

# FÓSFORO MICROBIANO EM SOLOS SOB PASTAGEM NATURAL SUBMETIDA À QUEIMA E PASTEJO<sup>(1)</sup>

Leandro Bittencourt de Oliveira<sup>(2)</sup>, Tales Tiecher<sup>(3)</sup>, Fernando Luiz Ferreira de Quadros<sup>(4)</sup> & Danilo Rheinheimer dos Santos<sup>(5)</sup>

## RESUMO

Em ecossistemas de pastagens naturais deficientes em P disponível, a imobilização temporária do P na biomassa microbiana e sua posterior mineralização podem ser considerados mecanismo potencial de suprimento de P às plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da queima e do pastejo da vegetação campestre sobre a dinâmica do P no solo, com ênfase no conteúdo de P imobilizado na biomassa microbiana. Os tratamentos consistiram da associação do pastejo (presença ou ausência) e da queima (ausência ou presença) numa pastagem natural manejada há 13 anos com histórico de queimadas e de pastejo nas posições de relevo de encosta (Argissolo) e de baixada (Planossolo). A queima e o pastejo foram arrançados em delineamento completamente casualizado com quatro repetições. Coletaram-se amostras de solo na camada de 0–10 cm em duas épocas, durante a estação de crescimento da pastagem natural, sempre logo após o pastejo. A carga animal utilizada foi calculada adotando-se uma taxa de utilização de 20–35 % da massa de forragem. Determinaram-se o teor de P armazenado na biomassa microbiana do solo, o teor de P total e o de P orgânico total. A análise estatística dos resultados foi baseada em análise de variância via testes de aleatorização. O teor de P microbiano do solo sob pastagem natural variou de 11,4 a 57,3 mg kg<sup>-1</sup>, representando, em média, 38 e 32 % do P orgânico total do solo, na primeira e na segunda coleta, respectivamente. O P imobilizado na biomassa microbiana constitui a reserva potencial de P capaz de suprir a demanda de espécies nativas nas pastagens naturais, além de ser indicador mais sensível que o teor de P orgânico total do solo para detectar as alterações promovidas pelo pastejo. O manejo das pastagens naturais com fogo diminui a amplitude do incremento de P microbiano decorrente do pastejo.

**Termos de indexação:** espécies nativas, biomassa microbiana, fósforo orgânico.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 27 de julho de 2010 e aprovado em 24 de junho de 2011.

<sup>(2)</sup> Mestrando em Ciência do Solo no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS), Bolsista do CNPq. E-mail: leandroliveira86@hotmail.com

<sup>(3)</sup> Mestrando em Ciência do Solo no Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: tales.t@hotmail.com

<sup>(4)</sup> Professor Associado do Departamento de Zootecnia, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: flfquadros@yahoo.com.br

<sup>(5)</sup> Professor Associado do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: danilonasaf@gmail.com

## SUMMARY: EFFECTS OF BURNING AND GRAZING ON MICROBIAL PHOSPHORUS IN NATURAL GRASSLAND SOILS

*In natural grassland ecosystems deficient in available P, the temporary immobilization of P in microbial biomass and its subsequent mineralization can be considered a potential mechanism of P supply to plants. The purpose of this study was to evaluate the influence of burning and grazing of grassland vegetation on the dynamics of soil P, with emphasis on the content of P immobilized in microbial biomass. The treatments consisted of the combination of grazing (presence or absence) and burning (presence or absence) in a natural grassland on slope and lowlands after 13 years under a management involving burning and grazing. Burning and grazing were arranged in a completely randomized design with four replications. Soil samples were collected from the 0–10 cm layer twice during the growing period of native pasture, always immediately after grazing. The stocking rate was calculated based on a utilization rate of 20–35 % of existing forage mass. The P content stored in the soil microbial biomass, the total P content and total organic P in soil were determined. The statistical analysis was based on analysis of variance by randomization tests. The microbial P content of natural pasture ranged from 11.4 to 57.3 mg kg<sup>-1</sup>, representing on average 38 and 32 % of total organic P in soil in the first and second evaluation, respectively. The P immobilized in microbial biomass is a potential reserve of P that can meet the demand for native species in natural pastures, and is a more sensitive indicator than the total organic P content of the soil to detect changes induced by grazing. Management of natural pastures with fire decreases the amplitude of the increase in microbial P due to grazing.*

