

ATIVIDADE MICROBIANA E FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO VARIAÇÃO UNA, SUBMETIDO À QUEIMA E À PERCOLAÇÃO¹

Quintino Reis de Araujo²
Matosinho de Souza Figueiredo³
Liovando Marciano da Costa⁴
Emílio Gomide Loures⁴
Adair José Regazzi⁵
Luiz Eduardo Ferreira Fontes⁴
Vicente Wagner Dias Casali³

1. INTRODUÇÃO

Apesar do uso difundido do fogo em sistemas agrícolas, a pesquisa agronômica brasileira apresenta lacuna acerca de seus efeitos sobre as propriedades do solo. Os métodos culturais adotados expõem os solos aos efeitos das máquinas agrícolas, do fogo, da chuva e dos ventos, os quais promovem alterações edáficas. A recuperação das condições adequadas é processo muito lento.

A percolação, quando causa perda de sais solúveis, constitui-se no fenômeno da lixiviação. Esses processos, em geral, estão associados e

¹ Parte da tese de mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Fitotecnia da UFV.

Aceito para publicação em 25.11.1994.

² CEPLAC. Cx. Postal 07. 45600-000 Itabuna, BA.

³ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

⁴ Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa.

⁵ Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa.

apresentam correlação direta. Com a denominação de erosão vertical, HUDSON (10) comenta que o deslocamento de pequenas partículas, em virtude da percolação, pode provocar perdas de partículas finas em um local e aumento destas em outro.

A matéria orgânica do solo constitui sistema dinâmico e está sujeita a mudanças contínuas durante o processo de formação e decomposição de seus constituintes (11). A natureza desses processos depende das condições de formação das propriedades químicas, físicas e físico-químicas do solo, da atividade microbiana, da cobertura vegetal, do relevo, dos fatores climáticos e da atividade do homem (Tsyplenkov *et alii*, 1974, citados por MENDONÇA (12)).

Um dos principais fatores que controlam a decomposição da matéria orgânica é o ciclo de umedecimento e secagem do solo, o qual é determinado pelo clima e pelas práticas agrícolas, como o fogo (2). Assim, as condições de temperatura e umidade podem influenciar a natureza e as propriedades das substâncias húmicas.

Algumas das questões relacionadas com a queima é se esta pode afetar a matéria orgânica do solo ou se seus efeitos sobre esta matéria se referem à sua qualidade ou, ainda, o que se esperar, ao longo do tempo, com relação à matéria orgânica do solo e a suas propriedades relacionadas com os processos físicos, químicos e biológicos no solo, após uma queima.

Analisando os efeitos do fogo sobre substâncias húmicas do horizonte A de solos com argila de alta atividade, ORIOLI e CURVETTO (14) concluíram ser possível que as mudanças do ambiente do solo, causadas pela queimada, possam afetar propriedades da matéria orgânica, em um longo período após a queimada. Deve-se observar que o uso do fogo, normalmente, antecede o período das chuvas.

Esta pesquisa objetivou estudar os efeitos da queima associada à percolação no perfil do solo, sobre o fracionamento da matéria orgânica e a atividade microbiana de um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo e Solo - Estudou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una (LU), situado na Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, MG), em área com mais de 25 anos sem exploração agrícola, a qual apresentava domínio de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.).

Procedimentos de Queima - Foram aplicados dois níveis de queima sobre o capim-gordura, cortado e seco ao ar, com os seguintes tratamentos correspondentes a massas de substrato, em kg/m²: 0 = (Q0),

como controle, e 12 = (Q12). Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental ocupou 7,2 m² (2,4 x 3,0 m) de área, utilizando-se desta como área útil, 3,96 m², ou seja, considerando-se como bordadura uma faixa de 0,40 m.

Neste estudo, a queima foi realizada nove dias após uma chuva de 9,7 mm. Procedeu-se ao acompanhamento da umidade do solo e do substrato.

Mediu-se a temperatura no nível Q12 da queima por meio de um conjunto de cinco termopares de cromel-alumel, constituídos de um par de metais soldados para uso termoeletrico, espaçados de 3 cm (0, 3, 6, 9 e 12 cm de profundidade), instalados em uma sonda de cimento refratário (concreto aluminoso), ligados a uma chave seletora e a um termômetro digital, estando o operador da chave e do termômetro distante 5,0 m do substrato queimado.

