

**Biomassa e Atividade Microbiana do Solo em
Diferentes Fitofisionomias no Pantanal da
Nhecolândia, MS, Brasil**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 139

Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil

Jerusa Cristina Bazzo
Marx Leandro Naves Silva
Diego Antônio França de Freitas
Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares
Plínio Henrique Oliveira Gomide
Sandra Aparecida Santos
Evaldo Luís Cardoso

Embrapa Pantanal
Corumbá, MS
2018

Exemplares dessa publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3234-5800

Fax: (67) 3234-5815

Home page: www.embrapa.br/pantanal

Email: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pantanal

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente: *Ana H. Bergamin Marozzi Fernandes*

Membros: *Fernando Rodrigues Teixeira Dias*

Juliana Correa Borges Silva

Marcia Furlan Nogueira Tavares de Lima

Sandra Mara Araújo Crispim

Suzana Maria de Salis

Viviane de Oliveira Solano

Secretária: *Marilisi Jorge da Cunha*

Supervisora editorial: *Ana H Bergamin Marozzi Fernandes*

Normalização: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Marilisi Jorge da Cunha*

Foto da capa: *Sandra Aparecida Santos*

Editoração eletrônica: *Marilisi Jorge da Cunha*

Disponibilização na página: *Marilisi Jorge da Cunha*

1ª edição

Formato digital (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil [recurso eletrônico] / Jerusa Cristina Bazzo ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2018.

PDF (16 p.) (Boletim de Pesquisa / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 139).

1. Solo. 2. Biomassa. 3. Microbiologia do Solo. I. Bazzo, Jerusa Cristina. II. Silva, Marx Leandro Naves. III. Freitas, Diego Antônio França de. IV. Soares, Cláudio Roberto Fonsêca Sousa. V. Gomide, Plínio Henrique Oliveira. VI. Santos, Sandra Aparecida. VII. Cardoso, Evaldo Luís. VIII. Embrapa Pantanal. IV. Série.

Sumário

Resumo.....	9
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos.....	7
Área de estudo.....	7
Amostragens e épocas de coletas	7
Análises estatísticas	10
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões.....	13
Agradecimentos.....	13
Referências.....	13

Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil

Jerusa Cristina Bazzo¹

Marx Leandro Naves Silva²

Diego Antonio França de Freitas³

Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares⁴

Plínio Henrique Oliveira Gomide⁵

Sandra Aparecida Santos⁶

Evaldo Luís Cardoso⁷

Resumo

O Pantanal da Nhecolândia apresenta diversas fitofisionomias. Em suas áreas de campo, quase exclusivamente nativos, a vegetação herbácea é constituída em grande proporção de espécies forrageiras, as quais são a principal fonte de alimentação dos bovinos e da fauna silvestre. As áreas florestais servem de abrigo para os mesmos, entre outras funções. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a biomassa e atividade microbiana do solo sob diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia. Foram coletadas amostras de solo, na camada de 0-10 cm, com quatro repetições, em fitofisionomias sujeitas a distintos regimes de inundação: livres de inundação-floresta semidecídua (FS) e cerradão (CE); sujeitos a inundação ocasional – campo limpo com predominância de *Elionurus muticus* (CLE) e campo cerrado (CC); sujeitos a inundação sazonal - campo limpo com predominância de *Andropogon spp* (CLA), borda de baias (BB) e vazante/baixadas (VB). Foram analisados o carbono da biomassa microbiana (Cmic), quociente microbiano (qMic), respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO_2) e atividades das enzimas β -glicosidase, fosfatase ácida e urease. Os atributos biológicos variaram entre as diferentes fitofisionomias, sendo que FS apresentou os maiores teores de Cmic, 21% superior ao valor mais baixo encontrado em VB. A atividade da enzima fosfatase ácida não foi sensível às diferentes coberturas vegetais.

Termos para indexação: carbono microbiano, enzimas do solo, quociente metabólico, quociente microbiano, respiração basal.

¹ Bióloga, mestre em Ciências do Solo, servidora pública da Secretaria Municipal Educação de Camboriú, SC

² Agrônomo, doutor em Ciências do Solo e Nutrição de Plantas, professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, MG

³ Agrônomo, doutor em Ciências do Solo, diretor de pós graduação da Universidade Federal Viçosa, MG

⁴ Agrônomo, doutor em Ciências do Solo, professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina.

