

# CONTEÚDO DE FÓSFORO DA BIOMASSA MICROBIANA DE UM SOLO CULTIVADO COM *BRACHIARIA DECUMBENS* STAFF<sup>1</sup>

JOSÉ GUILHERME M. GUERRA<sup>2</sup>, MONICA CRISTINA C. DA FONSECA<sup>3</sup>,  
DEJAIR LOPES DE ALMEIDA, HELVÉCIO DE-POLLI<sup>2</sup> e MANLIO SILVESTRE FERNANDES<sup>4</sup>

**RESUMO** - A partir de um trabalho de longa duração, em solo cultivado com *Brachiaria decumbens* adubada com fontes de fósforo (P) em diferentes épocas de aplicação, um experimento foi conduzido com o objetivo de estimar, pelo método da fumigação-extração, o conteúdo de P microbiano do solo. O delineamento adotado foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: ausência de fertilização fosfática (P0), rocha fosfática incorporada no plantio (RFpl), rocha no plantio e superfosfato-tríplice aplicado em cobertura (RFpl + STcob), superfosfato no plantio (STpl), superfosfato em cobertura (STcob), superfosfato no plantio e em cobertura (STpl + STcob). A dose, nas duas épocas de aplicação, equivaleu a 87 kg de P/ha. O conteúdo de P microbiano aumentou de 7,7 a 13,7 mg P/kg de solo, respectivamente, no P0 e STpl + STcob, resultando elevação no teor de P da biomassa de 10,6 a 21,2 g de P/kg de biomassa nestes tratamentos, e tendência ao estreitamento da relação C/P da biomassa com a aplicação exclusiva do ST, independentemente da época de aplicação. O STcob não proporcionou aumento do conteúdo e teor percentual de P da biomassa superior ao obtido com o STpl, evidenciando, também, que aproximadamente cinco anos após a semeadura da *Brachiaria* a biomassa microbiana do solo encontrava-se mais enriquecida em P do que no P0. O parâmetro conteúdo de P microbiano se mostrou promissor para estudos do destino e dinâmica do P no solo.

Termos para indexação: carbono, fumigação, extração, rocha fosfática, forrageira.

## PHOSPHORUS CONTENT IN THE SOIL MICROBIAL BIOMASS UNDER *BRACHIARIA DECUMBENS* STAFF.

**ABSTRACT** - Following a long-term experiment on the growth of *Brachiaria decumbens* fertilized with different sources of phosphorus applied at different times, a study was performed to estimate the phosphorus in the microbial biomass using the fumigation-extraction method. The treatments were: no P fertilization (P0), rock phosphate incorporated 60 days before planting (RFpl), rock phosphate 60 days before planting and triple superphosphate applied 3 years later (RFpl + STcob), superphosphate at planting (STpl), superphosphate at full leaf cover (STcob), and superphosphate at planting and 3 years later (STpl + STcob). The addition rate at each of the two stages of fertilizer application was equivalent to 87 kg P/ha. The microbial P increased from 7.7 to 13.7 mg P/kg soil when the soil was fertilized with superphosphate, either at planting, or three years later at full leaf cover, resulting in an increase in the P concentration in the biomass from 10.6 to 21.2 g P/kg biomass in the same treatments. There was a tendency for the application of superphosphate to cause a decrease in the C:P ratio of the biomass independent of the date of application. Thus, the plots fertilized with superphosphate at planting and again 3 years later, did not result in any increase in the P content in the microbial biomass when compared with the plots fertilized only at planting, showing that even after 5 years of growth of *Brachiaria* the soil microbial biomass was found to be higher in P than in the treatment where there was no P fertilization. The microbial P was shown to be a promising parameter for studies of the fate and dynamics of P in the soil.

Index terms: carbon, fumigation, extraction, rock phosphate, forage.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 8 de fevereiro de 1995.

Extraído da Tese apresentada à Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pelo primeiro autor para obtenção do grau de Dr. Sc. em Agronomia.

<sup>2</sup> Eng. Agr. Dr. Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa

de Agrobiol. (CNPAB), Caixa Postal 74505, CEP 23851-970 Itaguaí, RJ.

<sup>3</sup> Enga. Agra. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof., UFRRJ/Dep. de Solos, CEP 23851-970 Itaguaí, RJ.

## INTRODUÇÃO

A biomassa microbiana do solo, conceitualmente, é definida como a parte viva da matéria orgânica, excluindo-se as raízes e animais maiores do que  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$  e, operacionalmente, atua como agente de transformação da matéria orgânica e como reservatório dinâmico de nutrientes (Jenkinson & Ladd, 1981).