Amostragem - Todas as amostras de solo foram coletadas, no dia seguinte à queima, com um conjunto de sonda para retirada de amostras indeformadas, utilizando-se tubos de PVC de 7,5 mm de diâmetro, com 20 cm de altura, em pontos aleatórios e centrais de cada área útil. As cinzas foram mantidas na superfície de cada amostra coletada, como componente do sistema. A amostra analisada resultou da reunião de sete amostras simples, em cada repetição.

Percolação - No procedimento de laboratório, as amostras indeformadas, coletadas de cada nível de queima, foram uniformizadas para uma profundidade de 15 cm de coluna de solo, descartando-se os 5 cm inferiores, saturadas e submetidas aos tratamentos de percolação com água destilada, representados por dois níveis, em litros: 0 = (L0), como controle, e 2 = (L2). A água contida em um béquer foi aplicada lentamente, procurando-se manter uma coluna d'água de 3 cm acima do nível do solo.

Propriedades Estudadas - Para as análises, o material do solo foi dividido em camadas correspondentes às profundidades, em cm, de: 0-3 (P1) e 6-12 (P3).

Atividade Microbiana do Solo - Avaliada pelo método descrito por CURL e RODRIGUEZ-KABANA (5), no qual se mede a evolução de CO₂ sob condições de aeração forçada, em temperatura ambiente, tendo sido a umidade inicial das amostras de solo elevada para 60% da capacidade de campo. As medições foram realizadas nos tempos de 24, 72, 120, 216, 312, 408 e 504 horas.

Fracionamento da Matéria Orgânica - Realizado pelo método de precipitação química e filtração, preconizado por KONONOVA (11), para determinação da composição do húmus de solos minerais.

A solução extratora (pirofosfato de sódio 0,1M + hidróxido de sódio 0,1M) apresentava pH em torno de 10,0. A mistura da solução extratora (100 ml) ficou em reação com o solo (5,0 g) por 18 horas, em condições ambientais.

Análise Estatística - Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com os tratamentos dispostos no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos das parcelas constituíram fatorial de 2 x 2, sendo dois níveis de queima (0 e 12 kg de substrato/m²) e dois níveis de percolação (0 e 2 litros de água). As duas profundidades (0-3 e 6-12 cm) constituíram os tratamentos das subparcelas. Por se tratar de fatores envolvendo dois níveis, as médias dos tratamentos foram comparadas dentro da própria análise de variância pelo teste F, adotando-se nível de significância de até 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Temperatura de Queima*

A elevação da temperatura, em decorrência da queima (12 kg de substrato/m²), é apresentada no Quadro 1 e revela que o calor atingiu a profundidade de 6 cm, tendo alcançado, na superfície do solo, 59°C (aos 18 min), mostrando uma elevação de temperatura relativamente baixa em comparação com dados de outras pesquisas (6, 13).

No presente trabalho, a pequena elevação da temperatura decorreu possivelmente das condições de umidade do substrato (Quadro 2). A precipitação de 9,7 mm, ocorrida a nove dias da queima, aumentou consideravelmente a umidade do substrato, cujo teor era de 59,76% no interior da pilha de capim, na data da queima. Considerando que a água tem poder calorífico e calor de vaporização relativamente elevados (3), grande parte da energia gerada pelo fogo foi absorvida pela água na elevação de sua temperatura e mobilizada para sua própria vaporização, reduzindo a energia calorífica que chegava ao solo.

Conforme UHL *et alii* (20), em estudos realizados na Amazônia, a propagação do fogo em material combustível é dificultada com umidade a partir de 15%.

Outra razão provável que impediu a maior elevação da temperatura foi o rápido tempo de queima, em decorrência do vento relativamente forte, no período da queima.

Conforme dados apresentados em diversos trabalhos (4, 6, 13), as temperaturas alcançadas durante as queimadas e as alterações físicas, químicas e biológicas no solo, na fauna e flora dos ecossistemas dependem do material vegetal combustível; da quantidade por área, do conteúdo de

QUADRO 1 - Temperatura do solo (°C) no nível Q12 de queima, nas profundidades de 0, 3, 6, 9 e 12 cm, sem queima e dos 15 aos 48 minutos de queima

Tempo (min)	Profundidade (cm)				
	0	3	6	9	12
	-----Temperatura (°C)-----				
(Sem queima)					
00	22	21	20	23	20
(Com queima)					
15	47	20	20	21	19
18	59	23	21	22	21
21	39	25	20	21	20
24	33	24	20	20	19
27	30	24	20	19	19
30	29	24	20	20	19
33	28	24	21	20	19
36	28	24	21	20	20
39	27	24	21	20	19
42	26	24	21	20	19
45	26	23	22	21	20
48	25	23	22	21	20

umidade; da fragmentação; forma de amontoamento e distribuição espacial; das condições ecológicas, como direção e velocidade do vento, e ocorrência de chuva antes e durante a queima; da temperatura e umidade do ar; da textura do solo, do conteúdo de umidade e da matéria orgânica, da condutividade térmica; da estrutura do solo; dentre outras causas.

