

MUDANÇA NO MICROCLIMA PROVOCADA PELA CONVERSÃO DE UMA FLORESTA DE CAMBARÁ EM PASTAGEM NO NORTE DO PANTANAL

MARCELO SACARDI BIUDES¹, JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA¹, HIGO JOSÉ DALMAGRO¹,
NADJA GOMES MACHADO¹, VICTOR HUGO DE MORAIS DANELICHEN¹ E MAÍSA
CALDAS SOUZA¹

Recebido em 19.09.2011 e aceito em 03.05.2012.

¹ Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Cuiabá, MT, 78060-900, e-mail: marcelo@pgfa.ufmt.br, nogueira@ufmt.br, higo@ufmt.br, nadja.machado@blv.ifmt.edu.br, danielichen@fisica.ufmt.br, maisacaldass@hotmail.com

RESUMO: O crescente incentivo político e social para desenvolvimento de atividades econômicas no Pantanal têm intensificado o uso e ocupação do solo. Ecossistemas naturais estão sendo rapidamente substituídos por pastagens, modificando o microclima e o funcionamento desses ecossistemas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. O experimento foi conduzido em uma área de vegetação monodominante de Cambará (*Vochysia divergens* Pohl) e em uma pastagem mista, onde foram medidas a precipitação, a radiação solar incidente e a temperatura e umidade relativa do ar. A precipitação, radiação solar incidente, temperatura média do ar, temperatura mínima do ar e a umidade relativa média do ar apresentaram sazonalidade com maiores valores na estação chuvosa. A análise realizada indicou mudança significativa do microclima, com significativa diminuição em 16% da precipitação, 8,5% na radiação solar incidente e 5,7% da umidade relativa do ar e aumento de 6,6% na temperatura máxima do ar.

Termos para indexação: mudanças de uso do solo; cambarazal; área alagada.

CHANGE IN THE MICROCLIMATE DUE TO THE CONVERSION OF A CAMBARÁ FOREST TO PASTURE IN THE NORTHERN PANTANAL

ABSTRACT: The growing political and social incentives for the development of economic activities in the Pantanal have intensified the use and occupation of land. Natural ecosystems are rapidly being replaced by grasslands by modifying the microclimate and functioning of these ecosystems. Thus, the objective of this study was to evaluate the change in microclimate due to the conversion of Cambará forest to pasture in the northern Pantanal. The experiment was conducted in an area of monodominant vegetation of Cambará (*Vochysia divergens* Pohl) and in a mixed pasture, which were measured precipitation, solar radiation and temperature and relative humidity. The precipitation, solar radiation, average air temperature, minimum air temperature and relative humidity of the air showed seasonality with higher values in the wet season. The analysis indicated significant change in the microclimate, with a significant decrease in 16% of the precipitation, 8.5% of the solar radiation and 5.7% of relative humidity and increase in 6.6% of the maximum air temperature.

Index terms: change in landuse, cambarazal, wetland

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior domínio O clima e a qualidade do ar dependem fortemente

das características da cobertura vegetal (Lim et al., 2008). Portanto, mudança na cobertura vegetal, como a redução das áreas de floresta, pode ter consequências sobre o clima local e

modificar o funcionamento do ecossistema (Vourlitis & da Rocha, 2010). Isso pode ocorrer, pois cada tipo de cobertura possui propriedades físicas e trocas biogeoquímicas distintas (Bonan, 2009), por exemplo, as florestas possuem menor albedo (Jackson et al., 2008), maior biomassa (Fisch, 1996) e maior capacidade de retenção da água precipitada (Betts et al., 2008), em comparação com áreas de vegetação rasteira.

Modelos climáticos de simulação mostram que as florestas tropicais mantêm altas taxas de evapotranspiração, menor temperatura do ar e maior volume de água precipitada que pastagens (Fisch, 1996; Alves et al., 1999; Betts et al., 2008; Malhi et al., 2008). Esses dados são, em sua maioria, resultados de trabalhos sobre o impacto da conversão do uso do solo no clima da região Amazônica, provavelmente por ser considerada a maior floresta tropical úmida do mundo.