Com o desenvolvimento dos métodos de quantificação da biomassa microbiana, como a fumigação-incubação (Jenkinson & Powelson, 1976), a respiração induzida pela adição de substrato (Anderson & Domsch, 1978), índice do trifosfato de adenosina (Oades & Jenkinson, 1979), fumigação-extração (Vance et al., 1987; Sparling & West, 1988; Tate et al., 1988), considerável progresso tem ocorrido também na quantificação do reservatório microbiano de nutrientes, principalmente para o S (Saggar et al., 1981), o P (Brookes et al., 1982; Hedley & Stewart, 1982; McLaughlin et al., 1986) e o N (Brookes et al., 1985).

O fósforo (P) desempenha funções essenciais nos sistemas biológicos, participando nas reações de armazenamento e transformação de energia, e como componente de diversos grupos químicos (Halstead & McKercher, 1975). Nas células microbianas o P encontra-se distribuído entre compostos orgânicos e inorgânicos, principalmente, no ácido ribonucléico (30-50% do conteúdo de P total da célula); no ácido desoxirribonucléico (2-10%); nas formas orgânicas e inorgânicas solúveis em ácido (15-20%), como açúcares fosfatados, coenzimas, fosfatos de adenosina, orto e metafosfatos, e fosfolipídios (<10%) (Alexander, 1977; Stewart & McKercher, 1982). O conteúdo total e a distribuição do P têm sido determinados "in vitro" e dependem da atividade de P inorgânico no meio de crescimento, idade das células e espécies de microorganismos (Atlas & Bartha, 1981; Hedley & Stewart, 1982). No solo, os parâmetros conteúdo total e distribuição do P nas células microbianas são ainda pouco conhecidos.

Ultimamente, maior ênfase tem sido dada à participação da biomassa microbiana nas transformações e ciclagem do P no sistema solo-planta (Chauhan et al., 1981; Stewart & Sharpley,

1987; Stewart & Tiessen, 1987; Paul & Clark, 1989). Estimativas das quantidades de P microbiano em solos de regiões de clima temperado têm indicado um espectro bastante amplo, variável desde 5,6 a 100,9 kg P/ha (Brookes et al., 1984), com um fluxo de P através da biomassa microbiana variável de 2,2 a 40,4 kg/ha.ano. Contrastando o histórico agrícola destes solos, Brookes et al. (1984) observaram, em solos com cobertura permanente de gramíneas ou submetidos a preparo contínuo para plantio de lavouras, quantidades médias, respectivamente, de 56,8 e 17,0 kg P/ha, com fluxos médios, respectivamente, de 22,7 e 6,8 kg/ha.ano, o que evidencia a participação mais efetiva da biomassa nos solos com cobertura vegetal permanente.

Flutuações sazonais na produção e acumulação de P na parte aérea de forrageiras de clima temperado têm sido associadas ao armazenamento e liberação de P orgânico e microbiano (Tate et al., 1991; Perrot et al., 1992), notadamente em solos não fertilizados (Sharpley, 1985), o que sugere que a mineralização do P durante os períodos de crescimento acelerado poderia atender, ainda que parcialmente, os requerimentos destas pastagens. No entanto, nos solos brasileiros as dimensões do reservatório microbiano de P ainda não se encontram caracterizadas.

Em face do exposto, o objetivo do presente trabalho foi estimar, pelo método da fumigação-extração, o conteúdo de P microbiano de um solo sob cultivo de *Brachiaria decumbens*, fertilizada com fontes de P em diferentes épocas de aplicação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho fez parte de um experimento mais amplo conduzido a partir de 1984, instalado em microparcelsas construídas em canteiros de alvenaria, com amostras de terra coletadas no Município de Pirai, RJ, da camada superficial (0-0,20 m) de um Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico e semeado com *Brachiaria decumbens* Stapf. var. Australiana. Os detalhes sobre a condução do experimento encontram-se descritos na tese de Guerra (1993).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de: ausência de fertilização fosfática (PO), rocha fosfática incorporada no plantio (RFpl), rocha no plantio e superfosfato-tríplo aplicado em cobertura

(RFpl + ST/cob), superfosfato no plantio (STpl), superfosfato em cobertura (ST/cob), superfosfato no plantio e em cobertura (STpl + ST/cob). As fontes de P foram aplicadas na dose equivalente a 87 kg de P/ha (com base no teor total) nas duas épocas de aplicação. A rocha fosfática foi incorporada sessenta dias antes da semeadura e o superfosfato-tríplo por ocasião da semeadura (29/03/84) e em cobertura imediatamente após o décimo segundo corte (05/02/87).