3.2 Fracionamento da Matéria Orgânica

As substâncias húmicas da matéria orgânica do solo, estudadas por meio das medidas de Ácidos Húmicos (AH), Ácidos Fúlvicos (AF) e Huminas (HU), apresentaram alterações que são registradas na diferença entre profundidades na relação AF/AH e no efeito da interação queima x profundidade para AH (Quadro 3) e relação AF/AH (Quadro 4).

A diminuição dos AH pode estar ligada ao aumento de pH com as cinzas da queima, pois quando o solo se torna mais alcalino ocorre fragmentação das moléculas de AH, da qual resulta em aumento da

QUADRO 2 - Percentagem de umidade média na superfície e no interior do substrato e do solo, nas três profundidades, antes e depois da queima, nos seus quatro níveis

	Situação da meda	Condições iniciais	Após 9,7mm de chuva	Momento da queima	17 h após a queima	
					Q0	Q12
Substrato (bu)	Superfície	10,25	27,13	16,64	-	-
	interior	10,30	66,44	59,76	-	-
Solo (bs)	Profund. (cm)					
	P1 (0-3)	36,23	41,55	35,58	31,47	32,97
	P2 (3-6)	36,86	36,08	35,47	31,52	32,32
	P3 (6-12)	34,51	34,33	33,23	31,55	31,79

bu = % umidade base úmida; bs = % umidade base seca.

QUADRO 3 - Carbono orgânico de ácidos húmicos, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una, em função de dois níveis de queima, em duas profundidades

Profundidades (cm)	Níveis de queima (kg substrato/m ²)	
	Q0 (0)	Q12 (12)
	---- % do carbono orgânico total----	
P1 (0-3)	8,04 a A	8,47 a A
P3 (6-12)	8,32 a A	6,01 b B

a > b (linha), A > B (coluna), (P < 0,05) pelo teste F.

QUADRO 4 - Relação ácidos fúlvicos/ácidos húmicos, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una, em função de dois níveis de queima, em duas profundidades

Profundidades (cm)	Níveis de queima (kg substrato/m ²)	
	Q0 (0)	Q12 (12)
P1 (0-3)	3,29 a A	2,74 a B
P3 (6-12)	2,96 b A	4,81 a A

a > b (linha), A > B (coluna), (P < 0,05) pelo teste F.

mobilidade de componentes do solo (9). Os AH fragmentados e em suspensão ficam mais sujeitos às perdas. Tal fato pode representar extração, ainda que parcial, de frações mais ativas da matéria orgânica (4). Os AH e, em menor quantidade, os AF possuem muitos grupos funcionais contendo oxigênio (18).

Com essa possível maior mobilidade dos AH e sua susceptibilidade às perdas, sérias implicações poderiam ocorrer sobre o solo, por exemplo, quanto à sua capacidade de troca, já que os AH se constituem em fração muito ativa, por apresentarem grande número de cargas e, assim, alta CTC (3). Tal fato pode afetar negativamente as condições dos solos nos quais a CTC depende muito da matéria orgânica presente.

Os valores médios de AF e HU, que não apresentaram diferenças estatísticas, nem em função da queima nem pela percolação, são apresentados na Figura 1. A pequena elevação dos AF está relacionado com o calor da queima, com efeitos na despolimerização de compostos de cadeias maiores (AH) e conseqüente formação dos AF que são menos polimerizados. A tendência a aumentos do AF com a queima, na camada de 6-12 cm, relacionada com a diminuição de AH, provocou a maior

relação AF/AH, conforme registrado no Quadro 4. Os AF dispersam em água (3) e migram mais no perfil do solo.

A metodologia utilizada para extração e fracionamento das substâncias húmicas é uma das que menos distorções promovem nos resultados, não superestimando ou subestimando cada fração. Porém, neste caso, não foi sensível o suficiente para detectar outras possíveis alterações, fato também mencionado em trabalhos anteriores (7, 8, 15). Problemas metodológicos têm sido apontados como responsáveis por alguns resultados contraditórios, nos estudos de fracionamento da matéria orgânica (18, 19).

