

## ATRIBUTOS MICROBIANOS DO SOLO SOB PASTAGENS NATURAIS COM DIFERENTES INTENSIDADES DE PASTEJO

### SOIL MICROBIAL ATTRIBUTES IN RANGELANDS WITH DIFERENTS GRAZING INTENSITIES

Fedrigo J.K.<sup>1\*</sup>, P.F. Ataíde<sup>1</sup>, J.C.R. Azambuja Filho<sup>1</sup>, C. Nabinger<sup>1</sup>, M.A. Barbosa & I. Anghinoni<sup>2</sup>

#### RESUMO

A biomassa microbiana do solo constitui a fração viva da matéria orgânica, sendo responsável por diversos processos biológicos e bioquímicos do solo e influenciada pelas condições impostas pelo meio. Visando avaliar o efeito do pastejo nas alterações dos atributos microbianos do solo, foram estudados 4 intensidades de pastejo baseados em pastagem natural do Bioma Pampa: 4, 8, 12 e 16% de oferta de forragem (kg de peso vivo em MS), comparados com uma área sem pastejo. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com duas repetições. As amostras foram tomadas no dia 23/11/2011, sendo avaliados os teores de matéria orgânica do solo (MOS), biomassa microbiana, nitrogênio, respiração e quociente metabólico. Os resultados apontaram que em intensidades de pastejo intermediárias, como 12%, ocorrem menores distúrbios na biomassa microbiana do solo quando comparados às demais ofertas, emitindo menor quantidade de CO<sub>2</sub> para a atmosfera para cada unidade animal produzida. Os teores de matéria orgânica e biomassa microbiana do solo em sistemas pastejados são inferiores àqueles de áreas excluídas do pastejo por um longo período.

**PALAVRAS CHAVE:** Matéria orgânica do solo, Biomassa microbiana, Respiração microbiana, Emissão de CO<sub>2</sub>.

#### ABSTRACT

The soil microbial biomass is the living fraction of organic matter, being responsible for several biological and biochemical processes of the soil and influenced by the conditions imposed by the environment. To evaluate the effect of grazing on changes in soil microbial attributes we studied four grazing intensities based on natural grassland of Pampa Biome: 4, 8, 12 and 16 kg of dry matter per day per 100 kg of animal live weight, compared to an area without grazing. We used randomized block design with two replications. Samples were taken on 11/23/2011 and analyzed to determine the levels of soil organic matter (SOM), microbial biomass, nitrogen, respiration and metabolic quotient. The results showed that at intermediate grazing intensities, such as 12%, minor disturbances occur in soil microbial biomass compared to other intensities, emit less CO<sub>2</sub> into the atmosphere for each animal unit produced. The levels of organic matter and soil microbial biomass systems are lower in grazed than in areas excluded from grazing for a long period.

**KEY WORDS:** Soil organic matter, Microbial biomass, Microbial respiration, CO<sub>2</sub> emission.

#### INTRODUÇÃO

As pastagens cumprem importante função na regulação dos processos biogeoquímicos e na biodiversidade do planeta (Lemaire, 2007). Nos últimos anos, tem aumentado o interesse da ciência em pastagens com a qualidade do am-

biente, e não apenas com a busca de aumentos na produção forrageira para a produção de herbívoros domésticos.

O solo, ambiente potencialmente alterado pela intervenção antrópica, apresenta um conjunto mínimo de atributos químicos, físicos e biológi-

1 Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
\* jean@zootecnista.com.br

2 Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFRGS. E-mail: ibanguui@ufrgs.br

cos, que se acompanham ao longo do tempo, são capazes de indicar as alterações da sua qualidade em função do manejo. Um deles é a biomassa microbiana, que, por constituir a fração viva da matéria orgânica, é responsável por diversos processos biológicos e bioquímicos do solo, sendo sensivelmente influenciada pelas condições impostas pelo meio (Moreira & Siqueira, 2003). Em áreas com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, ocorre aumento populacional e da atividade da biomassa microbiana (Cattelan & Vidor, 1990). O quociente metabólico é uma medida que permite avaliar os efeitos das condições ambientais sobre a biomassa microbiana do solo. À medida que a biomassa se torna mais eficiente, menos C é perdido para a atmosfera via CO<sub>2</sub> pela respiração e uma quantidade significativa é incorporada ao tecido microbiano.