O conteúdo de P microbiano no solo foi determinado em 04/01/89, a partir do método da fumigação-extração do P total (inorgânico+orgânico), segundo adaptações realizadas sobre os procedimentos de Brookes et al. (1982) e McLaughlin et al. (1986). Amostras compostas foram coletadas da camada de 0 a 0,20 m, e imediatamente preparadas pelo peneiramento através de malha de 2 mm, seguido da retirada de fragmentos de raízes. As amostras foram subdivididas, acondicionando-se 10 g de terra, em erlenmeyer com capacidade para 250 cm<sup>3</sup>; metade das amostras sofreram extração com 100 ml de bicarbonato de sódio 0,5N a pH 8,5 (ajustado imediatamente antes do uso) em agitador horizontal a 220 rpm por 30 minutos, seguido de filtração para recipiente de vidro. A outra metade foi tratada com 1 ml de clorofórmio bidestilado, sendo o recipiente vedado com rolha de borracha e mantido por 24 horas em sala de incubação a 30 °C. Após, foram retiradas as rolhas e transferidos os recipientes para capela de exaustão de gases, permanecendo por 24 horas, seguido de extração e filtração, como descrito acima. O procedimento foi com amostras duplicadas em laboratório.

Alíquotas de 10 ml foram transferidas para tubos de vidro na presença de 1 ml de ácido perclórico e 1 ml de cloreto de magnésio saturado (preconizado por Brookes e Powlson, 1981, a fim de evitar perda de P por volatilização), acondicionando-se os tubos em bloco digestor, com elevação gradual da temperatura até 150 °C; a digestão foi concluída ao notar-se a formação de gel incolor. Em seguida, foram adicionados ao tubo 2 ml de água destilada que foram aquecidos por ação manual até a fervura e posteriormente transferidos para um balão volumétrico de 10 cm<sup>3</sup> de capacidade.

A dosagem do P foi realizada em espectrofotômetro, no espectro visível (660 nm) a partir da formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico, na presença de ácido ascórbico como redutor (EMBRAPA, 1979); os padrões foram preparados com os mesmos reagentes acima descritos.

O cálculo do conteúdo de P microbiano foi feito, após correção gravimétrica da umidade do solo a 105 °C por 24 horas, de acordo com a fórmula  $P_m = \frac{P_{tf} - P_{tff}}{K_p}$ , onde:  $P_m$  = conteúdo de P microbiano no solo (mg P/kg de solo);  $P_{tf}$  = fósforo total da amostra fumigada;  $P_{tff}$  =

fósforo total da amostra não fumigada;  $K_p$  = fator de correção (= 0,4, considerando-se uma taxa de recuperação de 40%).

Avaliou-se, também, na mesma data, o conteúdo da biomassa-C microbiana do solo, pelo método da fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976). A partir dos resultados de biomassa-C e P microbiano, estimou-se o teor de P (admitindo-se que a microbiota seca apresenta 50% de carbono) (Brookes et al., 1984) e a relação C/P da biomassa microbiana do solo. Por ocasião do décimo nono corte da *Brachiaria* (em 21/01/89), determinou-se a matéria da parte aérea seca em estufa à 65 °C (até atingir massa constante), acumulação total de P na parte aérea, após digestão nítrico-perclórica (Bataglia et al., 1983) e conteúdo de P disponível do solo, através do método de extração com resina de troca aniônica (Van Raij & Quaggio, 1983), sendo a resina acondicionada em malhas de polipropileno (Sibbesen, 1977). A dosagem do P foi realizada como descrito anteriormente (EMBRAPA, 1979).

A análise de variância foi executada com o auxílio do programa SISTANVA, desenvolvido pela EMBRAPA/CNPMS, com as médias sendo comparadas pelo teste de Duncan.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de P disponível no solo, acumulação total de P e produção de matéria seca no 19º corte (em 21/01/89) da parte

**TABELA 1. Conteúdo de P disponível no solo, acumulação de P e produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens*, por ocasião do décimo nono corte, a partir de fontes e épocas de aplicação de P.**

Tratamento <sup>1</sup>	P disponível no solo (mg/kg solo)	Acumulação na planta	
		P (kg/ha)	Matéria seca (kg/ha)
PO	3,6	5,5	5775
RF/pl	2,8	6,6	6067
FR/pl + ST/cob	3,4	7,4	6155
ST/pl	2,5	6,6	6107
ST/cob	2,7	7,0	6426
ST/pl + ST/cob	3,0	7,4	6758
D.M.S $p < 0,05^2$	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>1</sup>PO: sem fertilização fosfática; RF: rocha fosfática, correspondente à 20g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>;

ST: superfosfato-tríplo, correspondente a 87 kg P/ha; pl: plantio; cob: cobertura.

