

Efeito do Fogo nas Características Químicas e Biológicas do Solo no Sistema Agroflorestal da Bracatinga

Danielle Janaina Westphalen Pomianoski¹

Renato Antonio Dedecek²

Luciano Javier Montoya Vilcahuaman³

RESUMO

Avaliou-se o efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo no sistema agroflorestal tradicional da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). A queima dos resíduos da exploração é utilizada para regenerar o bracatingal, como forma de controlar as plantas invasoras e facilitar a implantação de lavouras. Os tratamentos consistiram no uso e não uso do fogo e mata nativa como testemunha. O período amostrado foi entre maio de 2002 e agosto de 2003, onde foram analisadas variáveis químicas e biológicas do solo, em diferentes períodos. A queima dos resíduos da colheita da bracatinga aumenta inicialmente a concentração dos nutrientes, principalmente do fósforo, nas camadas de 1 a 2 cm e influenciam a quantidade de carbono da biomassa microbiana, no primeiro ano. A manutenção da cobertura vegetal de bracatinga em sistema agroflorestal tradicional, sem o uso do fogo, controla a erosão e mantém os nutrientes no solo, melhorando a sustentabilidade desta atividade florestal.

Palavras-chave: Revegetação, sustentabilidade, carbono na biomassa microbiana, nutrientes.

¹ Engenheira Agrônoma, Mestre, Universidade Federal do Paraná. email: danij@ufpr.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, pesquisador da *Embrapa Florestas*. email: dedecek@cnpf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, pesquisador da *Embrapa Florestas*. email: lucmont@cnpf.embrapa.br

Effects of Burning Harvesting Residues on Soil Chemical and Biological Characteristics Under Agroforestry System With Bracatinga

ABSTRACT

The effect of burning residues was evaluated on soil chemical and biological characteristics under bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) agroforestry system. This system uses to burn residues to assure revegetation of new harvest and to control weeds. Treatments tested were revegetation using fire and without fire and a test plot consisting of native forest. The period of sampling started on May 2002 until August 2003, and soil samplings for chemical and biological analyses were on different dates. Burning harvesting residues of bracatinga increases initially soil nutrient concentration, mainly P in 1 and 2 cm surface soil layers, and influenced the amount of C in the microbe biomass in the first year. Maintaining soil cover with bracatinga harvesting residues, without using fire, may control soil erosion and the nutrients will be slowly released, promoting site sustainability on this forest activity.

Keywords: Revegetation, site sustainability, C on microbe biomass; soil nutrients.

1. INTRODUÇÃO

Foram identificados como principais problemas das florestas da Região Metropolitana de Curitiba, a manutenção do equilíbrio ecológico e a melhoria do beneficiamento dos derivados da madeira de bracatinga (MAZUCHOWSKI, 1990). Pode-se argumentar ainda a importância social da floresta desta região, uma vez que dos 2 milhões de habitantes, 200 mil ainda vivem no meio rural, em que a atividade florestal é uma das principais. As florestas recobrem dois terços desta região e a bracatinga representa 7 % do total (MAZUCHOWSKI, 1990).

Mazza et al. (2000) mencionam que, nos últimos anos, a oferta vantajosa de resíduos de serraria na Região Metropolitana de Curitiba tem causado redução

expressiva da demanda de lenha e da área de bracatingais explorada anualmente.

Na Região Metropolitana de Curitiba, o Sistema Agroflorestal de cultivo da bracatinga, desde seu início, apresentou poucos avanços tecnológicos, quer na implantação, quer na condução e manutenção dos cultivos agrícolas consorciados, resultando em baixa produtividade. Mesmo assim, mostravam-se rentáveis, devido aos custos baixos de implantação e manutenção (BAGGIO et al., 1986).

Os produtores da Região Metropolitana de Curitiba manejam os bracatingais, por muitos anos, de forma empírica (CARPANEZZI, 1994). Segundo Carneiro et al. (1982), é feita uma roçada para limpeza da área, o que facilita o corte da bracatinga, que ocorre entre cinco a dez anos de idade, na forma de corte raso. Após o corte, é prática usual a queima dos resíduos da exploração, sendo realizada em meados de setembro, a partir da quebra de dormência das sementes acumuladas em diferentes camadas do solo e a conseqüente regeneração natural da floresta. Os proprietários executam, após a queima, o plantio de culturas agrícolas, principalmente milho e feijão. Normalmente aos 30 e 60 dias após o fogo, são realizadas capinas das culturas de ciclo curto que servem também para ralear o excesso de plântulas de bracatinga.

Após a colheita das culturas, a área é ocupada apenas pela bracatinga, onde o número de plantas é elevado e em dispersão irregular, podendo atingir de 10 a 40 mil árvores por hectare (BAGGIO & CARPANEZZI, 1995). Para Baggio & Carpanezzi (1995), apesar de ser uma prática tradicional, a queima dos resíduos orgânicos induz a uma diminuição da qualidade dos sítios, gerando problemas ambientais.

Sob o ponto de vista de conservação do solo, o efeito do fogo pode variar de acordo com as condições ambientais no momento da queima e com o tipo de solo (BATMANIAN, 1983). Seu efeito sobre o ecossistema também depende da intensidade, da duração e da freqüência das queimadas, e ainda da quantidade e da qualidade da serrapilheira acumulada. Em função dessas características, há também uma perda de nutrientes devido a sua volatilização, quando a temperatura atinge graus elevados na superfície do solo (BRINKLEY et al., 1994). Assim, entre 60 °C e 100 °C, ocorre a esterilização da camada superficial do solo; a 200 °C a volatilização do N; entre 300 °C e 600 °C a volatilização do enxofre e do fósforo, e acima de 1000 °C, a volatilização do cálcio e do magnésio, (BRINKLEY et al., 1994).