Intensidades de pastejo elevadas mostram elevação na qualidade do mantilho, o que eleva a ciclagem de nutrientes e a biomassa microbiana do solo. O pastejo intensivo durante muitos anos, no entanto, pode reduzir a biomassa acima e abaixo do solo devido ao esgotamento dos recursos (Bardgett *et al.*, 1998; Holt, 1997). Neste sentido, avaliou-se o efeito de intensidades de pastejo na biomassa microbiana em pastagens naturais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma pastagem natural da Depressão Central do Rio Grande do Sul pertencente à Estação Experimental Agrônômica da UFRGS. O clima da região é do tipo Cfa, segundo a classificação Köppen, a precipitação total média anual é de 1440 mm, as temperaturas médias mensais variam de 9 a 25°C e a média da radiação solar global entre 200 e 500 cal cm<sup>-2</sup>. O solo é do tipo podzólico vermelho amarelo plíntico.

Desde 1986 a área experimental, de aproximadamente 31 ha, vem sendo manejada sob lotação contínua e níveis de ofertas de forragem (OF) para bovinos de corte. Os níveis de OF preconizados foram: 4, 8, 12 e 16 kg de matéria seca para cada 100 kg de peso vivo por dia (kg MS•100 kg de PV-1•dia-1, ou % PV) que foram aferidos em média a cada 28 dias utilizando-se a técnica put-and-take (Mott & Lucas, 1952). Foi utilizada como testemunha uma área com ausência de pastejo há 20 anos, ficando o delineamento experimental, com isso, em blocos in-

completos casualizados, com duas repetições.

A utilização das OF durante os 26 anos de experimento resultou em diferentes composições florísticas (Cruz *et al.*, 2010) e estruturas do pasto (Neves *et al.*, 2009). As espécies predominantes no estrato inferior do pasto fazem parte dos gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Coelorachis* e *Piptochaetium*. O aumento da oferta de forragem ocasiona incrementos na participação de touceiras, formadas principalmente por espécies do gênero *Aristida*, *Eryngium*, *Andropogon*, *Baccharis* e *Vernonia* (Côrrea & Maraschin, 1994).

Os dados climáticos referentes ao momento da coleta das amostras e ao bimestre anterior são apresentadas na figura 1, e as análises químicas na tabela 1.

As amostragens de solo, realizadas no dia 23 de novembro de 2011, foram coletadas nas camadas 0-5 e 5-10 cm. As amostras analisadas foram compostas por 10 subamostras coletadas aleatoriamente em cada parcela. Sabendo-se que as diferenças de relevo encontradas nas unidades experimentais condicionam os atributos da vegetação e os aspectos químicos e umidade do solo (Neves, 2009), foram realizadas amostragens somente na encosta, por se tratar de uma condição intermediária.

O carbono (CBMS) e o nitrogênio (NBMS) da biomassa microbiana foram obtidos pelo método da fumigação-extração (Vance *et al.*, 1987) e o nitrogênio segundo a metodologia descrita por Brookes *et al.* (1985). A respiração microbiana foi determinada segundo Alef & Nannipieri (1995) e o quociente metabólico determinado pela relação entre a respiração microbiana e a biomassa microbiana (Anderson & Domsh, 1993).

Os dados foram analisados por meio de análise de regressão linear e quadrática, para avaliar as relações existentes entre as ofertas de forragem e ausência de pastejo com as variáveis estudadas. As análises foram realizadas utilizando-se o software SAS<sup>®</sup> v.9 por meio do procedimento REG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de matéria orgânica e de biomassa, quociente metabólico, respiração e nitrogênio microbiano diferiram significativamente (P<0,05) de acordo com a profundidade do estrato de solo avaliado, sendo maiores para a fração 0-5 cm. Esse

efeito pode ser atribuído à maior deposição de resíduos na superfície, o que leva a uma concentração de material orgânico nos primeiros centímetros de solo, constituindo fonte abundante de C e energia para os microorganismos.