<sup>2</sup>Teste de Duncan; n.s.: não significativo.

aérea da *Brachiaria*. Nota-se que a produção não diferiu em função das fontes e épocas de aplicação de P. Contudo, a fertilização proporcionou aumento expressivo da produção por ocasião do estabelecimento, mas a *Brachiaria* demonstrou alta capacidade de reação na ausência da fertilização fosfática (PO), apesar do nível inicialmente baixo de P disponível no solo (Guerra, 1993), que também pode ser observado na Tabela 1. Aparentemente, sintomas de deficiência de P após o período de estabelecimento não foram evidenciados, o que reflete uma situação detectada, de maneira geral, com esta espécie no campo, sob condições de clima e solo do Estado do Rio de Janeiro. A produção obtida poderia ser considerada satisfatória, principalmente quando comparada com os resultados alcançados nas condições de Cerrado (Sanzonowicz et al., 1987).

Conquanto a acumulação total de P na parte aérea (Tabela 1) não tenha diferido significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos no corte 19, a fertilização proporcionou uma tendência de aumento de até 36%, quando se contrastou, respectivamente, o PO e ST/pl + ST/cob. A tendência, geralmente, foi confirmada estatisticamente ao longo dos cortes (Guerra, 1993). Entretanto, a capacidade da *Brachiaria* de acumular P sob deficiência deste elemento no solo pôde ser destacada. O profuso enraizamento de gramíneas forrageiras tropicais (Goedert et al., 1985) e, logo, a exploração de grande volume de solo, criando uma região amplamente favorável à atividade microbiana quimiorganotrófica e sítios radiculares disponíveis à formação de associações mutualísticas, como as micorrizas vesiculares-arbusculares (Miranda, 1981; Saif, 1987; Alves, 1988), possivelmente, estariam envolvidos na eficiência de aquisição de P pela *Brachiaria*.

Na Fig. 1, encontram-se os valores de biomassa-C microbiana, estimada pelo método da fumigação-incubação, em função das fontes e épocas de aplicação de P. Ao menos neste momento da cultura, não se observou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Em média, 338 mg C/kg de solo encontram-se alocados na microbiota do solo, correspondendo, aproximadamente, a 2% do carbono total (dados não apresentados). O valor, em termos absolutos, mostrou-se inferior aos valores obtidos em solos sob pastagem formadas em regiões

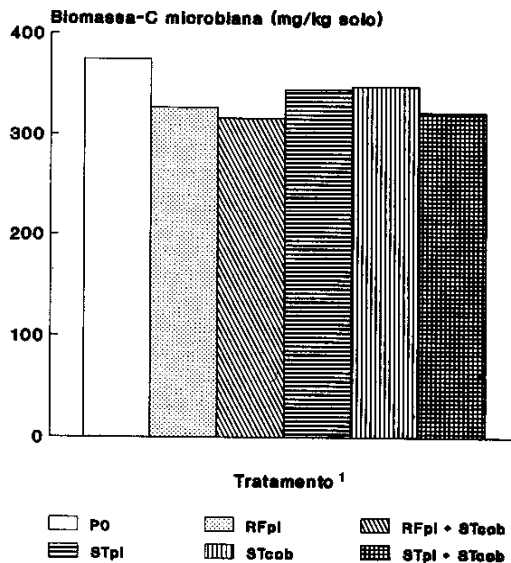


FIG. 1. Biomassa-C microbiana estimada (em 04/01/89) em solo cultivado com *Brachiaria decumbens* a partir de fontes e épocas de aplicação de P.

'PO': ausência de fertilização fosfática; RF: rocha fosfática; ST: superfosfato-tríplo; pl: plantio (em 29/03/84); cob: cobertura (em 05/02/87).

de clima temperado (Jenkinson & Powlson, 1976; Brookes et al., 1984), porém levemente superior aos reportados em solos brasileiros empregando o mesmo método em amostras de Planossolo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo (Sampaio et al., 1986; Demétrio, 1988; Rodrigues, 1992). Relativamente ao carbono total do solo, o valor enquadra-se na faixa de 2 a 3% observado por Jenkinson & Ladd (1981), embora um espectro bem mais amplo (0,27-15%) tenha sido estimado nos trabalhos de Anderson & Domsch (1980 e 1989) e Insam & Domsch (1988) a partir do método da respiração induzida pela adição de substrato.

A fertilização com ST, independentemente da época de aplicação, e na ausência da rocha fosfática incorporada na sementeira, proporcionou um aumento no conteúdo de P microbiano do solo, quando comparada com o PO e a RF (Fig. 2). Os valores variariam desde 7,7 a 13,7 mg P/kg de solo, respectivamente, nos tratamentos PO e ST/pl + ST/cob.

Nota-se que, aproximadamente cinco anos após a incorporação do ST, parte do P fornecido ao solo pelo fertilizante encontrava-se presente na microbiota do solo, e, portanto, apresentando um caráter passageiro, em face da dinâmica intrínseca desse reservatório.