Após acompanhar durante 30 anos a aplicação do fogo controlado em florestas de pinheiros na Carolina do Sul (EUA), Brinkley et al. (1994) chegou a conclusão de que sua aplicação anual prejudicava o solo.

Nos bracingais do sistema tradicional, a distribuição de resíduos de exploração (incluindo serrapilheira) é desuniforme no terreno, o que conduz à variação espacial da intensidade do fogo. A avaliação em parcelas de 10 m², dos valores máximo e mínimo de biomassa de resíduo indicou como típica a proporção de 3:1 (BAGGIO & CARPANEZZI, 1995).

Geralmente, o fogo não afeta os nutrientes nas camadas inferiores a 2 cm do solo (DEBANO & CONRAD, 1978). No entanto, o maior estoque de nutrientes está contido na biomassa e em menor quantidade na serrapilheira e nos primeiros centímetros de solo. Com a queimada, a biomassa florestal e a matéria orgânica do solo sofrem uma abrupta mineralização, especialmente em camadas com até 0,5 cm de profundidade de solo, devido às cinzas com alta concentração de P, K e Ca (OWENSBY & WYRILL, 1973; COUTINHO, 1990). Durante as chuvas fortes os elementos cálcio, magnésio, potássio e nitratos são arrastados pelas águas ou lixiviados em profundidades, prejudicando o processo de ciclagem biogeoquímica, que na prática garante a continuidade da produtividade florestal (JORDAN, 1987).

A reposição da cobertura vegetal de bracinga em sistema agroflorestal tradicional da Região Metropolitana de Curitiba, sem uso do fogo, aumentaria a concentração de nutrientes, dando assim sustentabilidade à atividade florestal, sendo esta, portanto, a justificativa para a realização deste trabalho, cujo objetivo é analisar o efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre maio de 2002 a agosto de 2003, em dois bracingais, típicos do sistema tradicional de cultivo, após seu corte raso, situados no Município de Colombo, na parte norte da Região Metropolitana de Curitiba.

A altitude predominante na região é de 950 m, sendo a vegetação original classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana, segundo Veloso et al.

(1991). O clima, pela classificação de Koeppen, é do tipo Cfb, subtropical úmido sem estação seca, com temperaturas médias do mês mais frio abaixo de 18 °C e do mês mais quente abaixo de 22 °C, (ROTTA & MENDES 1990). O solo de todas as parcelas foi classificado como Cambissolo Háplico textura argilosa (SISTEMA...,1999).

O experimento foi instalado em duas áreas: na propriedade de Antonio Andreatta, onde foram selecionadas duas parcelas de 10 m x 25 m no sentido do declive, tratamento T1: revegetação sem uso do fogo, em declive de 20 %; tratamento T2: bracatingal a ser restabelecido por fogo em declive de 20 %. A segunda área pertence ao Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, *Embrapa Florestas*, onde foi selecionado o tratamento T3 de 10 m x 25 m no sentido do declive, apresentando mata nativa de 30 anos em declive de 20 %.

Para o início da nova rotação, a queima dos resíduos da exploração ocorreu em 5 de outubro de 2002.

Em todos os tratamentos, antes da época da queima (outubro de 2002) e, em agosto de 2003, foram feitas amostragens de solo para análises químicas em três pontos de cada tratamento. Foram coletadas amostras, nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, sendo utilizadas para determinar macroelementos e matéria orgânica. A análise da fertilidade e a granulométrica do solo foram as de rotina, de acordo com a metodologia descrita por Claessen (1997).

Para cada tratamento na profundidade de 0 a 5 cm, foram tomadas três amostras indeformadas em anéis de PVC, antes (queima), logo após a queima e, um ano após a queima. As amostras foram congeladas e separadas posteriormente de centímetro a centímetro para a análise química, segundo Claessen (1997).

Para a determinação da biomassa, recolheu-se inicialmente a serrapilheira existente em uma área de 1 m x 1 m para cada tratamento. A seguir, foram coletados os galhos grossos e finos desta área conhecida, procedimento de Sarruge & Haag (1974), pesando e retirando-se sub-amostras. As sub-amostras de cada parcela foram acondicionadas em sacos plásticos, e colocadas para secar, em estufa a 60 °C até peso constante. As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e, em seguida analisadas quanto aos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg),

seguindo metodologia preconizada por Sarruge & Haag (1974). Para a análise das cinzas no tratamento 2, após a queima recolheu-se por raspagem superficial do solo em uma área conhecida, as cinzas, para a pesagem e análises dos teores dos macronutrientes (P, K, Ca e Mg) .

Nos tratamentos 1, 2, 3 e em uma área com bracatingal estabelecido por mais de seis anos, foram tomadas amostras de solo para análises do teor de carbono da biomassa microbiana, efetuadas pelo método de extração-fumigação com clorofórmio, segundo Vance et al. (1987).

No mês de agosto de 2003, foram realizadas avaliações dendrométricas de altura e DAP (Diâmetro a Altura do Peito) de toda a população de bracatinga no tratamento 1 e 2 e a contagem do número de indivíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização química do solo (fósforo, cálcio, magnésio e potássio), nos diferentes tratamentos e nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 cm a 10 cm encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Concentração de cátions em Cambissolo Háptico textura argilosa, antes e um ano depois da aplicação dos tratamentos com fogo, sem fogo e mata natural.