⁵ Agrônomo, doutor em Ciências do Solo, professor da Universidade Estadual de Roraima, RR

⁶ Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁷ Agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

Biomass and soil microbial activity of different vegetation types of the Nhecolândia Pantanal – Mato Grosso do Sul state, Brazil

Abstract

The Pantanal Nhecolândia presents several vegetation types. In the field areas, almost exclusively native, herbaceous vegetation is made up in large proportion of forage species, which are the main source of feed for cattle and wildlife. The forest areas provide shelter for them, among other functions. The purpose of this work was to evaluate the influence of different vegetation types of the Pantanal Nhecolândia on biomass and soil microbial activity. Soil samples were collected at 0-10 cm, with four replications in different vegetation types subject to various flooding regimes: flood-free: semi-deciduous forest (FS) and woodland (CE), subject to occasional flooding – “campo limpo” with predominance of grassland specie *Elionurus muticus* (CLE) and cerrado (CC); subject to seasonal flooding - “campo limpo” with predominance of grasslands specie *Andropogon* spp (CLA), bay border (BB) and ebb/lowland areas (VB). They were analyzed the microbial biomass carbon (Cmic), microbial quotient (qMic), basal respiration (RB), metabolic quotient (qCO_2) and activities of the enzymes β -glucosidase, acid phosphatase and urease. The biological attributes varied among the different vegetation types. The FS showed the highest levels of Cmic, 21% higher than the lowest value found in VB. The activity of the enzyme acid phosphatase was not sensitive to the different vegetation cover.

Index terms: metabolic quotient, microbial carbon, microbial quotient, soil enzymes, surface breathing.

Introdução

O Pantanal Mato-Grossense é a maior extensão úmida contínua do planeta, onde desenvolve-se uma fauna e flora de rara beleza e abundância, recebendo influência dos elementos da Floresta Amazônica, Chaco, Mata Atlântica e Cerrado (Adámoli, 1995). Devido a sua diversidade ambiental, é reconhecida a existência de diversos pantanais, podendo ser dividido em onze sub-regiões (Silva et al., 1998). A sub-região da Nhecolândia, localizada na porção centro-meridional da região pantaneira, com aproximadamente 26.000 km², destaca-se pela paisagem composta por formações vegetais de aspectos diversos, que compreendem campos inundáveis, cerrados, cerradões e florestas, entremeadas a um complexo sistema de lagoas permanentes ou semipermanentes (Silva et al., 2000).

O Pantanal é marcado pela elevada fragilidade ambiental e reconhecido como uma região de grande importância para a conservação da biodiversidade. A pecuária de corte é sua principal atividade econômica, porém com índices zootécnicos relativamente baixos, decorrente da estacionalidade das pastagens nativas. A busca por aumentos de produtividades da pecuária pantaneira tem despertado preocupação quanto à sustentabilidade dos agroecossistemas, pois as características peculiares dos distintos ambientes não são consideradas, o que contribui para o desequilíbrio ambiental (Cardoso et al., 2009).

Nesse contexto, a caracterização dos atributos biológicos do solo em diferentes fitofisionomias no Pantanal pode constituir-se em ferramenta para a verificação das alterações na qualidade do solo, contribuindo para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e manutenção de ecossistemas sustentáveis (Carneiro et al., 2009). A qualidade desses atributos propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos do solo (Gomide et al., 2011). Assim, qualquer modificação no ecossistema pode alterar a estrutura, a atividade biológica e a fertilidade do solo, com reflexos na qualidade ambiental e produtividade das culturas (Cardoso et al., 2009; Freitas et al., 2012).

A biomassa microbiana é representada pela fração viva da matéria orgânica, responsável por processos bioquímicos do solo e sensivelmente alterada pelo meio (Souza et al., 2010). Esta biomassa é influenciada por fatores bióticos e abióticos, como o clima, aeração, disponibilidade de nutrientes minerais e carbono orgânico do solo. Desta forma, as mudanças nos sistemas de uso e manejo podem ser detectáveis mais rapidamente pela biomassa microbiana e seus metabólitos, do que nos teores de carbono do solo, principalmente devido ao tempo de ciclagem da matéria orgânica (Gama-Rodrigues, E; Gama-Rodrigues, A., 2008).

A atividade da microbiota do solo pode ser avaliada pela medição da sua biomassa, atividade de enzimas no solo, medidas da respiração basal (Tótolá; Chaer, 2002), entre outras. Porém a atividade microbiana pode ser limitada pela escassez de nutrientes, embora a adição de resíduos contendo carbono ou nitrogênio possa aumentar a biomassa desses microrganismos (Capuani et al., 2012). Dentre os atributos bioquímicos, a respiração microbiana mostra-se mais sensíveis para captar as alterações ocorridas no ambiente (Peña et al., 2005), sendo dependente do estado fisiológico da microbiota, umidade, temperatura, estrutura, disponibilidade de nutrientes, textura, relação C/N, presença de resíduos orgânicos, dentre outros (Souza et al., 2010).