A imobilização microbiana do P fertilizante, já destacada em trabalhos de curta duração (Enwezor, 1966 e 1967; Ghoshal, 1975; Chauhan et al., 1979 e 1981; Hedley et al., 1982; Van Veen et al., 1987) seria, talvez, um aspecto fundamental no ciclo biológico do P no solo, principalmente em solos geneticamente evoluídos, conferindo proteção a reações de adsorção junto a óxidos e/ou precipitação com espécies iônicas do Fe e Al na solução do solo. Em pastagens tropicais perenes, o efeito residual prolongado da fertilização com fonte solúvel de P (Guerra, 1993) pode, parcialmente, ser atribuído à liberação do P assimilado pelo reservatório microbiano.

A incorporação da rocha fosfática isoladamente na sementeira da *Brachiaria* não acarretou aumento no conteúdo de P microbiano do solo, quando comparado ao PO (Fig. 2). Os resultados, aparentemente, podem não refletir uma situação real encontrada no campo, principalmente na presença do ST, considerando que a aplicação isolada do ST/cob elevou o conteúdo por um fator de 1,6 em relação ao PO. Não haveria, desta forma, uma justificativa consistente para que o efeito também não fosse expressado ao combinar-se a RF e o ST. É possível que problemas associados ao método, como reações secundárias durante o processo de extração, estejam envolvidos, indicando a necessidade de calibração do método para solos submetidos a fertilização com rocha fosfática.

Embora Brookes et al. (1982) tenham sugerido que o fluxo de P inorgânico provocado pela fumação forneceria estimativa adequada do P microbiano do solo, presentemente, a determinação foi realizada a partir do P total (orgânico + inorgânico), visto que a fração inorgânica recuperada na extração (dados não apresentados), ao contrário do P total, frequentemente mostrou-se abaixo do limite de detecção quantitativa do método, conferindo inconsistência aos resultados. Em concordância, Hedley & Stewart (1982) e

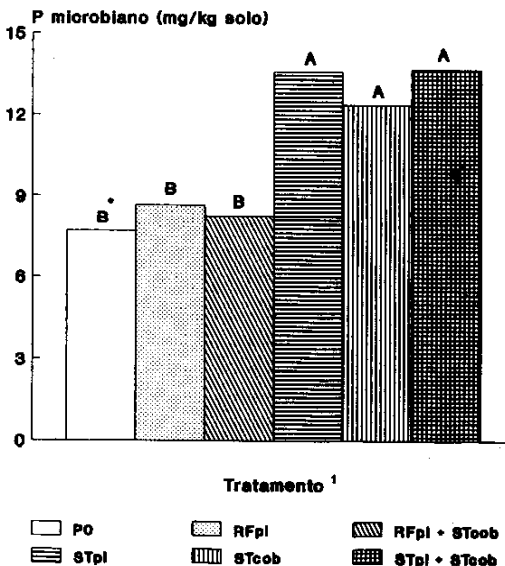


FIG. 2. Conteúdo de P microbiano (em 04/01/89) em solo cultivado com *Brachiaria decumbens* a partir de fontes e épocas de aplicação de P. 'PO: ausência de fertilização fosfática; RF: rocha fosfática; ST: superfosfato-triplo; pl: plantio (em 29/03/84); cob: cobertura (em 05/02/87).

\*Colunas com letras diferentes indicam significância pelo teste de Duncan  $p < 0,05$ .

McLaughlin et al. (1986) preconizaram o uso do P total, coerentemente justificado pela heterogeneidade dos compostos do P nas células microbianas, pela proporção variável das frações orgânicas e inorgânicas, em decorrência da atividade do P na solução do solo, pelo teor percentual de P, pela idade das células e pela maior ou menor acessibilidade à extração dos compostos do P em solos com diferentes capacidades de adsorção.

A comparação direta dos resultados obtidos a partir de diferentes métodos de determinação requer cuidado. Porém, o contraste torna-se ainda válido com o objetivo de posicionar as estimativas do conteúdo de P microbiano em diferentes condições edafo-climáticas. Brookes et al. (1984) encontraram, em solos formados sob clima temperado, valores bem superiores aos obtidos neste trabalho, variáveis de 6,0 a 106,0 mg de P/kg solo, utilizando amostras incubadas e determinação do fluxo de P inorgânico.

Todavia, pode-se destacar que os resultados de Brookes et al. (1984) e Saffigna et al. (1989) indicaram que sistemas de produção mais conservativos, como cobertura permanente de gramíneas ou manutenção de resíduos orgânicos sobre o solo resultaram aumentos no conteúdo de P microbiano.