Tratamento	Profundidade da camada do solo (cm)					
	0-5		5-10			
	Antes do Fogo	Um ano depois do fogo	Comparação entre datas	Antes do Fogo	Um ano depois do fogo	Comparação entre datas
	Agosto 2002	Agosto 2003	Agosto 2002	Agosto 2002	Agosto 2003	
	Fósforo, mg/dm³					
T1 sem fogo	4,4 a	2,8 a	F _(4;1) 2,41 ^{ns}	2,6 a	2,8 a	F _(4;1) 0,09 ^{ns}
T2 com fogo	3,8 a	6,4 b	F _(4;1) 2,78 ^{ns}	2,3 a	2,8 a	F _(4;1) 0,92 ^{ns}
T3(testemunha)	4,2 a	3,8 a	F _(4;1) 0,39 ^{ns}	2,6 a	2,7 a	F _(4;1) 0,42 ^{ns}
Teste F ⁽¹⁾	F _(1;10;4) 0,66 ^{ns}	F _(4;3) 9,25 ^{**}	F _(10;4) 0,15 ^{ns}	F _(4;3) 1,34 ^{ns}		
	Cálcio, cmol_c/dm³					
T1 sem fogo	2,11 a	5,84 a	F _(4;1) 8,64 ^{**}	1,23 a	2,57 a	F _(4;1) 10,25 ^{ns}
T2 com fogo	2,35 a	6,58 a	F _(4;1) 9,41 ^{**}	1,09 a	2,52 a	F _(4;1) 2,84 ^{ns}
T3(testemunha)	5,94 a	6,40 a	(4;1)0,40 ^{ns}	4,34 a	3,27 a	F _(4;1) 1,80 ^{ns}
Teste F ⁽¹⁾	F _(1;10;4) 2,76 ^{ns}	F _(4;3) 0,66 ^{ns}	F _(1;10;4) 3,11 ^{ns}	F _(4;3) 0,83 ^{ns}		

Continua....

Tabela 1. Continuação.....

Tratamento	Profundidade da camada do solo (cm)	
	0-5	5-10
	Magnésio cmol_e/dm³	
T1 sem fogo	1,00 a	0,77 a
	1,24 a	0,47 a
	F _(4;1) 0,41 ^{ns}	F _(4;1) 0,76 ^{ns}
T2 com fogo	0,76 a	0,87 a
	1,85 a	0,57 a
	F _(4;1) 15,10*	F _(4;1) 0,77 ^{ns}
T3(testemunha)	1,04 a	2,03 a
	1,20 a	1,10*
	F _(4;1) 0,49 ^{ns}	F _(4;1) 3,80*
Teste F ⁽¹⁾	F _(10;4) 4,44 ^{ns}	F _(10;4) 1,14 ^{ns}
	F _(4;3) 2,178 ^{ns}	F _(4;3) 0,22 ^{ns}
	Potássio, cmol_e/dm³	
T1 sem fogo	0,12 a	0,08 a
	0,14 a	0,09 a
	F _(4;1) 0,40 ^{ns}	F _(4;1) 0,10 ^{ns}
T2 com fogo	0,14 a	0,87 a
	0,17 a	0,08 a
	F _(4;1) 0,72 ^{ns}	F _(4;1) 0,07 ^{ns}
T3(testemunha)	0,30 a	0,18 a
	0,28 a	0,17 a
	F _(4;1) 0,80 ^{ns}	F _(4;1) 0,20 ^{ns}
Teste F(1)	F _(10;4) 0,939 ns	F _(10;4) 0,28 ns
	F _(4;3) 3,64 ns	F _(4;3) 2,88 ^{ns}

NOTAS: As médias dos atributos químicos do solo, acompanhadas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparar períodos (antes do fogo e um ano) e entre os tratamentos.

(1) Teste F: * significativo a 5 %; ** significativo a 1 %; ^{ns} não significativo.

Verificou-se que, antes do fogo e nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm não havia diferença significativa entre os tratamentos, concordando com Kleinman et al., (1996), que não observaram diferenças significativas na fertilidade dos solos que estavam sob vegetação, com tempos de pousio variando entre três e onze anos.

Após um ano no tratamento com fogo, houve um aumento no teor de fósforo, e os demais (T1 e T3) tiveram um decréscimo desse elemento, apresentando, assim, uma diferença significativa entre os tratamentos. Estas modificações, entretanto, só ocorreram na camada superficial do solo (0-5 cm).

Na Tabela 1 encontram-se os valores de concentração dos nutrientes: cálcio, magnésio e potássio para os diferentes tratamentos. O Cálcio não apresentou diferenças significativas na profundidade de 0 a 5 cm entre os tratamentos, tanto para o período inicial, como para o período após um ano. No entanto, verifica-se uma diferença significativa entre os tratamentos T1 e T2 na comparação entre os períodos inicial e após um ano na camada superficial do solo. Para a testemunha, ocorreu um acréscimo da concentração do nutriente cálcio entre o período inicial e após um ano, mas não houve diferenças significativas.

Para a profundidade entre 5 cm e 10 cm, o cálcio também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos tanto para o período inicial, como para o período após um ano. Ao compararem-se os mesmos tratamentos para os dois períodos (inicial e após um ano), nesse, os valores de cálcio para essa profundidade tiveram valores muito parecidos, tanto para os tratamentos com fogo como para o tratamento sem fogo, à exceção da testemunha que teve a concentração reduzida de 4,34 para 3,27.

O magnésio não apresentou diferenças significativas em nenhuma das situações. Na profundidade entre 0 e 5 cm ocorreu um acréscimo de sua concentração se compararmos o período inicial e após um ano. Para a profundidade entre 5 cm e 10 cm, ocorreu um decréscimo quando comparado o período inicial e um ano.

O potássio comportou-se de forma parecida com o magnésio, pois também não apresentou diferenças significativas quando comparados entre si. Na profundidade entre 0 e 5 cm ocorreram concentrações muito parecidas para todas as situações.