Embora a biomassa microbiana e sua atividade sejam apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade solo (Trannim et al., 2007), estudos relacionados a esta temática ainda são escassos ou inexistentes no Pantanal. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia sobre a biomassa e atividade microbiana do solo.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal, a qual apresenta aproximadamente 4.300 ha e está localizada na latitude 18° 59' 06" e 19° 00' 06" S e longitude 56° 39' 40" e 55° 40' 40" W, sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul- Mato-Grossense. O clima da região é classificado como tropical subúmido (Aw, Köppen), com inverno seco e chuvas no verão (Cadavid Garcia, 1986).

A área de estudo está sujeita a inundações somente de origem pluvial. As diferentes fitofisionomias avaliadas são características da sub-região da Nhecolândia e foram classificadas conforme Pott (1988) e caracterizadas por Santos et al. (2002) (Tabela 1).

Amostragens e épocas de coletas

As coletas de solo foram realizadas em duas épocas, sendo a primeira em agosto de 2009, época precedida de quatro meses com precipitações inferiores a 60 mm, caracterizada como época seca, e a segunda em abril de

2010, sendo esta precedida de quatro meses com precipitações superiores a 60 mm, caracterizada como chuvosa. A precipitação pluviométrica e a temperatura durante o período de estudo estão representadas na Figura 1. O solo predominante nas fitofisionomias avaliadas é Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2002), cuja caracterização química e física é representada na Tabela 2.

Tabela 1 - Caracterização das fitofisionomias de estudo na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul, MS.

Fitofisionomia	Caracterização
FS	Área não inundável – poucas espécies forrageiras, com predominância da palmeira acuri (<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng). Nas bordas ocorre uma diversidade de espécies como <i>Arrabidaea</i> sp., <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul e <i>Smilax fluminensis</i> Steud.
CE	Área não inundável – vegetação xeromorfa sobre cordões arenosos (antigos diques fluviais), cuja composição florística é bastante heterogênea, destacando-se <i>A. phalerata</i> , <i>Diospyros hispida</i> A.DC., <i>Annona diica</i> A.St.-Hil.
CC	Área sujeita à inundação ocasional (somente em grandes cheias) – As espécies são esparsamente distribuídas sobre um estrato herbáceo (<i>Mesosetum chaseae</i> Lucos e <i>Axonopus purpusii</i> Mez (Chase)), entremeadas de plantas lenhosas (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A.Juss., <i>Curatella americana</i> L.
CLE	�rea sujeita � inundação ocasional – �rea de campo com predominância de capim carona (<i>Elionurus muticus</i> (Spreng.) Kuntze).
CLA	�rea sujeita � inundação per�dica – situada em mesorelevo um pouco mais baixo que o anterior, com predominância de <i>A. purpusii</i> e <i>Andropogon</i> spp.
BB	�rea sujeita � inundação per�dica – varia conforme a precipitação e nível da inundação. Predominam espécies como <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees, <i>Leersia hexandra</i> Sw., <i>Panicum laxum</i> Sw. e várias ciperáceas como <i>Eleocharis minima</i> Kunth.
VB	�rea sujeita � inundação per�dica – “vazantes” são vias de drenagem não seccionadas, formando extensas áreas periodicamente inundadas, “baixadas” são pequenos desníveis do mesorelevo. Ocorrem gramíneas hidrófilas (<i>P. laxum</i> e <i>Setaria geniculata</i> (Lam.) P.Beauv.) e ciperáceas (<i>Rhynchospora trispicata</i> (Nees) Schrad. ex Steud).

FS – floresta semidecídua; CE - cerrado; CC – cerrado/campo cerrado; CLE – campo limpo com predominância de *E. muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *A. purpusii* e *Andropogon* spp.; BB - borda de baías; VB - “vazantes”/“baixadas”.

Fonte: Santos (2002).