Embora a biomassa C microbiana não tenha sido alterada pelos tratamentos na ocasião da coleta das amostras, observou-se que a fertilização proporcionou o seu enriquecimento em P (Fig. 3). Admitindo-se que a biomassa seca continha 50% de C (Brookes et al. 1984), os teores variaram de 10,6 a 21,2 g de P/kg de biomassa, respectivamente, no PO e ST/pl + ST/cob. No entanto, notou-se que da aplicação do superfosfato em cobertura não resultou aumento no teor percentual superior ao obtido com a incorporação desta fonte na semeadura.

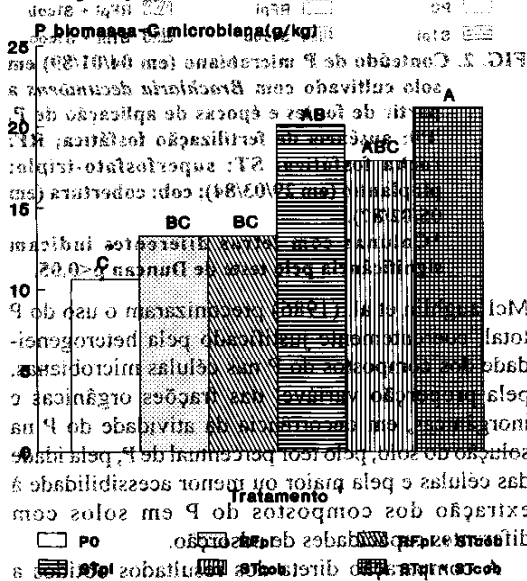


Fig. 3. Teor de P da biomassa C microbiana estimada (em 04/01/89) em solo cultivado com *Brachiaria decumbens* a partir de fontes de fertilizantes de aplicação de P: PO: ausência de fertilização fosfática; RF: rotação fosfática; ST: superfosfato-tríplico; pl: plantio (em 29/03/84); cob: cobertura (em 05/02/87). C: Colheita com lotes diferentes indicam significância pelo teste de Duncan  $p < 0,05$ .

Em solos com conteúdo de P disponível mais elevados, valores variáveis de 14,0 a 47,0 g de P/kg de biomassa foram obtidos por Brookes et al. (1984). Anderson & Domsch (1980) também obtiveram teores percentuais elevados, que correspondiam, em média, a 24,0 e 31,0 g de P/kg de biomassa, respectivamente, no que tange a bactérias e fungos isolados de diferentes solos e crescidos em meio de cultura com 10 g de glicose/litro de solução. Por outro lado, Van Veen & Paul (1979) encontraram valores variáveis de 0,9 a 19,8 g de P/kg de biomassa para microorganismos isolados do solo e crescidos *in vitro* sob diferentes tensões de umidade. Os resultados enfatizam os efeitos das variáveis experimentais sobre o teor de P dos microorganismos. Assim sendo, os valores relativamente baixos aqui reportados, quando comparados aos resultados de Anderson & Domsch (1980) e Brookes et al. (1984), seriam, talvez, como também sugerido por Chauhan et al. (1981), Hedley & Stewart (1982) e Stewart & Fleeson (1987), o reflexo da menor atividade do P inorgânico na solução do solo para assimilação microbiana.

Em concordância, o enriquecimento da biomassa microbiana do solo, a partir da fertilização com fonte solúvel de P, proporcionou tendência marcante ao estreitamento da relação C:P da biomassa (Fig. 4), embora significância estatística ( $p < 0,05$ ) não tenha sido alcançada. Chauhan et al. (1981) também observaram um estreitamento médio na relação C:P com a aplicação de fontes solúveis de P, em experimento de incubação conduzido por 10-12 meses. Brookes et al. (1984) encontraram relações variáveis de 10,6 a 35,9 em solos de regiões temperadas, e portanto, em valores médios, a relação mostrou-se bem mais estreita do que a aqui encontrada. No tocante a bactérias e fungos isolados de solos e crescidos *in vitro*, na presença de 10 g de glicose/litro, Anderson & Domsch (1980) encontraram, respectivamente, valores de 17,6 e 12,0. No entanto, em condições de campo, em solo com baixo teor de P disponível, Saffigna et al. (1989) obtiveram valores variáveis para a relação C:P desde 33,0 até 52,0 em diferentes sistemas de preparo do solo em manejo de resíduos culturais. Apesar de a biomassa microbiana ser o sítio das reações concomitantes de imobilização de

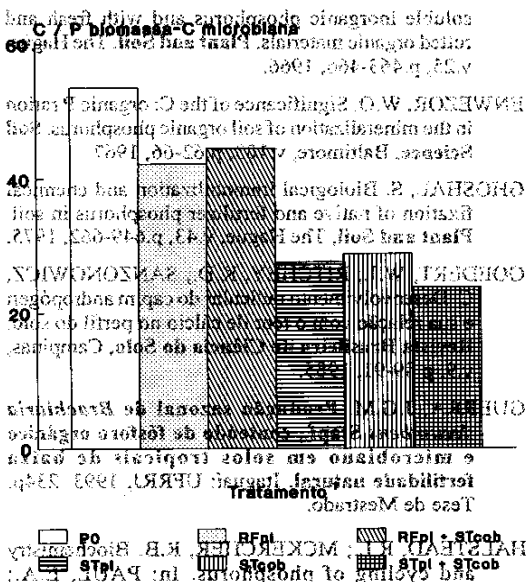


FIG. 4. Relação entre C e P da biomassa-C microbiana estimada (em 04/01/89) em solo cultivado com *Brachiaria decumbens* a partir de fontes e épocas de aplicação de fósforo.