A área com exclusão de pastejo apresentou maiores valores de MOS em ambas as profundidades (fig. 2A). A acumulação de MOS resulta de uma complexa interação entre a quantidade e a qualidade de resíduos orgânicos (ácidos orgânicos, proteínas, ácidos húmicos, lignina), propriedades da matriz do solo (textura, pH, condutividade elétrica) e características da biomassa microbiana (tamanho, diversidade funcional, estrutura da comunidade) (Murphy *et al.*, 2011). Em sistemas de pastejo, a determinação das entradas em MOS a partir de resíduos oriundos das plantas ou animais e sua taxa de decomposição é difícil de ser medida, sendo que tais sistemas normalmente apresentam maior quantidade de MOS que em sistemas de lavouras anuais (Blair *et al.*, 2006). Com as diferentes ofertas de forragem, foi observada uma tendência quadrática dos resultados, sendo que os valores mostraram-se inferiores nas ofertas extremas (4 e 16%) e mais acentuadas nas ofertas moderadas, destacando-se a de 12%. Tal tratamento, que apresenta uma melhor estrutura do pasto e proporciona melhores ganhos aos animais, também apresenta um melhor equilíbrio nos estoques de carbono do solo, corroborando os dados observados por Conte *et al.* (2011). O autor demonstrou que o tratamento 12% de oferta de forragem acumulou mais carbono que os demais, seguido pelos tratamentos 8 e 12, com o tratamento 16% demonstrando a menor capacidade de acúmulo de C.

O carbono e o nitrogênio microbiano acompanharam a disposição observada nos dados de MOS, sendo que as principais respostas foram observadas na profundidade 0-5 cm (fig. 2B e 2C). Bertol *et al.* (1998), trabalhando na mesma área experimental do presente estudo, observou que a densidade aparente do solo na camada de 0-3cm diminuiu nos níveis intermediários de oferta de forragem (8 e 12%) e foi maior para 4 e 16%. As áreas com maior intensidade de pastejo promovem grandes pressões de compactação em virtude da maior carga animal. Já em ofertas muito altas, a vegetação apresenta-se na forma de um “mosaico”, com muitas espécies cespitosas concomitantes a espécies prostradas. Nessas áreas, os animais transitam preferencialmente pelos locais mais “limpos” (estrato inferior), formando trilhas de caminhamento, aumentando a degradação das propriedades físicas do solo pelo

pastoreio mais intenso. A compactação determina, de certa maneira, as relações entre ar, água e temperatura, que influenciam além do crescimento da planta (Camargo, 1983), os atributos microbianos do solo.

Além dos efeitos diretos da presença animal sobre as características do solo, as estratégias de crescimento das plantas em cada ambiente também podem alterar o meio, e assim interferir nos atributos microbianos do solo. Os tipos funcionais das espécies de plantas variam de acordo com as pressões de pastejo. De acordo com Cruz *et al.* (2010), com a diminuição da pressão de pastejo há uma maior participação de espécies com maior conteúdo de matéria seca na folha (CMSF) e menor área foliar específica (AFE), o que representa uma estratégia de conservação das plantas, que diminuem seu crescimento. Contrariamente, alta AFE e baixo CMSF são estratégias de plantas que apresentam crescimento rápido (Garnier *et al.*, 2006), característica de áreas com maior intensidade de pastejo. Em situações de pastejo intenso, no entanto, as plantas podem perder reservas e diminuir a sua biomassa líquida. De acordo com Goret (2005 PCFC), pastoreio com média intensidade apresenta maior heterogeneidade da vegetação e riqueza de espécies, aumentando a produtividade primária e secundária, enquanto que o pasto manejado com muito alta ou muito baixa intensidade de pastejo reduzem a diversidade da vegetação e promovem a abundância de apenas algumas espécies adaptadas. Com isso, ofertas de forragem intermediárias são capazes de apresentar maior fluxo de tecidos durante o ano, pela manutenção de um índice de área foliar favorável e aliando tipos funcionais com diferentes estratégias de crescimento. Com maior crescimento líquido da pastagem e melhor distribuição do pastejo, são criadas condições favoráveis para um melhor equilíbrio da biomassa microbiana do solo.

A análise dos resultados de atividade biológica deve ser realizada com critério, uma vez que nem sempre elevados valores de respiração microbiana indicam condições desejáveis. Uma biomassa mais eficiente é aquela que perde menos C na forma de CO<sub>2</sub> e incorpora mais na forma de tecidos microbianos. Dessa forma, observa-se que no tratamento mantido a 12% de OF, existe menor perda de carbono para a atmosfera, e uma quantidade significativa é incorporada na própria biomassa (Fig. 3A). Esse efeito pode ser melhor visualizado nos valores de quociente metabólico (Fig. 3B), que indica o nível de estresse a que cada unidade de C micro-

biano está submetida. Percebe-se, portanto, que o ambiente 12% de oferta e o sem pastejo apresentam os menores distúrbios da biomassa microbiana, eliminando menor quantidade de CO<sub>2</sub> para cada unidade de carbono em comparação às demais OF.