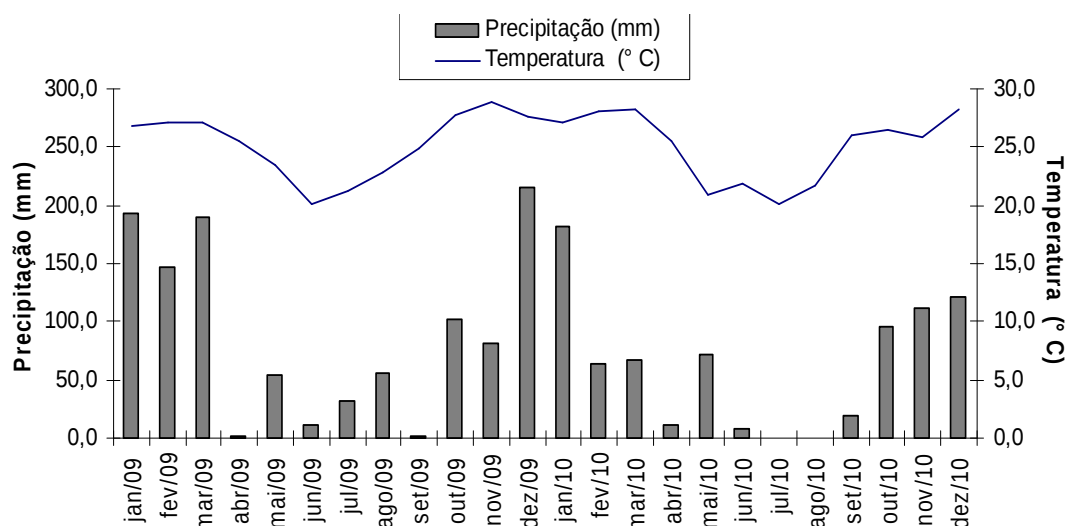


Figura 1 - Precipitação e temperatura mensal dos anos hidrológicos 2009 e 2010 no Pantanal da Nhecolândia. Fonte: Bazzo (2011).

A amostragem consistiu da realização de quatro transectos de 80 m, em cada ambiente de estudo, e de coleta de amostras compostas de cinco subamostras, a cada 20 m, na profundidade de 0–10 cm. Cada transecto constituiu uma repetição, no total de 28 transectos. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos esterilizados, protegidas da luz e mantidas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório; em seguida, foram peneiradas em peneiras de 2 mm de malha, acondicionadas em sacos de plástico e mantidas em câmara fria a 4 C.

Tabela 2 - Atributos químicos e físicos do solo sob diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia.

Fitofisionomia	Atributos Químicos												Atributos Físicos						
	pH H ₂ O		P -----mg dm ⁻³ -----		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺ -----cmol _c dm ⁻³ -----		Al ³⁺		Corg g kg ⁻¹		Umid. %		Areia	Silte -----g kg ⁻¹ -----	Argila
	Épocas de coleta																		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
FS	5,8	5,9	34	21	131	107	2,8	3,1	1,0	0,7	0,4	0,4	24	21	7,5	6,5	860	90,0	50,0
CE	4,8	5,3	5,8	4,5	44	23	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	16	12	4,4	3,6	920	50,0	30,0
CC	4,8	5,3	5,8	4,5	44	23	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	14	6,0	4,4	3,6	940	10,0	50,0
CLE	4,8	5,4	3,7	3,9	34	23	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	13	14	5,5	5,1	3,0	910	40,0	50,0
CLA	5,1	5,6	3,5	4,8	31	35	1,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	18	16	6,6	4,7	830	100	70,0
BB	4,9	5,5	2,0	2,1	25	32	1,7	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	21	18	8,1	6,3	920	30,0	50,0
VB	5,3	5,7	2,0	3,2	76	68	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	21	21	6,0	5,8	910	40,0	50,0

Fitofisionomia; FS – floresta semidecídua; CE - cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE – campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB - borda de baías; VB - “vazantes”/“baixadas”. Corg. – carbono orgânico do solo; Umid. – umidade. 1 – época seca (amostragem precedida de quatro meses com precipitações < 60 mm em agosto de 2009); 2 – época chuvosa (amostragem precedida de quatro meses com precipitações > 60 mm – abril 2010).

Fonte: Santos et. al (2002).

O carbono microbiano (Cmic) foi determinado pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987), que consiste na extração do Cmic por solução de K_2SO_4 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$), após fumigação com clorofórmio por 24 horas, o que provoca a morte dos microrganismos e liberação dos componentes celulares e foi expresso em $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo. A partir dos valores do Cmic e do carbono orgânico (Corg) foi calculada a razão entre esses dois atributos, também chamado de quociente microbiano (qMic), conforme Wardle (1994), sendo os resultados expressos em percentual.

A respiração basal (RB) foi determinada pelo CO_2 evoluído a partir de 20 g de solo, incubado durante 72 horas, capturado com solução de NaOH $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (Isermeyer, 1952), sendo a evolução de CO_2 expressa em $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$.

O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a respiração basal e o Cmic (Anderson; Domsch, 1993), expresso em $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ h}^{-1}/\mu\text{g C-biomassa g}^{-1} \text{ solo seco}$.