O Pantanal também é uma região que merece atenção, sendo caracterizado como o elo entre o Cerrado, a Amazônia e os Chacos Boliviano e Paraguaio (Junk & Nunes da Cunha, 2005). A principal força moderadora do funcionamento dos diferentes ecossistemas do Pantanal é o pulso de inundação, devido à baixa drenagem dos solos (Junk, 2002). Frequentes oscilações nos níveis de inundação que ocorrem no Pantanal, causadas pela variação pluviométrica e mudanças na dinâmica sedimentológica ao longo do tempo (Collischonn et al. 2001), podem funcionar como um filtro ao estabelecimento e desenvolvimento de algumas espécies de plantas (Arieira & Nunes da Cunha, 2006). Esta condição tem levado à permanência de elevada quantidade de espécies pioneiras no Pantanal, que mantêm suas populações em altas densidades, de acordo com os requerimentos fisiológicos e ecológicos da espécie (Junk et al. 2006).

Além da variação provocada pelo pulso de inundação no Pantanal, recentes tendências de desenvolvimento econômico têm contribuído para alteração nos ecossistemas naturais que são rapidamente substituídos pela agropecuária (Wantzen et al., 2008; Milne et al., 2010). Culturas agrônomicas ou pastagens e vegetações perturbadas possuem diferentes padrões de troca de água e energia com a atmosfera, tendendo a manter certo equilíbrio, em comparação com ecossistemas naturais (Malhi et al., 2009).

O efeito da substituição de áreas naturais por pastagens no clima do Pantanal ainda são desconhecidos. Dessa forma, estudos sobre a

dinâmica de variáveis micrometeorológicas são importantes e necessários, não só para caracterizar o microclima local, mas também por contribuir na identificação de efeitos de atividades antropogênicas, como a conversão do uso do solo, e ainda, auxiliar no estabelecimento de políticas públicas que visem a mitigação dos efeitos causados pela substituição da cobertura natural (Biudes et al., 2009).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em duas áreas experimentais (Figura 1) no Pantanal mato-grossense entre dezembro de 2006 a novembro de 2007. O período considerado foi de condições neutras, tendendo à condições de La Niña (WMO, 2007a; WMO, 2007b). As duas áreas apresentam as mesmas características climáticas segundo SEPLAN (2001), com temperatura média anual entre 24,9 a 25,4 °C, precipitação entre 1300 a 1400 mm ano⁻¹, e com 7 a 8 meses secos.

A primeira área localiza-se na área experimental da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) SESC Pantanal, município de Barão de Melgaço – MT, distante 160 km de Cuiabá – MT em uma torre micrometeorológica de 32 m de altura (16°39'50"S; 56°47'50"O) e altitude de 120 m. Esta área apresenta formação monodominante de Cambará (*Vochysia divergens* Pohl), localmente chamada de cambarazal, com 29 m de altura do dossel e solo classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico (Biudes et al., 2009).

A segunda área experimental é uma pastagem mista localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), a 50 m da Estação Agroclimatológica Ricardo Remetter (15°47'11"S; 56°04'47"O) e altitude de 140 m, situada no município de Santo Antônio do Leverger – MT, distante 33 km de Cuiabá – MT. A pastagem mista foi composta de três espécies de forrageiras, capim carona (*Elyonurus muticus*), *Brachiaria humidicola* e Tanzânia (*Panicum máximum*) e o solo foi

Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal 63

classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico gleissólico (Biudes et al., 2009).

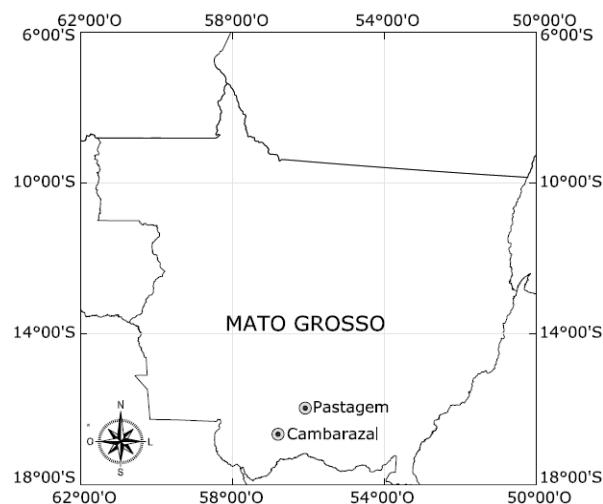


Figura 1. Mapa do estado do Mato Grosso com a localização da área de vegetação monodominante de Cambará na RPPN SESC - Pantanal (Cambarazal) e a área de pastagem na Fazenda Experimental da UFMT.