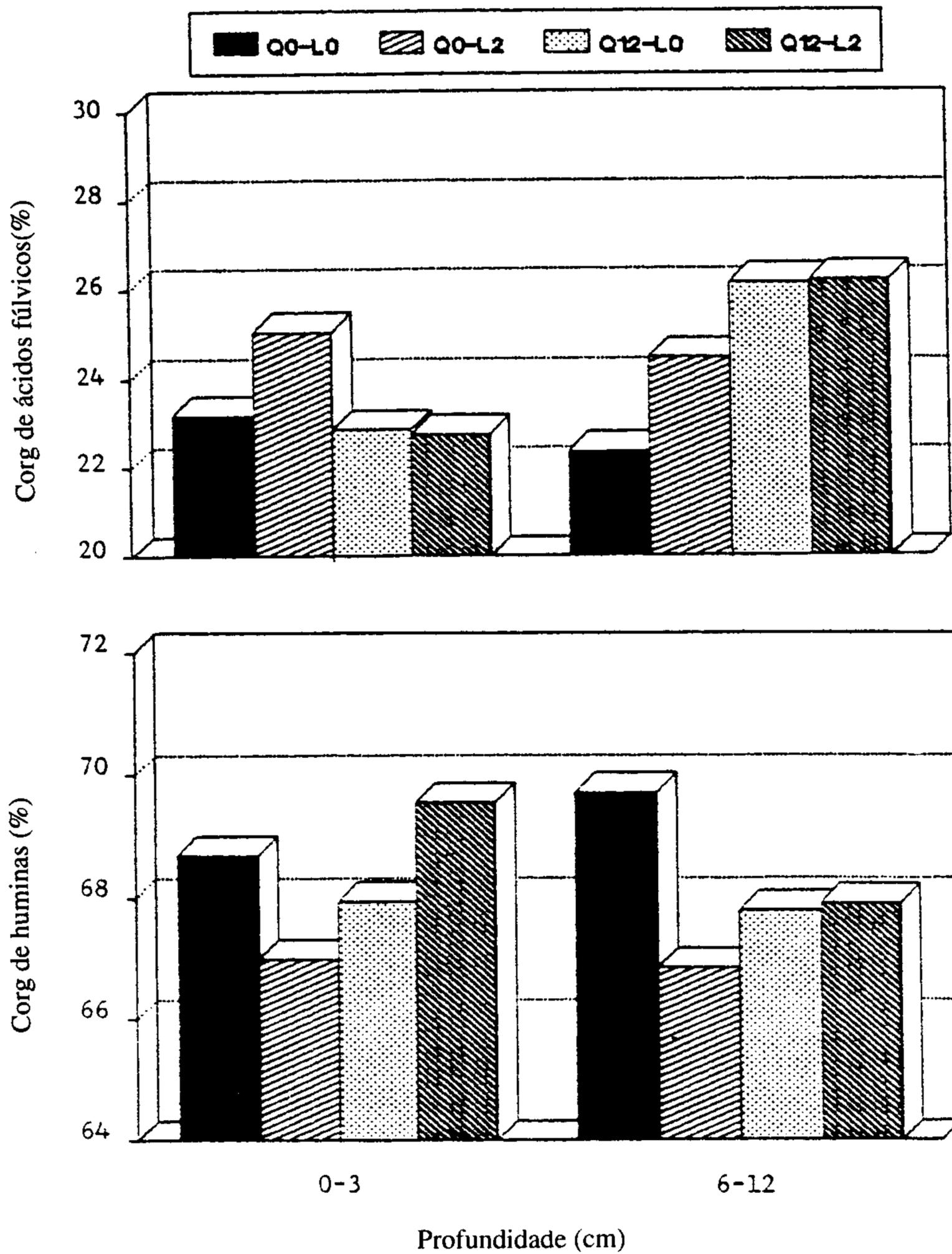
3.3. Atividade Microbiana

A atividade microbiana, medida por meio da evolução de CO₂, foi avaliada cumulativamente para os tempos de incubação de 24, 72, 120, 216, 312, 408 e 504 horas.

Os resultados mostram que a atividade microbiana foi alterada nas profundidades em todos os tempos de incubação, como pode ser visualizado na Figura 2, e por efeito dos tratamentos de percolação x queima nos tempos de 216, 312, 408 e 504 horas, cujos desdobramentos estão no Quadro 5.