*Index terms: native species, microbial biomass phosphorus, organic phosphorus.*

## INTRODUÇÃO

Os solos sob pastagens naturais no Rio Grande do Sul (RS) apresentam baixa fertilidade e são especialmente deficientes de P disponível. Apesar disso, esses solos contêm quantidades de P total que variam de menos de 100 até mais de 1.000 mg dm<sup>-3</sup> (Machado et al., 1993). Em condições naturais, a contribuição das formas orgânicas de P atinge valores de 20 a 80 % e representa a mais importante fonte de P às plantas (Dalal, 1977). A maior parte do P orgânico total (90 %) encontra-se em formas protegidas química e fisicamente (Hedley et al., 1982). Rheinheimer et al. (2002) verificaram alta ocorrência de fosfatos monoésteres que possuem alta reatividade com os colóides inorgânicos do solo, tornando-se de alta recalitrância e de difícil acesso às plantas e aos microrganismos. Dessa forma, apenas pequena fração do P orgânico total é passível de mineralização a formas biodisponíveis em curto espaço de tempo. Todavia, os microrganismos afetam a dinâmica do P no solo não apenas pela mineralização desses compostos orgânicos, mas também pela imobilização de fosfato, prevenindo a sorção de P pelos colóides inorgânicos do solo (Nziguheba & Bünemann, 2005), que posteriormente, com a sua morte e a lise das células, é liberado de forma mais sincronizada com a demanda das plantas (Martinazzo et al., 2007).

Embora a disponibilidade de P no solo seja controlada pela interação de processos químicos, biológicos e físicos, em ambientes naturais a biorreciclagem do P contido nos tecidos vegetais e o P orgânico menos recalitrante parecem controlar a sua

disponibilidade à biota e às plantas (Tiessen et al., 1984). A biomassa microbiana do solo (BMS) é considerada reservatório de P lábil e desempenha papel importante na ciclagem e disponibilização de P nos ecossistemas naturais. Em sistemas equilibrados biologicamente, como os Campos Sulinos, o conteúdo de P microbiano pode atingir valores equivalentes ou superiores aos necessários às plantas (Rheinheimer et al., 2008a). A concentração de P microbiano em solos de pastagens pode variar de 4 até mais de 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo (Oberson & Joner, 2005), e a liberação anual de P via BMS pode atingir valores de 13,9 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Chen et al., 2003) até 23 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Brookes et al., 1984).

Os teores e os fluxos de P via BMS variam em decorrência, principalmente, das condições climáticas, da quantidade de resíduos vegetais e da disponibilidade de nutrientes (Rheinheimer et al., 2000; Conte et al., 2002; Oberson & Joner, 2005; Martinazzo et al., 2007; Rheinheimer et al., 2008a; Gatiboni, et al., 2008). Nas pastagens naturais, os resíduos provenientes da senescência de tecidos vegetais são as principais fontes de carbono, energia e nutrientes à BMS. O uso da roçada, uma das práticas de melhoramento das pastagens, causa incremento nos teores de P microbiano, especialmente quando é adicionado P inorgânico concomitantemente (Rheinheimer et al., 2008a). Já estudos sobre o efeito do pastejo, distúrbio frequente nos ecossistemas campestres, na dinâmica de P nos solos são praticamente inexistentes. Da mesma forma, as alterações no conteúdo de P orgânico e no P microbiano ocasionadas pelo fogo, evento que pode ocorrer na evolução da vegetação campestre do

Cone Sul (Pillar & Quadros, 1997), não têm sido objeto de estudo. O uso de queimadas como ferramenta de manejo das pastagens naturais pode afetar ainda mais o crescimento e desenvolvimento da vegetação campestre e alterar a BMS. Desse modo, pela mineralização bioquímica imediata do P contido nos resíduos vegetais (Rheinheimer et al., 2003), o fogo pode alterar as taxas de imobilização/mineralização biológica do P no longo prazo.