A radiação solar global incidente foi medida por um piranômetro (LI-200, Campbell Sci, Inc., Logan, UT, USA) a 33 m no cambarazal e a 2,5 m na pastagem, a temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas por um termohigrômetro (HMP 45 C, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland) a 37,7 m no cambarazal e a 1,5 m na pastagem, respectivamente. A precipitação no cambarazal foi medida no posto da RPPN SESC Pantanal em Porto Cercado e a precipitação da pastagem na Estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter utilizando pluviômetros "Ville de Paris" nos dois locais.

Nas duas áreas, os dados produzidos por sinais e pulsos elétricos dos transdutores foram processados e armazenados por um datalogger (CR 10X, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah), com médias de 15 minutos. Para aumentar o número de canais de entrada do registrador foi utilizada uma placa multiplexadora (AM16/32A-ST-SW, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah).

O teste de Mann-Whitney (Wilks, 2011) foi utilizado para verificar se o período de coleta de dados (estação chuvosa, de outubro a abril; e estação seca, de maio a setembro) e/ou o local

de estudo (cambarazal e pastagem) causaram significativa (p -valor $< 0,05$) variação na precipitação, radiação solar incidente diária, temperatura média do ar, temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar e umidade relativa do ar. Em todas as análises comparativas, procurou-se assegurar que os locais possuísem os mesmos números de dias de dados. Dessa forma, foram eliminados os erros relativos a números diferentes de dados disponíveis para cada variável

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação foi significativamente afetada pelas estações e pelo local de estudo (Tabela 1), com maiores valores durante a estação chuvosa (1277 mm no cambarazal e 1030 mm na pastagem) e menores durante a estação seca (80 mm no cambarazal e 107 mm na pastagem), o que representou 94% e 91% do volume total precipitado ocorrido na estação chuvosa e 6% e 9% na estação seca no cambarazal e na pastagem, respectivamente (Figura 2A). O menor volume precipitado durante a estação seca foi devido à ausência de precipitação durante os meses de junho, agosto e setembro.

A precipitação também foi influenciada pelo local de estudo (Tabela 1), com maiores valores no cambarazal (1357 mm) e menores na pastagem (1137 mm). Além disso, o volume precipitado durante a estação chuvosa no cambarazal foi maior que na pastagem, ocorrendo o inverso na estação seca (Figura 2). A precipitação no cambarazal esteve dentro da variação média anual de precipitação (entre 1300 e 1400 mm) definida pela SEPLAN (2001), enquanto que a pastagem esteve abaixo desses valores.

A conversão da floresta por si só é a chave para o aumento da seca local. A vegetação arbórea apresenta maior evaporação que solo exposto ou vegetação rasteira, por ser capaz de extrair água de regiões mais profundas do solo para transpiração e por ter capacidade de capturar maior fração da precipitação e retê-la antes de ocorrer a infiltração e o escoamento superficial (Biudes et al., 2009). Além disso, a alta rugosidade aerodinâmica da floresta pode proporcionar maior troca de água entre superfície e a atmosfera pelo aumento da turbulência (Betts et al., 2008). Assim,

mudanças na cobertura da vegetação, particularmente de floresta para não floresta, pode alterar significativamente as trocas de água e ainda, afetar as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera. Essa conversão reduz a evaporação e aumenta a partição da energia disponível na forma de calor sensível (Biudes et al., 2009), fornecendo energia excedente para o aquecimento do ar próximo à superfície. De ma-

neira adicional, a conversão da floresta também aumenta o albedo superficial que reduz a convecção e a transferência de vapor d'água para a atmosfera (Jackson et al., 2008). Essa redução na evaporação potencializa o decréscimo na quantidade de água disponível para precipitação (Good et al., 2008; Harris et al., 2008).

Tabela 1. Resultado do teste de Mann-Whitney (valor Z e p-valor) do efeito das estações (chuvosa e seca) e dos locais (cambarazal e pastagem) sobre as variáveis de precipitação (Ppt), radiação solar incidente (Rg), temperatura do ar (T) e umidade relativa do ar (UR).