A atividade da urease foi determinada pelo método descrito por Tabatabai e Bremner (1972), que se baseia na determinação da amônia liberada após incubação do solo com uma solução de uréia por duas horas a 37°C . A atividade da β -glicosidase foi determinada com base na liberação do *p*-nitrofenol, de acordo com Eivazi e Tabatabai (1988). A atividade da fosfatase ácida foi avaliada conforme metodologia de Dick et al. (1996).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7×2 , sete fitofisionomias e duas épocas de coleta: época seca - precedida de quatro meses com precipitações inferiores a 60 mm (agosto de 2009) e época chuvosa – precedida de quatro meses com precipitações superiores a 60 mm (abril de 2010). A análise de variância foi realizada com os procedimentos do software Sisvar (Ferreira, 2011), onde a diferença entre as médias foi verificada através do teste de Scott-Knott (5%).

Resultados e Discussão

O maior teor de carbono microbiano (Cmic), independentemente da época de amostragem, foi observado na fitofisionomia FS e os menores teores nas fitofisionomias VB, na primeira época de amostragem, com redução de aproximadamente 21% em relação à FS, e CC e CLE, na segunda época de amostragem, com reduções de aproximadamente 67% em relação à FS (Tabela 3). Nas condições de mata nativa, a deposição de resíduos orgânicos, a grande quantidade de raízes e a maior quantidade de água retida no solo estimulam a manutenção da microbiota do solo (Perez et al., 2004). Desse modo, os maiores teores de Cmic na FS refletem, provavelmente, uma condição mais favorável para a biomassa microbiana representada, possivelmente pela maior deposição de resíduos orgânicos e formação de serapilheira, além de menor variação da umidade do solo. A população microbiana pode variar em função da espécie vegetal e o tipo de solo que influenciará os exsudatos liberados, tanto em quantidade como em qualidade, esses compostos, por sua vez, selecionarão ou favorecerão grupos funcionais específicos na rizosfera (Moreira; Siqueira, 2006). Portanto, a maior riqueza de espécies vegetais na FS, possivelmente, disponibiliza diferentes fontes de carbono e nitrogênio para biomassa microbiana.

Tabela 3 - Carbono da biomassa microbiana (Cmic), respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMic) no solo em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia.

Fitofisionomia	Cmic		qMic		RB		qCO ₂	
	µg C g ⁻¹ solo		%		µg CO ₂ g ⁻¹ solo dia		µg C-CO ₂ mg Cmic ⁻¹ hora ⁻¹	
	Épocas de coleta							
	1	2	1	2	1	2	1	2
FS	702,7Aa	620,6Ba	2,94Bd	3,05Ae	49,3Ab	47,0Aa	2,92Bb	3,20Ac
CE	582,5Ab	570,2Ab	3,76Bb	4,62Aa	51,7Aa	47,0Ba	3,75Aa	3,41Bc
CC	585,4Ab	202,1Bd	4,20Aa	3,48Bc	50,3Ab	30,7Bb	3,62Ba	6,33Aa
CLE	578,6Ab	203,3Bd	4,11Aa	3,87Bb	51,8Aa	30,6Bb	3,75Ba	6,25Aa
CLA	570,5Ab	561,0Ac	3,17Bc	3,42Ac	49,4Ab	46,2Ba	3,62Aa	3,41Ac
BB	571,2Ab	583,1Ab	2,74Be	3,24Ad	53,4Aa	49,6Ba	3,83Aa	3,41Bc
VB	552,0Ac	548,9Ac	2,60Af	2,59Af	48,6Ab	48,4Aa	3,62Aa	3,75Ab

Fitofisionomia; FS – floresta semidecídua; CE - cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE - campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB - borda de baías; VB - “vazantes e baixadas”. 1 – época seca (amostragem precedida de quatro meses com precipitações < 60 mm em agosto de 2009); 2 – época chuvosa (amostragem precedida de quatro meses com precipitações > 60 mm – abril 2010). Médias iguais seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada atributo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott- Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os campos naturais do Pantanal são submetidos à permanente desfolha, imposta pela pressão de pastejo, caracterizando sistemas marcados apenas pela extração de biomassa vegetal e, basicamente, sem nenhuma reposição, exceção esses ambientes aos excrementos dos bovinos, depositados pontualmente e sujeitos a maior perda por lixiviação (Cardoso et al., 2009). Assim, os menores teores de Cmic observados nas fitofisionomias VB, primeira época de amostragem, e CC e CLE, segunda amostragem, podem ser reflexo da pressão de pastejo a que estas fitofisionomias são submetidas. Haja vista, que as fitofisionomias VB, imediatamente após o rebaixamento das águas de inundação, constituem as pastagens preferidas pelos bovinos e CC e CLE, por não sofrerem inundação (exceção quando ocorrem grandes cheias), são pastejadas ininterruptamente o ano todo.