Este trabalho objetivou avaliar a influência de queimadas e de pastejo na vegetação campestre sobre a dinâmica do P no solo, com ênfase no conteúdo de P imobilizado na biomassa microbiana, numa pastagem natural manejada há 13 anos com histórico de queimadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em uma área de pastagem natural, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (29° 45' S, 53° 45' W). O clima da região é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 19,2 °C e precipitação pluvial anual de 1.769 mm. As variáveis ambientais precipitação pluvial, temperatura média mensal e insolação no período de condução do experimento estão descritas no quadro 1.

A área experimental tinha 3,93 ha e era dividida em duas posições na paisagem. Na área de baixada, o solo é um Planossolo Háplico eutrófico e na área de encosta, um Argissolo Vermelho distrófico (Streck et al., 2008).

A área de pastejo vem sendo utilizada para cria e recria de bovinos de corte desde o início de 1970, sem histórico de adição de corretivo da acidez e de fertilizantes fosfatados (Quadros & Pillar, 2001). A fisionomia da pastagem natural é caracterizada pela dominância de gramíneas, que apresentam mais de

70 % de contribuição na biomassa aérea disponível. Entre essas se destaca um duplo estrato formado por touceiras de *Andropogon lateralis* e *Aristida laevis* no estrato superior e de *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis* no estrato inferior. Desde 1995, a pastagem vem sendo manejada com pastejo ou com sua exclusão e monitorada quanto à queima ou não. O método de pastejo empregado foi o rotacionado, em que o critério para estabelecimento do intervalo entre os pastejos foi a média da soma térmica acumulada no período (760 °C), necessária para o surgimento de quatro folhas das espécies *Paspalum notatum* e *Andropogon lateralis*. A carga animal foi calculada de acordo com a massa de forragem avaliada três dias antes da entrada prevista dos animais nos poteiros, adotando-se como taxa de utilização de forragem o valor entre 20 e 35 % da massa de forragem, que resultou numa carga instantânea média de 15 e 18 UA ha<sup>-1</sup> e numa ocupação de 6 e 4 dias, para o primeiro e o segundo período de avaliação, respectivamente.

Os fatores avaliados foram os distúrbios causados pelo pastejo (ausência ou presença) e pela queima (presença ou ausência) nas duas posições da paisagem (encosta e baixada). Os dois primeiros fatores (fogo e pastejo) foram arrançados em delineamento completamente casualizado com quatro repetições. A vegetação foi queimada no final dos invernos de 1995, 1997, 2001, 2003, e a última queimada controlada foi efetuada no dia 5 de setembro de 2007. Nos anos de 1999 e 2005, a queimada ocorreu no final da estação de crescimento, abril-maio, não tendo sido controlada.

As coletas de solo para fins de análise da quantidade de P imobilizado na biomassa microbiana e demais formas de P foram realizadas em duas épocas do ano. A primeira delas foi feita em 05/12/2008 e a segunda em 12/04/2009, correspondendo a 10 dias após os ciclos de pastoreios rotacionados. As amostras de solo foram coletadas com pá de corte na camada de 0–10 cm. Cada uma das quatro amostras (repetições) coletadas por tratamento foi composta por duas subamostras, adjacentes às transectas demarcadas por Quadros &

**Quadro 1. Precipitação pluvial, temperatura mensal e insolação no período de condução do experimento**

Mês	Precipitação pluvial	Temperatura média mensal			Insolação
		9 h	15 h	21 h	
	mm	°C			h mês <sup>-1</sup>
		Ano 2008			
Novembro	43,9	22,6	28,3	22,1	268,7
Dezembro	31,7	23,5	29,9	23,9	283,7
		Ano 2009			
Janeiro	162,1	23,2	28,5	23,3	251,6
Fevereiro	165,4	24,6	29,1	24,0	204,8
Março	131,7	21,5	28,3	22,1	163,0
Abril	25,6	17,9	26,7	18,5	218,9

Fonte: Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

Pillar (2001). As transeções eram linhas de 15 m de comprimento, subdivididas em parcelas adjacentes de 0,5 m de lado. Para efeito de análise, as transectas foram agrupadas em conjuntos de três ou quatro parcelas e foi testada a autocorrelação espacial entre elas, obtendo-se valores abaixo de 0,5. Isso caracterizou a independência das parcelas, podendo ser consideradas repetições.