Variáveis	Tratamentos	Média		Máxima		Mínima	
		Z	p-valor	Z	p-valor	Z	p-valor
Ppt	Estação (E)	7,89	<0,0001	-	-	-	-
	Local (L)	3,03	<0,0001	-	-	-	-
Rg	Estação (E)	4,81	<0,0001	-	-	-	-
	Local (L)	4,05	<0,0001	-	-	-	-
T	Estação (E)	9,75	<0,0001	1,75	0,081	17,25	<0,0001
	Local (L)	0,13	0,894	4,26	<0,0001	1,33	0,184
UR	Estação (E)	10,54	<0,0001	-	-	-	-
	Local (L)	4,22	<0,0001	-	-	-	-

A radiação solar incidente diária (*Rg*) foi significativamente afetada pelas estações e pelo local de estudo (Tabela 1). A *Rg* teve maior média \pm erro padrão (EP) durante a estação chuvosa ($14,7 \pm 0,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no cambarazal e $12,9 \pm 0,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ na pastagem) que durante a estação seca ($12,7 \pm 0,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no cambarazal e $12,0 \pm 0,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ na pastagem) (Figura 2B). Essa diferença é esperada devido ao fator astronômico, pois a estação chuvosa ocorre de outubro a abril, período da primavera e verão no hemisfério sul, o que implica em maior incidência de raios solares. A *Rg* no cambarazal teve maior média \pm EP ($13,6 \pm 0,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) que na pastagem ($12,4 \pm 0,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Esse comportamento também foi refletido nas duas estações, nos dois locais de estudo (Figura 2B).

Os menores valores de *Rg* na pastagem, durante a estação chuvosa, provavelmente foi devido à maior nebulosidade (Alves et al., 1999). Entretanto, durante a estação seca, atividades antropogênicas também podem ter causado menores valores de *Rg* na pastagem. Essas duas causas indicam a ocorrência do fenômeno "global dimming" na região da pastagem. Este fenômeno caracteriza-se pela diminuição da *Rg* próximo à centros urbanos, como é o caso da pastagem, a

uma taxa de 1,4 a 2,7% por década, causada principalmente pela emissão de material particulado para a atmosfera, diminuindo ainda a evapotranspiração local (Alpert et al., 2005).

A emissão de material particulado para a atmosfera pode ocorrer por diversas maneiras. A degradação das florestas na estação seca pode resultar em exposição direta do solo, o que afeta principalmente o balanço de ondas longas e curtas devido ao lançamento de partículas minerais (poeira) para a atmosfera (Betts et al., 2008). Além disso, as queimadas e o desmatamento ao redor do sítio experimental provoca diminuição acentuada da *Rg* em função da mudança na composição química da atmosfera, devido às emissões de gases traços e partículas de aerossóis (Artaxo et al., 2006). Esse efeito se intensifica, quando essa prática lança estes constituintes atmosféricos a grandes altitudes, onde podem ser transportados de modo eficiente a longas distâncias (Freitas et al., 2005). Essas partículas possuem um tamanho da mesma ordem de grandeza do comprimento da luz visível, o que as torna espalhadores de radiação solar, podendo afetar de modo significativo o balanço de radiação atmosférico (Haywood & Boucher,

2000), atenuando até 70% da R_g , afetando o funcionamento do ecossistema local (Artaxo et al., 2005).