Para Brinkmann & Nascimento (1973) e Hernani et al. (1999), a utilização do sistema de corte e queima da vegetação proporciona melhorias eventuais no nível de fertilidade do solo, principalmente devido aos aumentos de pH, de saturação por bases e de P disponível. Além disso, observaram redução nos teores de Al trocável. No entanto, também tem sido demonstrado que essa melhoria da fertilidade do solo é de duração relativamente curta, o que leva a necessidade da utilização de fertilizantes. Brinkmann & Nascimento (1973), mesmo tendo verificado aumentos na fertilidade do solo após a queima, relatam que o retorno de nutrientes dessa forma não é suficiente para garantir a atividade por um longo prazo.

A Tabela 2 contém a caracterização química da matéria orgânica inicial do solo e um ano após a instalação do experimento, nos diferentes tratamentos e nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 cm a 10 cm

TABELA 2. Concentração de matéria orgânica em diferentes tratamentos e períodos (antes do fogo e um ano após) nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 cm a 10 cm.

Tratamentos	Antes do Fogo	Um ano	Comparação dos Períodos	Antes do Fogo	Um ano	Comparação dos Períodos
Profund. (cm)	0 a 5			5 a 10		
Matéria Orgânica, g/dm ³						
T1 sem fogo	51,70 a	89,22 a	F _(4;1) 11,53 [*]	41,77 b	76,76 a	F _(4;1) 40,13 ^{**}
T2 com fogo	70,94 a	70,84 a	F _(4;1) 0,23 ^{ns}	48,20 b	51,90 a	F _(4;1) 0,70 ^{ns}
T3(test)	106,86 b	118,00 a	F _(4;1) 0,12 ^{ns}	77,28 a	82,00 a	F _(2;1) 0,98 ^{ns}
Teste F ⁽¹⁾	F _(10;4) 8,35 [*]	F _(4;3) 2,54 ^{ns}		F _(10;4) 3,38 [*]	F _(4;3) 2,86 ^{ns}	

NOTAS: As médias dos atributos químicos do solo, acompanhadas da mesma letra diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparar períodos (antes do fogo e um ano) e entre os tratamentos.

(1) Teste F: ^{*}significativo a 5%; ^{**} significativo a 1%; ^{ns} não significativo.

Na Tabela 2, pode-se observar como se comportou a matéria orgânica no experimento. Antes do fogo e na profundidade entre 0 a 5 cm, a testemunha apresentou diferença significativa quando comparada aos outros dois tratamentos.

Após um ano, essa diferença tornou-se não significativa, pois houve um aumento da matéria orgânica para todos os tratamentos. Porém, ao se comparar os tratamentos antes do fogo e um ano depois do fogo, constatou-se que o acréscimo da matéria orgânica foi relativamente maior.

Na profundidade entre 5 cm e 10 cm, a testemunha apresentou diferença significativa antes do fogo, quando comparada com os outros tratamentos. Mas, após um ano, somente o tratamento T1 apresentou diferença significativa quando comparado com o período antes do fogo.

Em estudo realizado por Eggers (1991), observou-se que a queima aumentou as concentrações de K, Ca e Mg. De forma geral, a camada superficial foi a que demonstrou maior sensibilidade à atuação do fogo, justificando as maiores variações.

Na tabela 3 estão contidos os valores da quantidade de nutrientes em g/ha e a concentração média presentes nas cinzas após a queima para o tratamento 2.

TABELA 3. Nutrientes na cinza em g/ha e sua concentração média após o fogo.

	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	Mg/dm ³		cmolc/dm ³	
Concentração média	62,7	6,8	3,7	1,4
Quantidade na cinza, g/ha	92,1	3,2	2,1	0,5

Pode-se verificar na Tabela 3 que as cinzas da queima no tratamento 2 apresentam uma quantidade elevada dos nutrientes: fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Entretanto, esses nutrientes são facilmente arrastadas pela enxurrada.

Durante a queima, existe uma conversão dos nutrientes da matéria orgânica para formas inorgânicas de nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Nesse sentido o fósforo apresentou maiores valores absolutos, quando comparado com os outros nutrientes. (V. T2, na Tabela 4).

3.1 Análise dos Atributos Químicos das Amostras Seleccionadas nas Profundidades 1, 2, 3, 4 e 5 cm

O solo onde a vegetação foi queimada apresentou valores mais elevados de nutrientes do que aqueles encontrados no solo não queimado, e, logo após a queima, houve um aumento nas concentrações até 5 cm, sendo mais pronunciado na camada superficial de 0 a 2 cm, com exceção ao magnésio que teve a sua concentração reduzida, após a queima nas profundidades 1, 2, 3 e 4 conforme Tabela 4.

TABELA 4. Concentração do P, Ca, Mg, K e MO em diferentes datas de amostragem (antes do fogo, após o fogo e um ano) nas profundidades de 1, 2, 3, 4 e 5 cm

Tratamento	Profundidade (cm)				
	1	2	3	4	5
	Fósforo, mg/dm ³				
	Antes do fogo				
T1 sem fogo 20 %	5,4 a	4,7 a	2,4 a	3,2 a	2,9 a
T2 com fogo 20 %	6,1 a	5,2 a	4,1 a	3,7 a	3,5 a
Teste F	F (6;2) 0,10 ^{ns}	F (6;2) 0,78 ^{ns}	F (6;2) 1,67 ^{ns}	F (6;2) 0,28 ^{ns}	F (6;2) 0,20 ^{ns}
	Após o Fogo				
T2 com fogo 20 %	95,2	41,1	18,3	10,3	8,8
	1 ano				
T1 sem fogo 20 %	4,4 a	3,8 a	3,86a	3,9 a	2,3 a
T2 com fogo 20 %	12,7 b	8,9 b	5,4 a	3,7 a	2,2 a
Teste F	F (4;1) 10,55 *	F (4;1) 7,36 *	F (4;1) 1,48 ^{ns}	F (4;1) 0,04 ^{ns}	F (3;1) 0,91 ^{ns}
	Comparação entre os Períodos				
T1 sem fogo 20 %	F (4;1) 0,55 ^{ns}	F (4;1) 0,54 ^{ns}	F (4;1) 1,55 ^{ns}	F (4;1) 0,35 ^{ns}	F (4;1) 1,45 ^{ns}
T2 com fogo 20 %	F (6;2) 10,50 ^{**}	F (6;2) 10,99 ^{**}	F (6;2) 16,74 ^{**}	F (6;2) 5,29 ^{**}	F (6;2) 12,00 ^{**}

Continua...