Logo após a coleta, o solo foi acondicionado em caixas térmicas com gelo e levado imediatamente ao laboratório, onde foi peneirado em malha de 2 mm para determinação do conteúdo de P microbiano. Posteriormente, o solo das amostras foi seco em estufa de circulação forçada de ar  $\pm 60$  °C e armazenado para as demais análises.

O P microbiano foi estimado pelo método de fumigação-extração de Hedley & Stewart (1982) adaptado por Rheinheimer et al. (2000). O P orgânico total foi estimado pelo método da ignição do solo a 550 °C (Olsen & Sommers 1982). O P total foi estimado pela digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na presença de MgCl<sub>2</sub> saturado, conforme Olsen & Sommers (1982), e adaptado por Gatiboni (2003). O teor de P inorgânico disponível foi estimado pelo método da resina de troca aniônica em membrana (RTA) (Miola, 1995). O teor de carbono orgânico total do solo foi estimado pelo método de combustão úmida com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, segundo Tedesco et al. (1995), utilizando o fator de correção proposto por Rheinheimer et al. (2008b). Determinaram-se também o pH-H<sub>2</sub>O, os teores de Ca, Mg e Al trocáveis, os teores de P e K disponíveis por Mehlich-1 e o teor de argila, segundo Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram separados para a análise estatística pela posição na paisagem e submetidos à análise de variância, com testes de aleatorização, usando-se a distância euclidiana como medida de semelhança, com o auxílio do software MULTIV (Pillar, 2004). Somente foram consideradas significativas as probabilidades abaixo de 5 %.

## RESULTADOS

Os solos onde o experimento foi instalado eram ácidos e arenosos, com pH em água de 4,5 e apenas 16 % de argila (Quadro 2). Apresentaram alta saturação por Al (47 % na encosta e 43 % na baixada) e baixa saturação por bases (30 % na encosta e 33 na baixada). O teor de K disponível foi de 37 mg kg<sup>-1</sup> em ambos os solos. O teor de P disponível por Mehlich-1 foi de 2,8 e 5,5 mg kg<sup>-1</sup> e o de P extraído por RTA, de 0,9 e 1,3 mg kg<sup>-1</sup>, no solo da encosta e da baixada, respectivamente (Quadros 3 e 4).

O teor de P microbiano do solo sob pastagem natural variou de 11,4 a 57,3 mg kg<sup>-1</sup> (Quadro 3), representando em média 38 e 32 % do P orgânico total do solo, na primeira e na segunda coleta, respectivamente. Na primeira coleta, no solo da encosta, o pastejo sem queima aumentou o teor do P microbiano (57 % de aumento) e o pastejo aliado à queima não interferiu no conteúdo de P microbiano, apresentando em média 24,0 mg kg<sup>-1</sup> (Quadro 3). Já no solo da baixada o efeito do pastejo aumentou o teor do P microbiano em 36 e 407 %, respectivamente, com e sem a presença de queimadas.

Na segunda coleta, no solo da encosta, o pastejo com e sem queima não alterou o teor de P microbiano, apresentando teor médio de 16,8 mg kg<sup>-1</sup> (Quadro 4). Todavia, no mesmo período no solo de baixada o teor de P microbiano foi maior nas áreas sob efeito do pastejo, submetidas ou não à queima, proporcionando aumentos de 137 e 102 %, respectivamente.

No solo da pastagem de encosta, os teores gerais médios de carbono orgânico total (COT) (11,3 g kg<sup>-1</sup>) e de P orgânico (73,2 mg kg<sup>-1</sup>) foram menores do que no solo da baixada (16,9 g kg<sup>-1</sup> de COT e 88,4 mg kg<sup>-1</sup> de P orgânico) (Quadro 3). Os valores de P orgânico variaram de 53,3 a 99,5 mg kg<sup>-1</sup>, representando até 47 % do P total do solo. O teor de P total foi de 253 e 281 mg kg<sup>-1</sup> no solo da encosta e no solo da baixada, respectivamente.