As emissões de CO<sub>2</sub> a partir da biomassa microbiana para cada unidade de carne produzida anualmente podem ser visualizadas na Figura 3C. Pela análise dos valores, é possível determinar que a oferta de 12% é a que emite menor quantidade de dióxido de carbono para cada quilograma de carne produzida. Mantendo-se o pasto numa oferta de 4%, por exemplo, emite-se 57% a mais de CO<sub>2</sub> somente a partir do compartimento solo para se produzir uma mesma unidade de carne no tratamento 12%. Nas últimas décadas, o CO<sub>2</sub>, importante gás causador do efeito estufa, tem aumentado suas concentrações na atmosfera, tendo-se dedicada atenção global para a minimização de suas emissões.

## CONCLUSÕES

Intensidades de pastejo moderadas promovem maior equilíbrio da biomassa microbiana do solo.

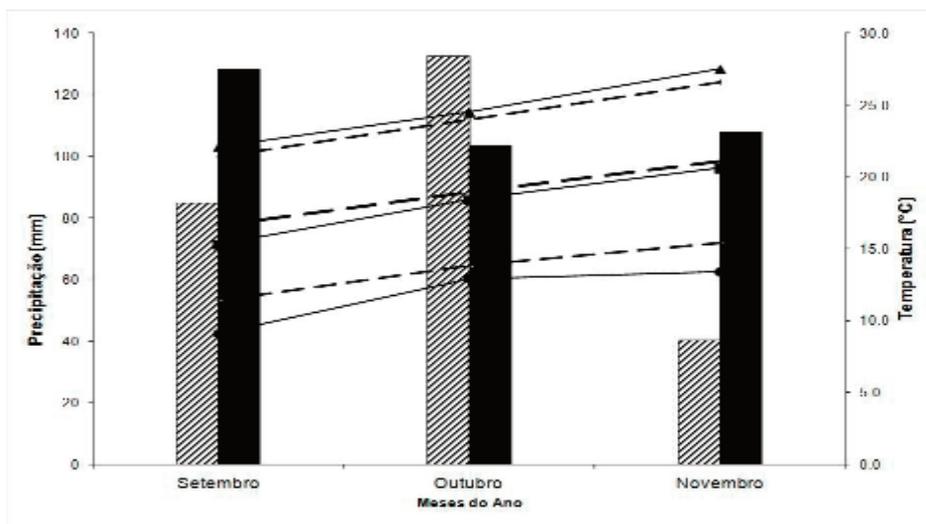
A oferta de forragem de 12%, além de propiciar maior quantidade de matéria orgânica, possibilita maior eficiência à biomassa microbiana, emitindo menor quantidade de CO<sub>2</sub> para a atmosfera para cada unidade animal produzida.

Os teores de matéria orgânica e biomassa microbiana do solo são inferiores em sistemas pastejados àqueles verificados em áreas excluídas do pastejo por um longo período.