Em relação às épocas de amostragens, em geral, os maiores teores de Cmic foram observados na primeira amostragem, época precedida de quatro meses com precipitações menores que 60 mm (Tabela 2). Embora a segunda amostragem tenha ocorrido em período precedido de quatro meses com precipitações superiores a 60 mm (abril/2010), onde se esperaria maior umidade no solo, as mais elevadas temperaturas também ocorreram nesse período (Tabela 1) e podem ter influenciado no balanço de umidade no solo, o que proporcionou melhores condições para a microbiota na segunda amostragem, evidenciando que o Cmic responde intensamente às flutuações sazonais de umidade, temperatura, manejo de resíduos, entre outros (Gama-Rodrigues, E.; Gama-Rodrigues, A., 2008).

Condições mais favoráveis para a biomassa microbiana em solos sob vegetação nativa podem ser atribuídas ao acúmulo de serapilheira, que condiciona menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade (Matsuoka et al., 2003). Os valores de Cmic do presente estudo, independente da fitofisionomia e época de amostragem, foram próximos aos encontrados por Carneiro et al. (2009) em Neossolo Quartzarênico e por Nunes et al. (2009) em Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos sob vegetação de Cerrado.

De acordo com o quociente microbiano (qMic), relação que expressa quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana, a maior eficiência dos microrganismos na imobilização do carbono, na primeira época, ocorreu nas fitofisionomias CC e CLE e, na segunda época, na fitofisionomia CE (Tabela 3). Em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob estresse, tornando-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico e, nesse caso, a relação Cmic/Corg tende a diminuir (Gama-Rodrigues, E.; Gama-Rodrigues, A., 2008). Desse modo, embora a fitofisionomia FS tenha apresentado os maiores teores de Cmic, nas duas épocas de amostragem, sua biomassa não foi a mais eficiente na imobilização do carbono, possivelmente devido à baixa qualidade do material orgânico depositado na serapilheira.

Os valores de q_{Mic} , independente da fitofisionomia estudada e da época de coleta, variaram de 2,59 a 4,62%. Cardoso et al. (2009) relataram valores da relação C_{mic}/C_{org} em pastagens nativas e áreas florestadas no Pantanal que variaram de 1,9 a 3,2 %. Esta relação pode variar de 0,27% a 7,0%, dependendo de diferenças dos tipos de solo, manejo utilizado na área, cobertura vegetal, época amostrada e das condições analíticas dos métodos empregados (Anderson; Domsch, 1993). Por outro lado, mudanças na relação q_{Mic} também podem refletir os acréscimos de matéria orgânica ao solo, a eficiência de conversão do carbono orgânico para biomassa microbiana, as perdas de carbono do solo e a estabilização do carbono orgânico pela fração mineral do solo (Sparling, 1992).

A respiração basal (RB) variou significativamente entre as fitofisionomias e épocas de amostragens (Tabela 3), em que os maiores valores de RB, em geral, ocorreram na primeira amostragem e as fitofisionomias com maior liberação de $C-CO_2$ foram CE, CLE e BB, na primeira amostragem, e FS, CE, CLA, BB e VB, na segunda amostragem.

Nota-se que nas duas amostragens a maior liberação de $C-CO_2$ ocorreu na BB, indicando maior atividade da microbiota, provavelmente estimulada pela deposição de material orgânico em decomposição, proveniente de cotas mais "altas" da paisagem como a FS e CE, resultante da frequente oscilação do nível da água nessas baías (lagoas).

Em relação ao quociente metabólico (q_{CO_2}), somente a fitofisionomia FS diferiu das demais, na primeira amostragem, apresentando o menor valor, e CC e CLE, na segunda amostragem, apresentaram os maiores valores, possivelmente influenciados pelo pastejo nestes locais (Tabela 3). Altas taxas de respiração podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (Islam; Weil, 2000). Para Moreira e Siqueira (2006) o q_{CO_2} reflete, de certo modo, a eficiência na utilização de C pela biomassa microbiana do solo, o qual é mais eficiente quanto menos CO_2 é liberado pela respiração. Um baixo q_{CO_2} indica economia na utilização de energia, refletindo um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio (Tótolá; Chaer, 2002). Ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (Pragana et al., 2012). Assim, a fitofisionomia FS, por apresentar baixos valores de q_{CO_2} nas duas épocas de coleta, pode ser considerada a mais estável e a que apresenta maior eficiência na utilização de C pela biomassa microbiana do solo.