**Quadro 2. Caracterização dos atributos físicos e químicos do solo da camada de 0–10 cm em função da posição na paisagem, da queima e do pastejo**

Posição	Queima	Pastejo	Argila <sup>(1)</sup>	pH H <sub>2</sub> O (1:1) <sup>(2)</sup>	P <sup>(2)</sup>	K <sup>(2)</sup>	Ca <sup>2+</sup> <sup>(2)</sup>	Mg <sup>2+</sup> <sup>(2)</sup>	Al <sup>3+</sup> <sup>(2)</sup>	V <sup>(2)</sup>	m <sup>(2)</sup>
			g dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	
Encosta	Sem	Sem	170	4,5	3,7	40	1,4	1,1	2,2	27	46
		Com	180	4,5	3,0	44	2,0	1,4	2,4	22	41
	Com	Sem	160	4,6	2,2	40	1,2	1,1	2,1	35	57
		Com	160	4,6	2,2	24	1,4	1,1	2,0	39	43
Baixada	Sem	Sem	170	4,4	6,0	40	1,3	0,9	3,0	17	47
		Com	160	4,4	3,7	36	5,0	2,4	1,4	52	16
	Com	Sem	140	4,4	7,6	44	1,4	0,6	2,9	28	58
		Com	150	4,4	4,5	28	1,7	0,9	2,6	33	49

<sup>(1)</sup> Embrapa (1997). <sup>(2)</sup> Tedesco et al. (1995): saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).



**Quadro 3. Valores de P microbiano, P inorgânico extraído por resina (P resina), P orgânico, P total e carbono orgânico total (COT) do solo sob pastagem natural, em função da posição no relevo, queima e pastejo em 05/12/2008, primeiro período de coleta, e em 12/04/2009 no segundo período de coleta**

Posição	Tratamento		P microbiano	P resina	P orgânico	P total	COT
	Queima	Pastejo					
mg kg <sup>-1</sup>							
<b>5/12/2008</b>							
Encosta	Sem	Sem	23,5b <sup>(1)</sup>	0,7	83,4a	217	11,5b
		Com	37,0a	1,2	85,2a	288	13,6a
	Com	Sem	24,0b	1,2	53,3b	244	10,0c
		Com	24,0b	1,0	76,4a	225	11,0c
Baixada	Sem	Sem	11,4c	1,6	95,2a	203	13,3b
		Com	57,3a	1,3	99,0a	305	16,5a
	Com	Sem	32,3b	1,1	79,5b	275	16,8a
		Com	43,8a	1,2	99,5a	307	18,8a
<b>12/04/2009</b>							
Encosta	Sem	Sem	16,0a <sup>(1)</sup>	0,8	73,7a	288	11,1a
		Com	17,6a	0,5	75,3a	251	11,2a
	Com	Sem	16,3a	0,9	68,5a	256	11,2a
		Com	17,1a	1,0	69,5a	252	11,0a
Baixada	Sem	Sem	21,1b	1,3	83,3a	330	14,5b
		Com	50,1a	1,7	90,9a	277	16,6ab
	Com	Sem	19,8b	1,1	77,0a	264	19,4a
		Com	39,9a	1,1	82,9a	283	19,0a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas nas posições do relevo na coluna diferem entre si pelo teste de Aleatorização abaixo de 5 %.

## DISCUSSÃO

Os atributos de fertilidades desses solos são insuficientes para o crescimento e desenvolvimento da maioria das espécies vegetais cultivadas, mas parece não ser limitantes para o crescimento das espécies campestres. Essas são constituídas de plantas nativas, que apresentam grande adaptabilidade ao meio em que evoluíram e conseguem crescer e se desenvolver sob altas saturações de Al e sem apresentar os efeitos deletérios ao sistema radicular que essas condições adversas podem ocasionar. Além disso, os baixos teores de nutrientes e o considerável teor de matéria orgânica do solo mostram que existe relação de dependência entre a mineralização de nutrientes da matéria orgânica e suprimento de demanda da pastagem.

Mesmo com baixos teores de P disponível, tanto por Mehlich-1 (Quadro 2) quanto por RTA (Quadro 3), ambos na classe de disponibilidade muito baixa (CQFSR/SC, 2004), as espécies de plantas que compõem as pastagens naturais atingem boa produtividade forrageira sem utilização de fertilizantes. Isso ocorre devido aos eficientes mecanismos de absorção, translocação e utilização de P, aliados à dependência micorrízica das espécies campestres (Rheinheimer & Kaminski, 1994). Na Depressão Central do Rio Grande do Sul, área onde se localizava o experimento, essas pastagens apresentavam

taxas de acúmulo de biomassa que variavam de 10,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de matéria seca (Soares et al., 2005) a 12,2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de matéria seca (Soares et al., 2007).