## BIBLIOGRAFIA

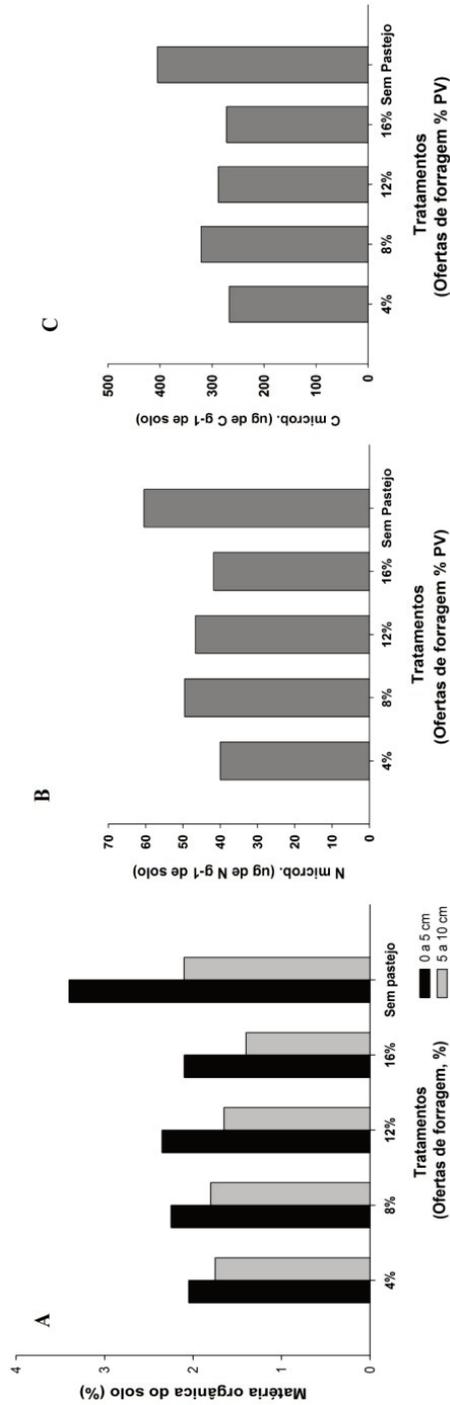
- Alef K. & P. Nannipieri. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press.
- Anderson J.P.E. & K.H.Domsh. 1993. The metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25: 393-395.
- Bardegett R.D., D.A. Wardle & G.W. Yeates. 1998. Linking aboveground and belowground food webs: how plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1867-1867.
- Bertol I., K.E. Gomes, R.B.N. Denardin, L.A.Z. Machado & G.E. Maraschin. 1998. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. *Rev. Bras. Zootec.* 33:779-786.
- Blair N., R.D. Faulkner, A.R. Till & G.J. Crocker. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part III: Tarnworth crop rotation experiment. *Soil Till. Res.* 91: 48-56.
- Brookes P.C., A. Landman, G. Pruden, D.S. Jenkinson. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in the soil. *Soil Biol. Biochem.* 17: 837-842.
- Camargo O.C. 1983. Compactação do solo e densidade de plantas. Fundação CAR-GILL. Campinas, BR. pp. 45.
- Cattelan A.J. & C. Vidor 1990. Sistemas de cultura e a população microbiana no solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 14: 125-132.
- Conte O., C.L. Wesp, I. Anghinoni, P.C.F. Carvalho, R. Levien & C. Nabinger. 2011. Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 35: 579-587.
- Côrrea F.L. & G.E. Maraschin. 1994. Crescimento e desaparecimento de uma pastagem nativa sob diferentes níveis de oferta de forragem. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 29: 1617-1623.
- Cruz P., F.L.F. DE Quadros, J.P. Theau, A. Frizzo, C. Jouany, M. Duru & P.C.F. Carvalho. 2010. Leaf Traits as Functional Descriptors of the Intensity of Continuous Grazing in Native Grasslands in the South of Brazil. *Rangeland Ecol. Manag.* 63: 350-358.
- Garnier E., S. Lavorel, P. Ansquer, H. Castro, P. Cruz, J. Dolezal, O. Eriksson, C. Fortunel, H. Freitas, C. Golodets, K. Grigulis, C. Jouany, E. Kazakou, J. Kigel, M. Kleyer, V. Lehsten, J. Leps, T.A. Meier, R. Pakeman, M. Papadimitriou, V.P. Papanastasis, H. Quested, F. Que'tier, M. Robson, C. Roumet, G. Rusch, C. Skarpe, M. Sternberg, J.

- Theau, A. Bault, D. Vile & M.P. Zarovali. 2006. Assessing the effects of land-use change on plants traits, communities and ecosystems functioning in grasslands: a standardized methodology and lessons from an application to 11 European sites. *Ann. Bot.* 99: 967-985.
- Goret, T. 2005. Influence de l'intensité de pâture et de la richesse du sol sur la biodiversité des prairies naturelles du Campos au sud du Brésil. Mémoire d'études en Agronomie Université Catholique de Louvain. pp.151.
- Holt J.A. 1997. Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia. *Appl. Soil Ecol.* 5:143-149.
- Lemaire G. 2007. Research priorities for grassland science: the need of long term integrated experiments networks. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 93-100.
- Moreira F.M.S. & J.O. Siqueira. 2003. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras. pp. 625.
- Mott G.O. & H.L. Lucas. 1952. The desing, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated or improved pastures. In: International Grassland Congress, 6, Pennsylvania. Proceedings Pennsylvania. pp. 1380-1385.
- Murphy D.V., W.R. Cookson, M. Braimbridge, P. Marschner, D.L. Jones, E.A. Stockdale & L.K. Abbott. 2011. Relationships between soil organic matter and the soil microbial biomass (size, functional diversity, and community structure) In: crop and pasture systems in a semi-arid environment. *Soil Res.* 49: 582-594.
- Neves F.P., P.C.F. Carvalho, C. Nabinger, A.V.A. Jacques, I. Carassai, F. Tentardini. 2009. Estratégias de manejo da oferta de forragem para recria de novilhas em pastagem natural. *Rev. Bras. Zootec.* 38: 1532-1542.
- Vance E.D., P.C. Brookes & D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.