Tabela 4. Continuação

Tratamento	Profundidade (cm)				
	1	2	3	4	5
			Cálcio, cmol/dm³		
			Antes do Fogo		
T1 sem fogo 20 %	6,04 a	4,76 a	3,98 a	4,17 a	3,41 a
T2 com fogo 20 %	5,41 a	5,46 a	3,13 a	2,98 a	2,88 a
Teste F	F _(6;2) 1,31 ^{ns}	F _(6;2) 0,50 ^{ns}	F _(6;2) 2,17 ^{ns}	F _(6;2) 1,76 ^{ns}	F _(6;2) 0,41 ^{ns}
			APÓS o FOGO		
T2 com fogo 20 %	6,856	7,543	4,036	3,756	6,593
			1 ano		
T1 sem fogo 20 %	6,97 a	6,29 a	5,31 a	4,25 a	4,49 a
T2 com fogo 20 %	11,86 b	9,84 b	7,50 b	6,43 a	4,49 a
Teste F	F _(4;1) 102,7**	F _(4;1) 60,85**	F _(4;1) 8,21*	F _(4;1) 10,08 ^{ns}	F _(3;1) 0,00 ^{ns}
			Comparação entre os Períodos		
T1 sem fogo 20 %	F _(4;1) 1,20 ^{ns}	F _(4;1) 9,31*	F _(4;1) 8,13*	F _(4;1) 2,80*	F _(4;1) 3,01 ^{ns}
T2 com fogo 20 %	F _(6;2) 5,31*	F _(6;2) 3,21 ^{ns}	F _(6;2) 7,58*	F _(5;2) 3,30 ^{ns}	F _(6;2) 1,24 ^{ns}

Continua...

Tabela 4. Continuação

Tratamento	Profundidade (cm)				
	1	2	3	4	5
			Magnésio, cmol/dm ³		
			Antes do Fogo		
T1 sem fogo 20 %	2,39 a	2,46 a	2,57 a	2,17 a	1,69 a
T2 com fogo 20 %	4,24 a	5,31 a	2,50 a	1,96 a	2,08 a
Teste F	F _(6;2) 1,77 ^{ns}	F _(6;2) 1,17 ^{ns}	F _(6;2) 1,14 ^{ns}	F _(6;2) 1,50 ^{ns}	F _(6;2) 1,12 ^{ns}
			Após o Fogo		
T2 com fogo 20 %	2,76	3,01	2,24	1,92	2,13
			1 ano		
T1 sem fogo 20 %	1,89 a	1,58 a	1,57 a	1,24 a	1,62 a
T2 com fogo 20 %	3,05 a	2,44 a	2,55 a	1,85 a	1,58 a
Teste F	F _(4;1) 4,50 ^{ns}	F _(4;1) 3,06 ^{ns}	F _(4;1) 7,01 ^{ns}	F _(4;1) 0,83 ^{ns}	F _(3;1) 0,00 ^{ns}
			Comparação entre os Períodos		
T1 sem fogo 20 %	F _(4;1) 1,80 ^{ns}	F _(4;1) 1,50 ^{ns}	F _(4;1) 1,70 ^{ns}	F _(4;1) 1,35 ^{ns}	F _(4;1) 0,12 ^{ns}
T2 com fogo 20 %	F _(6;2) 1,05 ^{ns}	F _(6;2) 1,46 ^{ns}	F _(6;2) 0,13 ^{ns}	F _(5;2) 0,06 ^{ns}	F _(6;2) 0,32 ^{ns}

Continua...

Tabela 4. Continuação

Tratamento	Profundidade (cm)				
	1	2	3	4	5
	Potássio cmol/dm ³				
	Antes do Fogo				
T1 sem fogo 20 %	0,24 a	0,18 a	0,16	0,19 a	0,13 a
T2 com fogo 20 %	0,41 a	0,32 a	0,29	0,22 a	0,18 a
Teste F	F (6;2) 3,76 ^{ns}	F (6;2) 2,68 ^{ns}	F (6;2) 1,83 ^{ns}	F (6;2) 0,16 ^{ns}	F (6;2) 0,73
	Após o Fogo				
T2 com fogo 20 %	0,62 a	0,61 a	0,46 a	0,41 a	0,38 a
	1 ano				
T1 sem fogo 20 %	0,20 a	0,17 a	0,17 a	0,12 a	0,13 a
T2 com fogo 20 %	0,27 a	0,28 a	0,24 a	0,21 a	0,18 a
Teste F	F (4;3) 2,26 ^{ns}	F (4;1) 6,60 ^{ns}	F (4;1) 1,65 ^{ns}	F (4;1) 1,70 ^{ns}	F (3;1) 0,67 ^{ns}
	Comparação entre os Períodos				
T1 sem fogo 20 %	F (4;1) 1,20 ^{ns}	F (4;1) 0,30 ^{ns}	F (4;1) 0,35 ^{ns}	F (4;1) 1,73 ^{ns}	F (4;1) 0,10 ^{ns}
T2 com fogo 20 %	F (6;2) 2,15 ^{ns}	F (6;2) 3,00 ^{ns}	F (6;2) 2,45 ^{ns}	F (5;2) 2,49 ^{ns}	F (6;2) 2,84 ^{ns}

Continua...