Rheinheimer et al. (2003) constataram que, logo após a queima, houve aumento nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e nos valores de pH, assim como diminuição nos teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de Al<sup>3+</sup>, mas que 90 dias após a queima esses teores tenderam aos valores originais. Dessa forma, devido ao fato de a última queima da área experimental ter ocorrido há 15 e 19 meses do primeiro e do segundo período de coleta, respectivamente, não houve diferença agrônômica relevante nos atributos de fertilidade, conforme a interpretação adotada pela CQFSR/SC (2004) (Quadro 2).

De maneira geral, houve diminuição nos teores de P microbiano no segundo período de amostragem, comparativamente ao primeiro período. Isso pode ser explicado pelo fato de que a coleta foi realizada no mês de abril, período em que o crescimento dessas espécies nativas era reduzido devido à menor soma térmica ocorrida naquela época do ano. Dessa forma, esperase menor renovação de tecidos e atividade do sistema radicular com liberação de exsudatos que servem como combustível para a biomassa microbiana (Cattelan & Vidor, 1990; Rheinheimer et al., 2008a).

O histórico das queimadas, isoladamente, não interferiu no conteúdo de P microbiano. No entanto,

nos tratamentos pastejados em que houve queima a amplitude de incremento do P microbiano foi menos pronunciada, independentemente da posição no relevo. Isso pode estar relacionado à diminuição da quantidade de matéria vegetal acumulada nas áreas em que foram realizadas as queimas sistemáticas e, conseqüentemente, diminuição da quantidade de resíduos prontamente disponíveis à atividade microbiológica.

O pastejo promoveu incremento temporário no conteúdo de P microbiano, independentemente do histórico de queima da vegetação. O aumento no conteúdo de P microbiano após o pastejo ocorre porque o corte de folhas das plantas causa a morte de parte do sistema radicular, liberando resíduos de fácil decomposição ricos em nutrientes, que estimulam o crescimento da biomassa microbiana do solo (Rheinheimer et al., 2008a). A maior amplitude nos teores de P microbiano após o pastejo no solo da baixada pode ter ocorrido pela preferência dos animais por essa área, em que o efeito exercido pelos bovinos sobre a pastagem natural foi maior, causando maior intensidade de desfolha e, conseqüentemente, morte de raízes, o que aumenta a quantidade de resíduos de fácil decomposição (Quadro 3).

Apesar das diferenças observadas no P microbiano decorrente do pastejo, o conteúdo de P orgânico do solo não apresentou o mesmo comportamento devido a esse distúrbio, mesmo com o P microbiano correspondendo até mais da metade (58 %) do P orgânico total em alguns tratamentos. Esse comportamento demonstra que as flutuações nos teores de P microbiano são de curta duração, como haviam observado Conte et al. (2002), Martinazzo et al. (2007) e Rheinheimer et al. (2008a).

A razão P microbiano/P orgânico é considerada indicador da labilidade do P orgânico. Os valores médios de P microbiano representaram 1/3 do P orgânico total nesse solo nas duas coletas e foram proporcionalmente muito elevados quando comparados com apenas 4 % com os obtidos em solo sob sistema de plantio direto sem adição de P, encontrados por Conte et al. (2002), ou com os valores de 9 a 23 % obtidos por Rheinheimer et al. (2000), em solos arenosos e argilosos sob diferentes sistemas de manejo no Rio Grande do Sul. A grande proporção de P microbiano no P orgânico e no P total do solo encontrado nesse experimento evidencia que o P microbiano é a maior e mais importante fonte de reserva potencial de P para o crescimento e desenvolvimento das plantas em ecossistemas naturais, sem a adição de fertilizantes fosfatados, como o das pastagens naturais do Sul do Brasil.

## CONCLUSÕES

1. O P imobilizado na biomassa microbiana constitui reserva potencial de P capaz de suprir a demanda de espécies nativas nas pastagens naturais.

2. O P microbiano é o indicador mais sensível que o teor de P orgânico total do solo para detectar as alterações promovidas pelo pastejo.