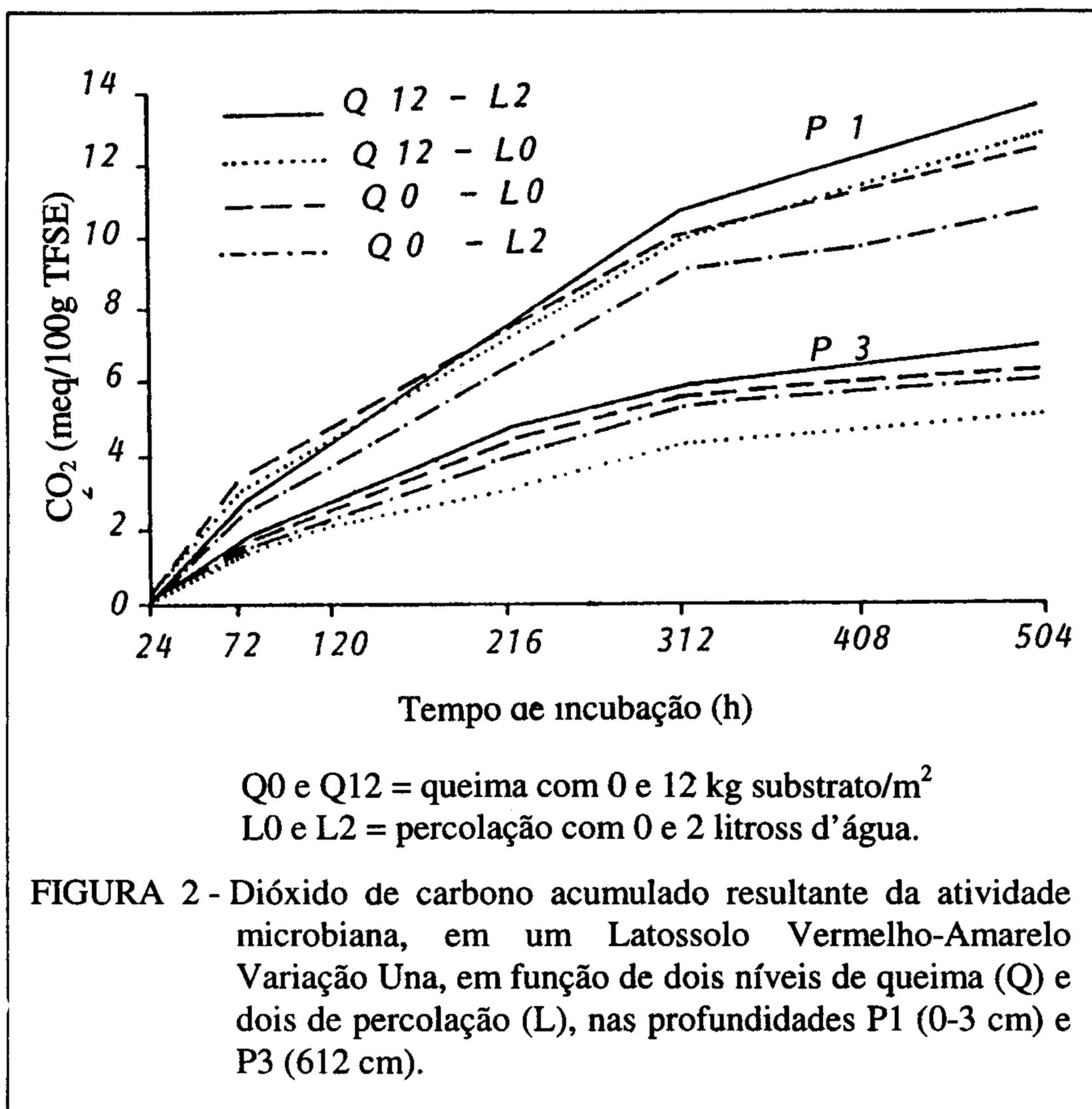
Apesar de não haver diferença significativa entre tratamentos de percolação e queima, na atividade microbiana, na profundidade P1, pode-se observar que os maiores valores ocorrem nos tratamentos de queima e onde a água de percolação umedeceu a amostra de solo, o que pode ser explicado com base no maior teor de C, na camada superficial, nas melhores condições nutricionais proporcionadas pelas cinzas, assim como na umidade disponível aos microorganismos. Além disso, os maiores valores de pH e os menores valores de alumínio trocável favorecem a atividade microbiana, com maior produção de CO₂, confirmando estudos de GOMES (8), que avaliou o CO₂ evoluído em latossolos sob diferentes coberturas vegetais. ALMENDROS *et alii* (1) encontraram maior atividade nos primeiros 20 dias após o aquecimento, em vista da rápida recolonização microbiana, cujo aumento desapareceu após os 20 dias. Pelo contrário, as condições menos favoráveis da camada mais profunda (P3) levam à atividade microbiana menor, promovendo, em menor tempo, a evolução de CO₂ praticamente constante, refletindo a menor disponibilidade de carbono.