As atividades enzimáticas da β -glicosidase, fosfatase ácida e urease nas diferentes fitofisionomias estudadas do Pantanal da Nhecolândia estão representadas na Tabela 4. A β -glicosidase apresentou atividade elevada nas diferentes fitofisionomias, com exceção da CE e CC na primeira época de coleta e da VB na segunda época. Por ser a β -glicosidase uma enzima que atua na etapa final do processo de decomposição da celulose (Moreira; Siqueira, 2006), as alterações em sua atividade podem ter, portanto, influência sobre a qualidade do solo. Como o produto da hidrólise da β -glicosidase é fonte importante de energia para os microrganismos do solo, alterações no solo, que resultam em redução acentuada da atividade desta enzima, podem indicar fitofisionomias em processo de degradação ou com uso intensivo, o que corrobora vários outros estudos em outros ambientes (Chaer; Totola, 2007; Dick et al., 1996; Eivazi; Tabatabai, 1988).

A atividade da β -glicosidase, tanto nas fitofisionomias como nas épocas de coleta, apresentaram valores próximos aos encontrados por Wang e Lu (2006) em lavouras de arroz, na China, sendo que no estudo destes autores a atividade da β -glicosidase variou entre 60 a 140 μg p-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} . Destaca-se que a atividade da β -glicosidase ficou entre os indicadores mais sensíveis ao efeito do uso ou manejo do solo, em áreas com eucalipto (Chaer; Totola, 2007), e, portanto, podem ter influência sobre a qualidade do solo.

A atividade enzimática da fosfatase ácida não apresentou diferenças dentro e entre as épocas de coleta, nas diferentes fitofisionomias (Tabela 4), com valor médio de 8,32 μg p-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} . Chaer e Tótolá (2007), estudando características microbiológicas em solos sob eucalipto e com vegetação nativa, observaram que as atividades da enzima fosfatase ácida foram consistentemente maiores no solo sob vegetação natural. No presente estudo, todas as fitofisionomias são consideradas ambientes nativos, porém mesmo naqueles com maior pressão de pastejo (CC, CLE e CLA) não ocorreram diferenças para a atividade da fosfatase ácida.

A maior disponibilidade de P inorgânico no solo reduz a ciclagem do P orgânico pela atividade da fosfatase ácida, o que propociona menores valores de atividade dessa enzima (Nunes et al., 2009). Porém, no presente estudo, mesmo os ambientes apresentando variação nos teores de P (Tabela 2), não foi verificado diferenças na atividade da fosfatase ácida.

A atividade da urease está relacionada com o processo de mineralização do N no solo e com a oferta de maior quantidade e, principalmente, diversidade de substratos potencialmente mineralizáveis (Moreira; Siqueira, 2006). Assim, explica-se o fato da urease, na primeira época de coleta, ter sido maior nas fitofisionomias FS, BB e VB (163,6; 162,4 e 160,3 μg N-NH₄⁺ g^{-1} solo 2h⁻¹, respectivamente) e na segunda época, ser maior no ambiente VB (165,6 N-NH₄⁺ g^{-1} solo 2h⁻¹), uma vez que estes ambientes apresentaram os maiores valores de carbono orgânico (Tabela 2). Segundo Camargo et al. (2008), a quantidade de N-mineralizado em um determinado período depende de fatores como temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente.

Assim, alguns desses fatores, além do Corg, podem ter influenciado a atividade dos microrganismos ureolíticos nesse período.

Klose e Tabatabai (1999) em solos com grande variação nas características químicas e físicas encontraram menores valores da atividade da urease em relação ao presente estudo variando de 23 a 146 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}\text{solo } 2\text{h}^{-1}$. Carneiro et al. (2008, 2009) trabalhando com Neossolo Quartzarênico na região do Cerrado também encontraram valores da atividade da urease menores que o do presente estudo. Lanna et al. (2010) estudando um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, observaram que o capim-mombaça apresentou maior quantidade de matéria seca da parte aérea e por isto proporcionou maior atividade ureolítica do solo do que as palhadas de sorgo e estilosantes.

Tabela 4 - Atividade enzimática β -glicosidase, fosfatase ácida e urease no solo em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia.