PO: ausência de fertilização fosfórica; RF: rocha fosfórica; ST: superfosfato-tríplo; pl: plantio (em 29/03/84); cob: cobertura (em 05/02/87).

mineralização do P; portanto, a relação C/P da biomassa — índice importante na caracterização do balanço líquido destas reações —, os trabalhos realizados até então, bem como este, não permitem maiores considerações sobre os limites desta relação. Todavia, com o avanço das estimativas da biomassa microbiana C, principalmente, com a precisão das determinações, a relação C-P microbiana torna-se é um índice auxiliar bastante útil para o entendimento das transformações de P no solo e para o manejo adequado da fertilização fosfórica. Neste sentido, o procedimento recentemente desenvolvido por Thien & Myers (1992), ainda não validado experimentalmente, propõe o conceito de P bio-disponível a partir da análise combinada das frações inorgânica e orgânica lábeis e da fração microbiana do P, a fim de inferir-se sobre a capacidade de suprimento de P dos solos.

O conteúdo de P microbiano neste trabalho foi determinado em uma única data, porém, flutuações

sazonais no conteúdo têm sido detectadas em solos de regiões de clima temperado sob pastagem (Tate et al., 1991; Perrot et al., 1992), permitindo supor que um modelo similar deveria também ocorrer para regiões de clima tropical, tendo em vista as flutuações marcantes de temperatura e precipitação pluvial ao longo do ano. Além disto, observou-se que os valores do conteúdo de P microbiano mostraram-se relativamente altos, notadamente quando comparados com os valores de P disponível no solo, o que sugere que o fluxo de P através da biomassa microbiana ao menos parcialmente, poderia contribuir para os picos de acumulação de P na parte aérea da *Brachiaria* durante o período quente e chuvoso (Guerra, 1993). No entanto, esta suposição necessita de confirmação experimental.

CONCLUSÕES

1. Embora a biomassa-C microbiana não tenha sido alterada pelo efeito residual das fontes de P, o conteúdo de P microbiano aumentou com a aplicação de superfosfato-tríplo, independentemente da época da fertilização, conferindo um enriquecimento em P da biomassa microbiana do solo, cinco anos após a semeadura de *Brachiaria*.

2. O parâmetro conteúdo de P microbiano se mostrou promissor para estudos do destino e dinâmica do P no solo.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2 ed. New York: John Wiley, 1977. 467p.

ALVES, G.N.N. Micorriza vesicular-arbuscular no crescimento e utilização do fósforo do solo pela *Brachiaria decumbens* cv. Marandu. ESA, 1988. 42p. Tese de Mestrado.

ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. A physiological method for quantitative measurements of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.10, p.215-221, 1978.

ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*, Baltimore, v.130, p.211-216, 1980.

ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K.H. Rates of microbial biomass carbon turnover in organic carbon in arable

- soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.21, p.471-479, 1989.
- ATLAS, R.M.; BARTHA, R. *Microbial ecology; fundamentals and applications*. Philippines: Addison-Wesley, 1981. 560p.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. *Boletim Técnico do Instituto Agronômico*, Campinas, n.78, p.1-48, 1983.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. Preventing phosphorus losses during perchloric acid digestion of sodium bicarbonate soil extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.32, p.671-674, 1981.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.17, p.837-842, 1985.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S.; JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.14, p.319-329, 1982.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S.; JENKINSON, D.S. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 16, p. 169-175, 1984.
- CHAUHAN, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of carbon additions on soil labile inorganic, organic and microbially held phosphate. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.59, p.387-396, 1979.
- CHAUHAN, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of labile inorganic phosphate status and organic carbon additions on the microbial uptake of phosphorus in soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.61, p.373-385, 1981.
- DEMÉTRIO, R. Efeitos da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). Itaguaí: UFRRJ, 1988. 98p. Tese de Mestrado.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- ENWEZOR, W.O. The biological transformation of phosphorus during the incubation of soil treated with soluble inorganic phosphorus and with fresh and rotted organic materials. *Plant and Soil*. The Hague, v.25, p.463-466, 1966.
- ENWEZOR, W.O. Significance of the C: organic P ration in the mineralization of soil organic phosphorus. *Soil Science*, Baltimore, v.103, p.62-66, 1967.
- GHOSHAL, S. Biological immobilization and chemical fixation of native and fertilizer phosphorus in soil. *Plant and Soil*, The Hague, v.43, p.649-662, 1975.
- GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D.; SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim andropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.89-91, 1985.
- GUERRA, J.G.M. *Produção sazonal de Brachiaria decumbens Stapf., conteúdo de fósforo orgânico e microbiano em solos tropicais de baixa fertilidade natural*. Itaguaí: UFRRJ, 1993. 234p. Tese de Mestrado.
- HALSTEAD, R.L.; MCKERCHER, R.B. Biochemistry and cycling of phosphorus. In: PAUL, E.A.; MCLAREN, A.D. (Ed.). *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1975. v.4. p.31-63.
- HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B. Method to measure microbial phosphate in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.14, p.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 Science Society of America Journal*, Madison, v.46, p.970-976, 1982.
- INSAM, H.; DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecology*, New York, v.15, p.177-188, 1988.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and Turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. (Ed.). *Soil Biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1981. v.5. p.415-471.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.8, p.209-213, 1976.
- MCLAUGHLIN, M.J.; ALSTON, A.M.; MARTIN, J.K. Measurement of phosphorus in the soil microbial biomass: a modified procedure for field soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 18, p.437-443, 1986.



- MIRANDA, J.C.C. de. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de Cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* STAPP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, p.102-105, 1981.
- OADES, J.M.; JENKINSON, D.S. Adenosine triphosphate content of the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.11, p.201-204, 1979.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego: Academic Press, 1989. 273p.
- PERROT, K.W.; SARATHCHANDRA, S.U.; DOW, B.W. Seasonal and fertilizer effects on the organic cycle and microbial biomass in a hill country soil under pasture. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.30, p.383-394, 1992.
- RAIJ, B.VAN; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 39p. (Boletim Técnico, 81).
- RODRIGUES, E.F. da. *Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação entre os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração*. Itaguaí: UFRRJ, 1992. 112p. Tese de Mestrado.
- SAFFIGNA, P.G.; POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; THOMAS, G.A. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian Vertisol. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.21, p.759-765, 1989.
- SAGGAR, S.; BETTANY, J.R.; STEWART, J.W.B. Measurement of microbial sulfur in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.13, p.493-498.
- SAIF, S.R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Growth, mineral uptake and micorrhizal dependency. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.97, p.25-35, 1987.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; MAIA, L.C. Limitações no cálculo da biomassa microbiana determinada pelo método da fumigação em solos com adição recente de substrato orgânico (<sup>14</sup>C). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.31-35, 1986.
- SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n. 2, p.233-243, 1987.
- SHARPLEY, A.N. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.49, p.905-911, 1985.
- SIBBESEN, E. A simple ion-exchange resin procedure for extracting plant available elements from soil. *Plant and Soil*, The Hague, v.46, p.665-669, 1977.
- SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.20, p.337-343, 1988.
- STEWART, J.W.B.; MCKERCHER, R.B. Phosphorus cycle. In: BURNS, R.G.; SLATERS, J.H. (Eds.). *Experimental Microbial Ecology*, Oxford: Blackwells, 1982. p.221-228.
- STEWART, J.W.B.; SHARPLEY, A.N. Controls on dynamics of soil and fertilizer phosphorus and sulfur. In: FOLLET, R.F.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. (Eds.). *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p.101-121.
- STEWART, J.W.B.; TIESSEN, M. Dynamics of soil organic phosphorus. *Biogeochemistry*, Dordrecht, v.4, p.41-60, 1987.
- TATE, K.R.; ROSS, D.J.; FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.20, p.329-335, 1988.
- TATE, K.R.; SPEIR, T.W.; ROSS, D.J.; PARFITT, R.L.; WALE, K.N.; COWLING, J.C. Temporal variations in some plant and soil P pools in two pasture soils of widely different P fertility status. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.132, p.219-232, 1991.
- THIEN, S.J.; MYERS, R. Determination of bioavailable phosphorus in soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, p.814-818, 1992.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.19, p.703-707, 1987.
- VAN VEEN, J.A.; LADD, J.N.; MARTIN, J.K.; AMATO, M. Turnover of carbon, nitrogen and phosphorus through the microbial biomass in soils incubated with <sup>14</sup>C, <sup>15</sup>N and <sup>32</sup>P-labelled bacterial cells. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.19, p.559-565, 1987.
- VAN VEEN, J.A.; PAUL, E.A. Conversion of biovolume measurements of soil organisms, grown under various moisture tensions, to biomass and their nutrient content. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v.37, p.686-692, 1979.