A Figura 3 apresenta, de forma gráfica, as médias comparadas no Quadro 5 e inclui os resultados dos demais tempos de incubação, englobando as duas camadas do solo. Pode-se concluir que as cinzas



Q0 e Q12 = queima com 0 e 12 kg substrato/m².
 L0 e L2 = percolação com 0 e 2 litros d'água.

FIGURA 1 - Carbono orgânico de ácidos fúlvicos e de húminas, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una, em função de dois níveis de queima (Q) e dois de percolação (L), em duas profundidades.



proporcionaram melhores condições de desenvolvimento dos microorganismos, cuja consequência provável seria a decomposição mais acelerada da MO, nos períodos subsequentes à queima. Este fato foi comprovado por SANTOS e GRISI (17), que estimaram a redução da MO em 50 e 30%, no primeiro e no segundo ano após a queima, respectivamente.

Conforme SALCEDO (16), em um padrão sazonal, o aporte de C ao solo pela vegetação compensa a decomposição microbiana da MO. Este equilíbrio, quando rompido, provocará queda no nível de MO, diminuindo a fertilidade natural do solo. Segundo SAMPAIO*, temperaturas de 60°C já não causam grandes efeitos sobre microorganismos e MO; informa

(*) SAMPAIO, E.V.S. Professor da Universidade Federal de Pernambuco (Queimada, Efeitos do Fogo). Brasília, DF, IBAMA, 1992 (Informação Pessoal).

QUADRO 5 - Dióxido de carbono acumulado resultante da atividade microbiana, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una, em função de dois níveis de percolação e dois de queima, nos tempos de incubação (I) 216, (II) 312, (III) 408 e (IV) 504 horas

(I) 216 h			(II) 312 h		
Níveis de percolação	Níveis de queima		Níveis de percolação	Níveis de queima	
	Q0	Q12		Q0	Q12
	meq CO ₂ /100 g TFSE			meq CO ₂ /100 g TFSE	
L0	5,75 a A	5,27 a A	L0	7,65 a A	7,08 a A
L2	5,22 a A	6,12 a A	L2	7,16 a A	8,28 a A
dms = 0,93			dms = 1,26		
(III) 408 h			(IV) 504 h		
Níveis de percolação	Níveis de queima		Níveis de percolação	Níveis de queima	
	Q0	Q12		Q0	Q12
	meq CO ₂ /100 g TFSE			meq CO ₂ /100 g TFSE	
L0	8,58 a A	8,01 a A	L0	9,35 a A	8,66 a A
L2	7,73 b A	9,35 a A	L2	8,40 b A	10,16 a A
dms = 1,39			dms = 1,67		

Q0 e Q12 = queima com 0 e 12 kg substrato/m².

L0 e L2 = percolação com 0 e 2 litros d'água.