3. O manejo das pastagens naturais com fogo diminui a amplitude do incremento de P microbiano decorrente do pastejo.

## LITERATURA CITADA

- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. & JENKINSON, D.S. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 16:169-175, 1984.
- CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:125-132, 1990.
- CHEN, C.R.; CONDRON, L.M.; DAVIS, M.R. & SHERLOCK, R.R. Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. *For. Ecol. Manag.*, 177:539-557, 2003.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFSRS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, 2004. 400p.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I. & RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicações de fosfato em solo no sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:925-930, 2002.
- DALAL, R.C. Soil organic phosphorus. *Adv. Agron.*, 29:83-117, 1977.
- GATIBONI, L.C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 231p. (Tese de Doutorado)
- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. & BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43:1085-1091, 2008.
- HEDLEY, M.J. & STEWART, J.W.B. Method to measure microbial phosphate in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 14:377-385, 1982.
- HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B. & CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:970-976, 1982.
- MACHADO, M.I.C.S.; BRAUNER, J.L. & VIANNA A.C.T. Formas de fósforo na camada arável dos solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*. 17:331-336, 1993.
- MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. & KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:563-570, 2007.

- MIOLA, G.R. Extração de P, K, Ca, e Mg do solo por diferentes métodos e avaliação da disponibilidade de P às plantas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. (Tese de Mestrado)
- NZIGUHEBA, G. & BÜNEMANN, E.K. Organic phosphorus dynamics in tropical agroecosystems. In: TURNER, B.L.; FROSSARD, E. & BALDWIN, D.S., eds. Organic phosphorus in the environment. Wallingford, CAB International, 2005. p.243-268.
- OBERSON, A. & JONER, E.J. Microbial turnover of phosphorus in soil. In: TURNER, B.L; FROSSARD, E. & BALDWIN, D.S., eds. Organic phosphorus in the environment. Wallingford, CAB International, 2005. p.133-164.
- OLSEN, S.R. & SOMMERS, L.E. Phosphorus. Methods of soil analysis. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, Q.R., eds. Chemical and microbiological properties. . Madison, Soil Science Society of America, 1982. Part 2. p.403-430.
- PILLAR, V.D. MULTIV. Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/>>.
- PILLAR, V.P. & QUADROS, F.L.F. Grasslands-forest boundaries in Southern Brazil. *Coenoses*, 12:119-126, 1997.
- QUADROS, F.L.F. & PILLAR, V.P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. *Ci. Rural*, 31:863-868, 2001.
- RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. & CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:589-597, 2000.
- RHEINHEIMER, D.S. & KAMINSKI, J. Resposta do capim-pensacola à adubação fosfatada e à micorrização em solo com diferentes valores de pH. *R. Bras. Ci. Solo*. 18:201-205, 1994.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; FERNANDES, V.B.B.; MAFRA, A.L. & ALMEIDA, J.A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ci. Rural*, 33:49-55, 2003.
- RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. & FLORES, A.F. Organic and inorganic phosphorus as characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance in subtropical soils under management systems. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 33:1853-1871, 2002.
- RHEINHEIMER, D.S.; MARTINAZZO, R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. & SILVA L.S. Amplitude no fósforo microbiano em um Argissolo em pastagem nativa submetida à roçada e à introdução de espécies forrageiras com fertilização fosfatada em diferentes épocas. *Acta Sci. Agron.*, 30:561-567, 2008a.
- RHEINHEIMER, D.S.; CAMPOS, B.C.; GIACOMINI, S.J.; CONCEIÇÃO, P.C. & BORTOLUZZI, E.C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:435-440, 2008b.
- SOARES, A.B.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; SEMMELMANN, C.; TRINDADE, J.K.; GUERRA, E.; FREITAS, T.S.; PINTO, C.E.; FONTOURA JÚNIOR, J.A. & FRIZZO, A. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ci. Rural*, 35:1148-1154, 2005.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; MEZZALIRA, L.R.; ADAMI, J.C.; FONSECA, P.F.; MIGLIORINI, F. & ASSMANN, T.S. Intensidades de pastejo em campo nativo melhorado. *Sci. Agr.*, 8:357-363, 2007.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON E. & PINTO, L.F.S. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre, Emater/RS, 2008. 222p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soil of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:853-858, 1984.

