do solo diminuem e a nebulosidade aumenta, também diminuiu a taxa de perdas de CO₂ do solo.
- Na estação seca, quando ocorria alguma precipitação pluviométrica, a taxa de respiração edáfica, expressa em termos de perdas de CO₂ do solo para a atmosfera, aumentou com a disponibilidade de água do solo.
- A taxa de CO₂ varia ao longo do dia em função da incidência da radiação solar e das oscilações da temperatura do ar e do solo.
- Mesmo quando a disponibilidade de água no solo se elevou nos meses de maiores precipitações, o aumento ou a diminuição da taxa de CO₂ dependia da incidência da radiação solar.
- A produção de CO₂ do solo foi menor nos meses de outubro, junho e julho, decorrente da diminuição dos elementos solarimétricos (radiação solar e insolação).

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 467 p.
- ARAUJO, K. D. et al. Correlação de perdas de C-CO₂ com radiação solar e temperatura do solo no semi-árido paraibano. In: SBCS, 30., 2005, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.
- BAKKE, I. A. et al. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semi-árido da Paraíba. In: ENCONTRO NORDESTINO DE BIOGEOGRAFIA – ENB, 2., 2001, Maceió. *Anais...* Maceió: UFAL, 2001. p. 225-231.
- BAYER, C. Manejando os solos agrícolas para alta qualidade em ambientes tropicais e subtropicais. In: FERTBIO, 26., 2004, Lages. *Anais...* Lages: UDESC e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.
- BLEY JR., C. Erosão Solar: riscos para a agricultura nos trópicos. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 25, p. 24-29, 1999.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.133-142, 1990.
- DUARTE, J. J. Desertificação do semi-árido paraibano. *Conceitos*, v. 9, p. 53-60, 2003.
- FEIGL, B. J.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C. Effects of pasture introduction on soil CO₂ emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. *Biogeochemistry*, v. 31, p. 1-14, 1995.
- GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura*, v. 30, p. 82-88, 1978.
- LIRA, A. C. S. de. *Comparação entre povoamento de eucalipto sob diferentes práticas de manejo e vegetação natural de cerradão, através da respiração, infiltração de água e mesofauna do solo*. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MORITA, T.; ASSUNPÇÃO, R. M. V. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. São Paulo: E. Blücher, 1972. 629 p.
- MATTER, U. F. et al. Avaliação da biomassa microbiana em solo cultivado com três espécies de adubo verde de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. *Soil microbiology and biochemistry*. Califórnia: Academic Press, 1996. 340 p.
- POGGIANI, F.; RESENDE, G. C.; SUITER FILHO, W. Efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após o corte raso e alterações nas propriedades do solo. *IPEF*, v. 24, p. 33-41, 1983.
- SCHILENTER, R. E.; CLEVE, K. V. Relationships between CO₂ evolution from soil, substrate temperature, and substrate moisture in four mature forest types in interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 15, p. 97-106, 1985.
- SINGH, J. S.; GUPTA, S. R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *Botan. Rev.*, n. 43, p. 449-528, 1977.
- SOUTO, P. C. *Estudo da dinâmica de decomposição de estercos na recuperação de solos degradados no semi-árido paraibano*. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2002. 110 p.

- TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises do solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. p. 188. (Boletim Técnico).
- TREVISAN, R.; MATTOS, M. L. T.; HERTER, F. G. Atividade microbiana em argissolo vermelho-amarelo distrófico típico coberto com aveia preta (*Avena sp.*) no outono, em um pomar de pessegoiro. *Científica Rural*, v. 7, p. 83-89, 2002.
- TSAI, S. M.; CARDOSO, E. J. B. N.; NEVES, M. C. P. *Microbiologia do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360 p.