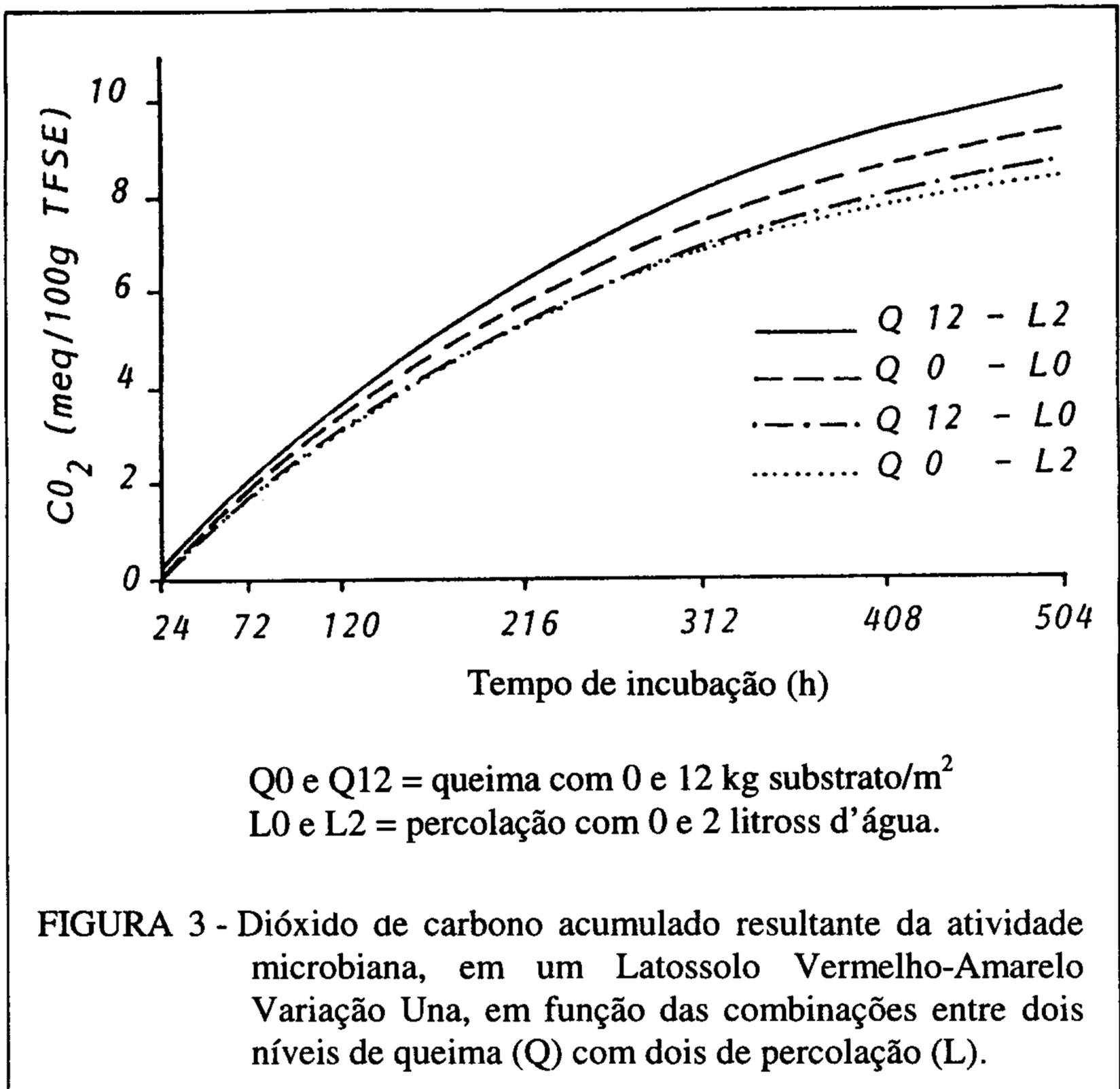
a > b (linha), A > B (coluna), (P < 0,05) pelo teste F.

ainda que o aumento no metabolismo microbiano é reduzido por volta dos seis meses, pois os nutrientes são exauridos e há falta de substrato, com rápida decomposição da MO, sendo esses efeitos mais pronunciados na camada superficial.

De modo geral, para grande parte dos agricultores que usam o fogo e não utilizam métodos conservacionistas ou um manejo mais adequado, a freqüente decomposição da MO, a partir do estímulo no metabolismo microbiano, cumulativamente, provocaria séria degradação do solo.

3.4. Considerações Finais

A queima realizada neste estudo, mesmo sendo avaliada como de pequena intensidade, causou alterações importantes sobre propriedades do solo. Pode-se vislumbrar que o uso do fogo, principalmente sem controle e



em situações mais adversas, do ponto de vista das condições do material vegetal, do solo e do clima, promoveria maiores prejuízos ao ambiente. Particularmente, a queima como prática repetida e por ação cumulativa, associada com as chuvas posteriores e ao lado de outros aspectos de manejo, pode provocar séria degradação ao solo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Estudaram-se os efeitos da queima e da percolação sobre a atividade microbiana e as frações da matéria orgânica em um Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una, submetido à queima associada à percolação. A queima, aplicada em campo, constou de tratamentos de duas massas de substrato (0 e 12 kg/m²). Mantendo a cinza na superfície de amostras indeformadas, procedeu-se à percolação, em laboratório, aplicando-se tratamentos de dois volumes d'água (0 e 2 litros). Foram analisadas duas camadas do perfil do solo (0-3 e 6-12 cm).