Tabela 4. Continuação

Tratamento	Profundidade (cm)				
	1	2	3	4	5
	Matéria Orgânica, g/dm³				
	Antes do Fogo				
T1 sem fogo 20 %	119,56 a	123,29 a	99,43 a	115,04 a	101,44 a
T2 com fogo 20 %	122,16 a	75,843 a	103,45 a	101,37 a	87,457 a
Teste F	F (6;2) 0,98 ^{ns}	F (6;2) 1,61 ^{ns}	F (6;2) 1,26 ^{ns}	F (6;2) 0,17 ^{ns}	F (6;2) 0,22 ^{ns}
	Após o Fogo				
T2 com fogo 20 %	111,10	96,09	52,98	68,88	44,60
	1 ano				
T1 sem fogo 20 %	122,79 a	99,76 a	96,08 a	89,84 a	93,39 a
T2 com fogo 20 %	110,01 a	101,44 a	84,29 a	71,95 a	65,35 a
Teste F	F (4;1) 1,68 ^{ns}	F (4;1) 0,02 ^{ns}	F (4;1) 1,10 ^{ns}	F (4;1) 1,83 ^{ns}	F (3;1) 3,10
	Comparação entre os Períodos				
T1 sem fogo 20 %	F (4;1) 0,80 ^{ns}	F (4;1) 0,102 ^{ns}	F (4;1) 0,88 ^{ns}	F (4;1) 3,04 ^{ns}	F (4;1) 2,08 ^{ns}
T2 com fogo 20 %	F (6;2) 1,45 ^{ns}	F (6;2) 0,32 ^{ns}	F (6;2) 4,03 ^{ns}	F (6;2) 2,35 ^{ns}	F (6;2) 7,17 [*]

NOTAS: As médias dos atributos químicos do solo, acompanhadas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparar períodos (antes do fogo e um ano) e entre os tratamentos.

(1) Teste F: * significativo a 5 %; ** significativo a 1 %, ^{ns} não significativo.

Na Tabela 5, pode-se observar como a concentração do fósforo aumenta abruptamente depois da queima, inclusive não retornando às concentrações iniciais no fim do período de um ano nas camadas de 1 cm e 2 cm. Este aumento está vinculado à formação das cinzas nas camadas superficiais, segundo Baldanzi (1959); Sertsu & Sanchez (1978); Teixeira & Schubart (1988); Coutinho (1990); Kauffman et al. (1994), concordando com DeBano & Conrad (1978), que o fogo não afeta os nutrientes nas camadas abaixo de 2 cm do solo.

De modo similar ao que ocorreu com o fósforo, a queima provocou aumentos nas concentrações de **Ca**, porém, após um ano retornaram aos valores iniciais. O aumento na concentração desses cátions está vinculado à liberação de óxidos nas cinzas, estando de acordo com o que acontece em outros ambientes (BALDANZI, 1959; OWENSBY & WYRILL, 1973; TEIXEIRA & SCHUBART, 1988; COUTINHO, 1990; EGGERS, 1991; KAUFFMAN et al., 1994).

O potássio também apresentou um aumento nas concentrações logo depois a queima, após um ano.

Por acelerar os processos de mineralização (químico e/ou biológicos), a queima da vegetação enriquece temporariamente a camada superficial do solo. A queima, neste ambiente, não promoveu temperaturas muito danosas para a fertilidade do solo, justificando as maiores variações na camada superficial. Mesmo em outros ambientes, o fogo rápido não afeta as camadas mais profundas do perfil do solo (DeBANO & CONRAD, 1978; MALLIK et al., 1984; COUTINHO, 1990).

Na Tabela 5, são apresentadas as quantidades de biomassa e os estoques de nutrientes totais do resíduo da bracatinga. No resíduo incluíram-se folhas, ramos (grossos e finos) e outras partes da planta.

TABELA 5. Biomassa em t/ha e estoque de nutriente total (kg/ha) do resíduo da bracatinga e da testemunha, antes da queima.

Tratamento	Biomassa	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	T/ha			kg/há		
T1 sem fogo	42,2	221 a	5 a	68 a	147 a	28 a
T2 com fogo	65,4	260 a	6 a	71 a	166 a	31 a
T3(testemunha)	12,5	41 b	1 b	6 b	35 b	6 b
Teste F		F (43;4) 4,51	F (43;4) 2,97	F (43;4) 4,15	F (43;4) 4,75	F (43;4) 4,24
		**	**	**	**	**

NOTAS: As médias acompanhadas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

(1) Teste F: *significativo a 5 %; ** significativo a 1 %; ns não significativo.

As diferentes quantidades de biomassa vegetal residual de 42,2 e 65,4 t/ha estimadas no início do experimento nos respectivos tratamentos da bracatinga tornam-se justificáveis quando se leva em consideração que o tempo de oito anos do cultivo da bracatinga servem para o acúmulo desse resíduo após a exploração. O elemento **N** foi o que apresentou maiores concentrações, contribuindo com 260 kg/ha para o SAF da bracatinga seguidos pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo. Os tratamentos com a bracatinga para os elementos **N, P, K, Ca e Mg** não diferiram entre si pelo teste de médias.

3.1. ANÁLISE POPULACIONAL

Na Tabela 6, é apresentado o número de plantas nascidas, assim como a altura e DAP durante o primeiro ano do ciclo da bracatinga, para cada tratamento.

Tabela 6. Dados da população de bracatinga durante o período de 2002-2003 (um ano de ciclo) e valores dendrométricos médios para cada tratamento.

Bracatinga				
Tratamento	Nº de Plantas		Altura, m	DAP, cm
	7 meses	Um ano	Um ano	Um ano
T1 sem fogo	14.920	4.240	3,12 a	1,4 a
T2 com fogo	8.280	5.240	3,52 a	1,5 a
Teste F			F _(140;3) 1,86 ^{ns}	F _(140;3) 1,97 ^{ns}

NOTAS: As médias de altura e DAP, acompanhadas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparação entre os tratamentos.