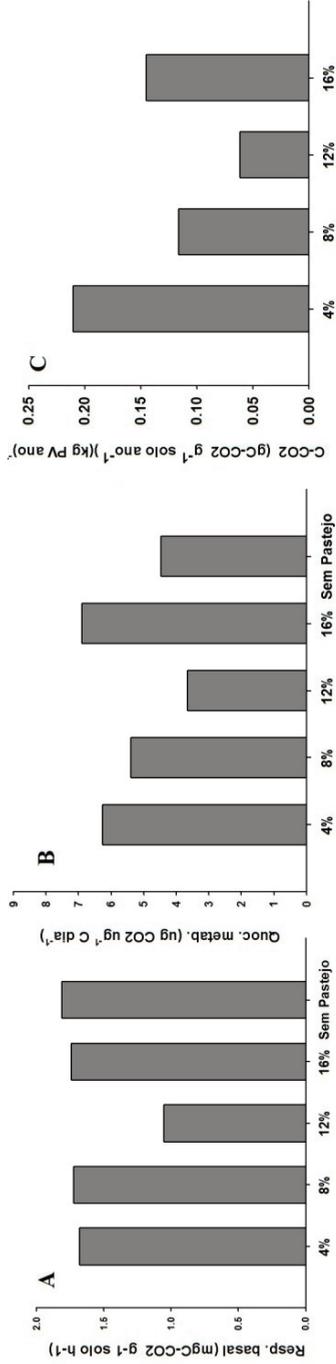
**Figura 1.** Precipitações média mensal (barras em preto) e normal (barras hachuradas), temperaturas máxima, média e mínima mensal (linhas contínuas) e normal (linhas pontilhadas).

**Figure 1.** Average (black bars) and normal monthly rainfall (hatched bars), and maximum, medium and minimum monthly temperatures (continuous lines) and normal (dotted lines).



**Figura 2.** Matéria orgânica do solo (%), A) na profundidade de 0-5 cm e 5 a 10 cm, e carbono (ug C g<sup>-1</sup> de solo, B) e nitrogênio microbiano (ug N g<sup>-1</sup> de solo, C) na profundidade de 0-5 cm de solo.

**Figure 2.** Soil organic matter (%), A) at a depth of 0-5 cm and 5-10 cm, and carbon (ug C g<sup>-1</sup> of soil, B) and microbial nitrogen (ug N g<sup>-1</sup> de solo, C) in depth of 0-5cm of soil.



**Tratamentos (Ofertas de forragem, % PV)**

**Figura 3.** Respiração basal (mgC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>, A), quociente metabólico (ug CO<sub>2</sub> ug<sup>-1</sup> C dia<sup>-1</sup>, B) e CO<sub>2</sub> emitido pela biomassa microbiana para cada kg de peso vivo produzida (gC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo ano<sup>-1</sup> kg PV<sup>-1</sup>, C).  
**Figure 3.** Basal respiration (mgC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>, A), metabolic quotient (ug CO<sub>2</sub> ug<sup>-1</sup> C dia<sup>-1</sup>, B) and CO<sub>2</sub> emitted by the microbial biomass for each kg of animal live weight (gC-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> soil year<sup>-1</sup> kg LW<sup>-1</sup>, C).

**Tabela 1.** Valores de pH (H<sub>2</sub>O), fósforo (P, mg dm<sup>-3</sup>) e potássio (K, mg dm<sup>-3</sup>) de acordo com as ofertas de forragem e da área com ausência de pastejo.

**Table 1.** pH (H<sub>2</sub>O), phosphorus (P, mg dm<sup>-3</sup>) and potassium (K, mg dm<sup>-3</sup>) according to the forage allowance and the area without grazing.

---

<b>Tratamento</b>	<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
4%	5,1	4,6	94,8
8%	5,1	4,2	92,5
12%	4,9	3,9	78,3
16%	4,7	3,8	55,8
Sem pastejo	5,1	4,9	134,5

---