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A temperatura do solo, medida no momento da queima, por meio de termopares de cromel-alumel, foi de 59°C na superfície, com a aplicação da queima aos 18 minutos. Apesar de a queima rápida sobre material combustível relativamente úmido não ter elevado muito a temperatura do solo, os resultados mostraram que, por efeito da queima, houve redução nos teores de ácidos húmicos e que a queima e a percolação aceleraram a atividade dos microorganismos do solo, medida por evolução de dióxido de carbono, embora não tenha sido detectada variação significativa pela análise estatística.

5. SUMMARY

(MICROBIAL ACTIVITY AND ORGANIC MATTER FRACTIONATION OF A RED-YELLOW LATOSSOL SUBJECTED TO BURNING AND PERCOLATION).

The objective of this paper was to study microbial activity and organic matter extraction and fractionation of a Red-yellow Latosol, subjected to burning associated with percolation. Burning consisted of treatments of two grass residues (0 and 12 kg/m²), applied in the field. The ash was maintained on the surface of the undisturbed soil samples which were submitted to percolation, in laboratory, with treatments of two water volumes (0 and 2 liters). Two upper layers of the soil profile (0-3 and 6-12 cm) were analysed. The soil surface temperature was 59°C, after 18-minute burning. Despite the quick burning on a relatively moist material, the temperature did not increase considerably. The results showed that the burning reduced the percentage of humic acid and, together with percolation, also accelerated soil microbial activity, measured by carbon dioxide evolution.

6. LITERATURA CITADA

1. ALMENDROS, G.; GONZÁLEZ-VILA, F. J. & MARTIN, F. Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. *Soil Sci.*, 149(3):158-168, 1990.
2. BIRCH, H. F. The effects of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*, 10:9-31, 1958.
3. COSTA, J. B. *Caracterização e constituição do solo*. 3 ed. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 1985. 526 p.
4. COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (ed.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p. 237-264.

5. CURL, E. A. & RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions In: WILKINSON, R.E. (ed.). *Research methods in weed science*. Georgia, Atlanta, Enterprises, 1971. p. 161-197.
6. FASSBENDER, H. W. Experimentos de laboratório para el estudio del efecto del fuego de la quema de restos vegetales sobre propiedades del suelo. *Turrialba*, 25:249-254, 1975.
7. FIALHO, J. F. *Efeitos da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividade microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região de Viçosa, Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1985. 55 p. (Tese M.S.).
8. GOMES, P.C. *Influência da cobertura vegetal na formação e evolução do húmus e sua relação com algumas propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo no município de Viçosa-MG*. Viçosa, UFV, 1992. 60 p. (Tese M.S.).
9. GHOSH, K. & SCHNITZER, M. Macromolecular structures of humic substances. *Soil Sci.*, 129:266-276, 1980.
10. HUDSON, N. *Soil conservation*. 2 ed. New York, Cornell University Press, 1971. 324 p.
11. KONONOVA, M.M. *Soil organic matter*. 2 ed. New York, Pergamon Press, 1966. 555 p.
12. MENDONÇA, E. de S. *Matéria orgânica e características químicas de agregados de um latossolo vermelho-amarelo sob mata natural, seringueira e pastagem*. Viçosa, UFV, 1988. 78 p. (Tese M.S.).
13. MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS, 1, Brasília, DF, 1992. *Programa e Resumos*, Brasília, SEMAN/IBAMA, 1992. 26 p..
14. ORIOLI, G. A. & CURVETTO, N. R. The effect of fire on soil humic substances. *Plant and Soil*, 50:91-98, 1978.
15. PARRA, M. S. *Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num latossolo roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de cultura*. Viçosa, UFV, 1986. 94 p. (Tese M.S.).
16. SALCEDO, I. H. *Queimadas no semi-árido pernambucano - implicações na dinâmica de carbono, nitrogênio e fósforo*. Recife, UFPE, 1992. 21 p. (Folheto)
17. SANTOS, O. M. & GRISI, B. M. Efeito do desmatamento na atividade de microorganismos de solo de terra firme na Amazônia. *Acta Amazonica*, 11:97-102, 1981.
18. STEVENSON, F. J. *Humus chemistry*. New York, Interscience, 1982. 443 p.
19. TSYPLENKOV, V. P.; TERESHENKOVA, I. A. & RASTVOROVA, O.G. Transformation of organic matter in forest soils. *Soviet Soil Science*, 6:13-17, 1974.
20. UHL, C.; KAUFFMAN, J. & DIAS, E. Impacto das queimadas na floresta amazônica. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS, 1, Brasília, DF, 1992. *Programa e Resumos*, Brasília, SEMAN/IBAMA, 1992. p. 27.