(¹) Teste F: *significativo a 5 %; ** significativo a 1 %; ^{ns} não significativo.

A Tabela 6 mostra o número de indivíduos vivos para os tratamentos T1 e T2, com sete meses e um ano de experimento. Verifica-se que o número de indivíduos vivos com sete meses para o tratamento T1 (sem fogo) foi muito maior do que o tratamento T2 (com fogo). Porém, apenas 28,4 % dos indivíduos do tratamento T1 sobreviveram ao final de um ano. Para o tratamento T2, 63,2 % dos indivíduos continuaram vivos ao final de um ano. A alta taxa de mortalidade para o tratamento T1 pode ser explicada devido à falta do nutriente P (fósforo), abundante no tratamento T2 por haver fogo. Com referência ao grande número de indivíduos vivos no sétimo mês para o tratamento T1, observou-se que a bracatinga germinou após o corte raso, aproveitou os nutrientes disponíveis na camada superficial do solo da matéria orgânica. Porém, no SAF da bracatinga o solo não é adubado. Ao diminuir os nutrientes existentes, principalmente o P (Tabela 5), começou a ocorrer uma alta taxa de mortalidade, como observa-se na Tabela 6. Para o tratamento T2, a taxa de mortalidade foi menor, mas também ocasionada pelos nutrientes, os quais possuíam concentrações parecidas.

Para o T2 (com fogo), obteve-se um número de 5.240 plantas/ha, ao passo que o T1 (sem fogo) restaram 4.240 plantas/ha após o ciclo de um ano. Esses valores observados apresentam uma tendência similar ao obtido por Baggio et al. (2004) que encontrou no manejo com queima 8.100 plantas/ha e no manejo sem queima 7.300 após um ano da germinação.

A altura e DAP foram obtidos para a bracatinga com um ano de idade. O crescimento em altura da bracatinga variou de 3,12 m a 3,52 m, não havendo diferença estatística entre os tratamentos. Da mesma forma, o diâmetro (DAP) das plantas esteve entre 1,4 cm e 1,5 cm e também não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

3.2. INFLUÊNCIA DO FOGO NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

Na Tabela 7 são apresentados os dados da respiração do solo submetido aos tratamentos com fogo, sem fogo, bracatinga estabelecida a seis anos e mata nativa.

TABELA 7. Respiração do solo, em $\mu\text{CO}_2 \cdot \text{g} \cdot \text{solo}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, de amostras de solos submetidas a diferentes tratamentos

Profundidade (cm)	0 a 5	5 a 10	10 a 20
Tratamento	Carbono, $\mu\text{CO}_2 \cdot \text{g} \cdot \text{solo}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$		
Com Fogo	99,53 c	43,20 a	30,33 a
Sem Fogo	148,40 a	41,23 a	29,33 a
Bracatinga	144,40 a	67,20 a	35,00 a
Nativa	217,40 b	59,73 a	46,26 a
Teste F	F (8;3) 3,87 *	F (8;3) 1,02 ^{ns}	F (8;3) 2,02 ^{ns}

NOTAS: As médias acompanhadas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparação entre os tratamentos.

(¹) Teste F: * significativo a 5 %; ** significativo a 1 %; ^{ns} não significativo.

Observa-se na Tabela 7 que a profundidade tem efeito significativo sobre a respiração dos microrganismos do solo. Esse é um fator esperado, já que a grande maioria da microbiota concentra-se na camada superficial do solo, onde há maior teor de matéria orgânica, fornecedora de energia e nutrientes. Na camada de 5-10 cm de profundidade a liberação de CO_2 foi de aproximadamente um terço da que ocorreu na camada superficial (0-5 cm), e na de 10-20 cm, de aproximadamente um quarto.

Quanto ao manejo do solo, a mata nativa, sem influência antrópica recente, favoreceu uma maior atividade respiratória dos microrganismos. Pode-se explicar esse fato pela maior diversidade de nutrientes fornecidos pela cobertura. Nas outras três áreas cobertas com bracatinga, a variabilidade dos nutrientes foi menor, o que justificaria essa menor liberação de CO₂.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados do carbono da biomassa microbiana nos diferentes tratamentos e períodos.

TABELA 8. Carbono da biomassa microbiana, em mc . g . solo⁻¹, de amostras de solo submetidas a diferentes tratamentos e períodos

	Início	Um ano	Comparação	Início	Um ano	Comparação
Profund. (cm)	0 a 5			5 a 10		
Tratamento	Carbono, Σ CO ₂ . g . solo ⁻¹ . dia ⁻¹					
Com Fogo	1263,4 a	3097,3 b	F (4;1) 3,93 ^{ns}	1218,1 a	3139,4 a	F (4;1) 36,50 ^{**}
Sem Fogo	1388,8 a	7007,6 a	F (4;1) 79,24 ^{**}	954,6 b	3277,7 a	F (4;1) 7,77 [*]
Bracatinga	1412,7 a	6541,2 a	F (4;1) 13,24 [*]	1194,3 a	3838,5 a	F (4;1) 4,45 ^{ns}
Nativa	1448,6 a	6174,8 a	F (4;1) 12,10 [*]	1217,2 a	5400,5 a	F (4;1) 6,66 ^{ns}
Teste F	F (8;3) 3,90 ^{ns}	F (8;3) 8,65 [*]		F (4;1) 4,51 [*]	F (4;1) 0,85 ^{ns}	

NOTAS: As médias acompanhadas da mesma letra são estatisticamente iguais entre si a 95 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. O teste F foi realizado para comparação entre os tratamentos e períodos .

(1) Teste F: *significativo a 5 %; ** significativo a 1 %; ns não significativo.