Fitofisionomia	β-Glicosidase		Fosfatase Ácida		Urease	
	-----µg p-nitrofenol g ⁻¹ solo h ⁻¹ -----				µg N-NH ₄ ⁺ g ⁻¹ solo 2h ⁻¹	
	Épocas de coleta					
	1	2	1	2	1	2
FS	120,6Aa	119,4Ab	8,20Aa	8,20Aa	163,6 Aa	157,3 Bb
CE	106,1Ab	110,2Ab	8,62Aa	8,20Aa	153,2 Ac	148,2 Bd
CC	112,3Ab	119,4Ab	8,37Aa	8,00Aa	147,6 Bd	152,6 Ac
CLE	127,0Aa	118,2Ab	8,05Aa	7,82Aa	149,4 Ad	148,1 Ad
CLA	122,9Aa	121,2Ab	8,55Aa	8,27Aa	156,7 Ab	158,2 Ab
BB	117,9Aa	116,2Ab	8,35Aa	8,40Aa	162,4 Aa	147,3 Bd
VB	127,6Ba	140,5Aa	8,10Aa	8,27Aa	160,3 Ba	165,6 Aa

Fitofisionomia; FS – floresta semidecídua; CE - cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE - campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB - borda de baías; VB - “vazantes e baixadas”. 1 – época seca (amostragem precedida de quatro meses com precipitações < 60 mm em agosto de 2009); 2 – época chuvosa (amostragem precedida de quatro meses com precipitações > 60 mm – abril 2010). Médias iguais seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada atributo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott- Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conclusões

A biomassa e atividade microbiana variaram entre as diferentes fitofisionomias do Pantanal e as condições mais favoráveis para a microbiota do solo ocorreram na área sob floresta semidecídua.

Os atributos biológicos analisados foram sensíveis em apontar diferenças entre as fitofisionomias do Pantanal, com destaque para o maior teor de carbono microbiano e menor valor de quociente metabólico na área sob floresta semidecídua, indicativos de uma fitofisionomia em maior equilíbrio do que as demais.

Os atributos biológicos e atividade enzimática do solo, com exceção da fosfatase ácida, foram sensíveis à variação sazonal no Pantanal.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Lavras e à Embrapa Pantanal pelo apoio institucional e ao CNPq (processo CNPq 470551/2007-0), FAPEMIG e FUNDECT pelo apoio financeiro.

Referências

ADÂMOLI, J. **Diagnóstico do Pantanal**: características ecológicas e problemas ambientais. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995. 50p.

- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.
- BAZZO, J. C. **Atributos ecológicos do solo em diferentes unidades de vegetação do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo – Área de concentração Recursos Ambientais e Uso da Terra) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CADAVID GARCIA, E. A. **Estudo técnico-econômico da pecuária de corte do Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. p.126-127. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 4).
- CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A. SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 87-100.
- CAPUANI, S.; RIGON, J. P. G; BELTRÃO, N. E. M.; BRITO NETO, J.F. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 1269-1274, 2012.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagens cultivadas e nativas no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. C.; PEREIRA, H. S.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- CHAEER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007.
- DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-272.
- EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Glucosidases and galactosidases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 5, p. 601-606, 1988.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 1039-1042, 2011.
- FREITAS, D. A. F.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; CURTI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 417-428, n. 3, 2012.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, C.R.F.; CAMARGO, F. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 159-170.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 567-577, 2011.
- ISERMEYER, H. Eine einfache methode zur bestimmung der bodenatmung und der karbonate im boden. **Zeitschrift für Pflanzenernährung**, v. 56, n. 1/3, p. 26-38, 1952.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.
- KLOSE, S.; TABATABAI, M. A. Urease activity of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 3-4, p. 205-211, 1999.
- LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, M. B.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1933-1939, 2010.

- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 3ª ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; BARROS, I. J. N. F.; KASUYA, M. C. M.; CORREIA, M. E. F. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2467-2474, 2009.
- PEÑA, M. L. P.; MARQUES, R.; JAHNEL, M. C.; ANJOS, A. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Floresta**, v. 35, n. 1, p.117-127, 2005.
- PEREZ, K. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 567-573, 2004.
- POTT, A. **Pastagens no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988. 58 p. (EMBRAPA-CPAP, Documentos, 7).
- PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 851-858, 2012.
- SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M.; MACHADO, S. R. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1648-1662, 2002.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 10, p. 1703-1711, 1998.
- SILVA, M. P.; MAURO, R.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n.2, p. 143-152, 2000.
- SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHIONONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.
- SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.
- TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. **Agronomy Journal**, v. 64, n. 1, p. 40-44, 1972.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. **Tópicos em ciência do solo** - Volume II. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.
- TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1173-1184, 2007.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.
- WANG, X.; LU, Q. Beta-glucosidase activity in Paddy soils of the Taihu Lake region, China. **Pedosphere**, v. 16, n. 1, p. 118-124, 2006.
- WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 419-436.



Pantanal



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