Quanto aos teores de carbono da biomassa microbiana (CBM), apresentados na Tabela 8, observou-se efeito dos tratamentos e da profundidade de amostragem. No tratamento com fogo, o teor de CBM na profundidade 0-5 cm foi menor, inclusive um ano depois, quando ainda era menor CBM. Nos tratamentos sem fogo, bracatinga e nativa, na profundidade 0-5 cm, houve aumentos significativos da CBM, diferindo do tratamento com fogo, tendo como justificativa a influência

do fogo sobre a CBM. Nos tratamentos bracatinga, que vinha se desenvolvendo há seis anos, quando comparados com a testemunha, de floresta natural, os teores da CBM, para ambas as camadas não foram significativamente diferentes. Este resultado pode ser atribuído à menor perturbação, inerente a esses dois tratamentos em relação aos outros, nos quais inclui o fogo e o corte raso, atividades altamente perturbadoras do meio natural. Apesar da perturbação causada pelo corte raso, no tratamento sem fogo, os teores de CBM foram similares aos tratamentos bracatinga e nativa.

Os teores de CBM medidos na profundidade de 5-10 cm, para todos os tratamentos, indicam que o fogo interferiu na camada superficial do solo.

4. CONCLUSÕES

·A queima dos resíduos da colheita da bracatinga aumenta inicialmente a concentração dos nutrientes, principalmente fósforo, que mesmo após um ano não retorna às concentrações originais. Estas modificações ocorreram nas camadas de 1 cm e 2 cm. Este aumento está vinculado à formação das cinzas nas camadas superficiais, confirmando a baixíssima mobilidade desse nutriente sob esse sistema.

·Não queimar os resíduos da colheita permitiu uma revegetação da área com bracatinga, com população aproximada do tratamento com fogo e mesmo crescimento no primeiro ano, além de proporcionar um aumento da atividade microbiana do solo.

5. REFERÊNCIAS

BAGGIO, A. J.; CARAPANEZZI, A. A. Quantificação dos resíduos florestais em bracatingais tradicionais na Região Metropolitana de Curitiba – PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p 51-66, 1995.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; GRAÇA, L. R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 73-82, 1986.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; SOARES, A. O.; SILVA, M. O. C. C. B. da. Regeneração de bracatingais do sistema agroflorestal tradicional sem uso do fogo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental: trabalhos: palestras, orais, pôsteres**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 64-66. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

BALDANZI, G. Efeito das queimadas sobre a fertilidade do solo e a produção de culturas, Pelotas, RS, 1955. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 1955, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1959. p. 47.

BATMANIAN, G. J. **Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes do estrato rasteiro de um cerrado**. 1983. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BRINKLEY, D.; RICHTER, D.; DAVID, M. B.; CALDWELL, B. Soil chemistry in a loblolly/longleaf pine forest with interval burning. **Ecological Applications**, v. 2, p. 157-164, 1994.

BRINKMANN, W. L. F.; NASCIMENTO, J. C. de The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the tertiary region of Central Amazonia. **Turrialba**, v. 23, n. 3, p. 284-290, 1973.

CARNEIRO, R. M.; ALMEIDA JUNIOR, A. R. de; KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. de S. Importância da dormência das sementes na regeneração da bracatinga - *Mimosa scabrella* Benth. **IPEF Circular Técnica**, Piracicaba, n. 149, p. 1-10, 1982.

CARPANEZZI, O. T. B. Produtividade florestal e agrícola em sistemas de cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) em Bocaiúva do Sul, Região Metropolitana de Curitiba - Paraná. 1994. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Brasília, DF, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990.

DeBANO, L.; CONRAD, C. E. The effect of fire on nutrients in a Chaparral ecosystem. **Ecology**, Oxford, v. 59, n. 3, p. 489-497, 1978.

EGGERS, L. **Ação do fogo em uma comunidade campestre, em bases fitossociológicas**. 1991. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Curso de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

JORDAN, C. F. **Amazonian rainforests: ecosystem disturbance and recovery**. New York: Springer-Verlag, 1987. 133 p.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, n. 3, p. 519-531, 1994.

KLEINMAN, P. J. A.; BRYANT, R. B.; PIMENTEL, D. Assessing ecological sustainability of slash-and-burn agriculture through soil fertility indicators. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 122-127, 1996.

MALLIK, A.; GIMINGHAM, C.; RAHMAN, A. Ecologic effects of heather burning – I. Water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 72, n. 4, p. 767-776, 1984.

MAZUCHOWSKI, J. Z. Problemática florestal na Região Metropolitana de Curitiba. In: SEMINÁRIO SOBRE AGROSSILVICULTURA NO DESENVOLVIMENTO RURAL, 1990, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMATER-PR; [Roma]: FAO, 1990. p. 27-31. (FAO. Field document, n. 12). Project GCP/BRA/025/FRA.

MAZZA, C. A. S.; BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. **Distribuição espacial da bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba com imagens do satélite Landsat**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 36 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 36).

OWENSBY, C.; WYRILL, J. Effects of range burning on Kansas Flint Hills soil. **Journal of Range Management**, v. 26 n. 3, p. 185-188, 1973.

ROTTA, E.; MENDES, E. M. B. Fenologia na floração e frutificação da bracatinga. **Silvicultura**, São Paulo, v. 3, n. 42, p. 547-554, 1990. Edição dos Anais do 6º Congresso Florestal Brasileiro, 1990, Campos do Jordão.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SERTSU, S.; SANCHEZ, P. Effect of heating on some change in soil properties in relation to an ethiopian land management. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 42, n. 6, p. 940-944, 1978.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

TEIXEIRA, L.; SCHUBART, H. **Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagens na Amazônia Central**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1988. (Boletim de pesquisa, n. 95).

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123 p.