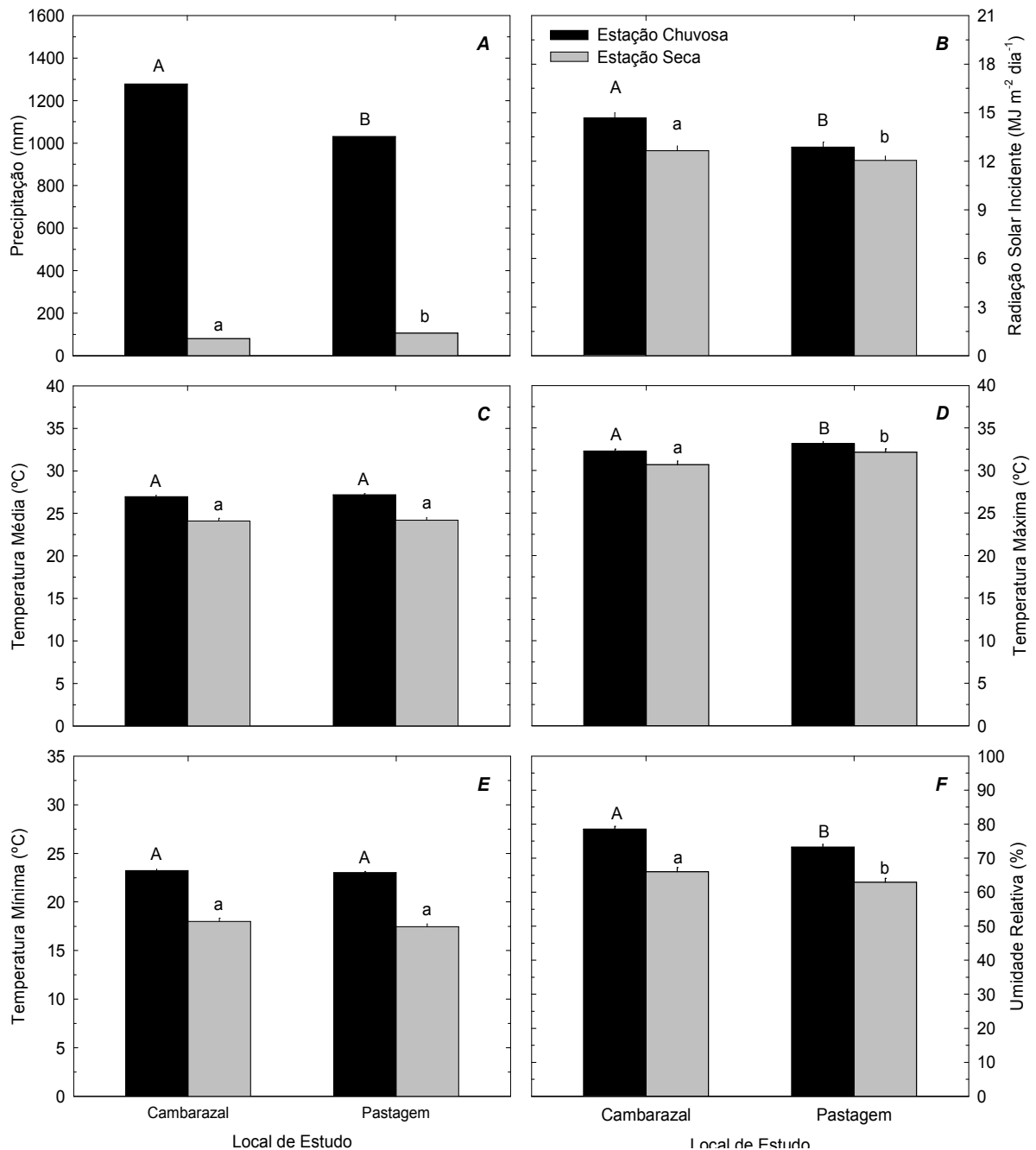


Figura 2. Precipitação total (A), média \pm erro padrão da radiação solar incidente (B), temperatura média do ar (C), temperatura máxima do ar (D), temperatura mínima do ar (E) e umidade relativa do ar (F) de cada estação (Chuvosa e Seca) em cada local de estudo (Cambarazal e Pastagem). Os índices representam a comparação dentro de uma mesma estação (chuvosa = caixa alta; seca = caixa baixa) entre os locais de estudo.

As temperaturas média e mínima do ar foram significativamente afetadas pelas estações e não foram afetadas pelos locais de estudo, enquanto que a temperatura máxima do ar não foi afetada pela estação, mas foi afetada significativamente pelo local de estudo (Tabela 1). As médias \pm EP das temperaturas média e mínima, respectivamente, foram maiores durante a estação chuvosa ($27,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ e $23,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ no cambarazal e $27,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e $23,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ na pastagem) que na estação seca ($24,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$ e $18,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$ no cambarazal e $24,2 \pm 0,3^\circ\text{C}$ e $17,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$ na pastagem) (Figura 2C e 2E). Os maiores valores das temperaturas média e mínima do ar durante a estação chuvosa estão relacionados com a maior disponibilidade de energia radiante (Figura 2B). A redução nos valores da temperatura do ar na estação seca em ambos os locais, além da menor disponibilidade de energia radiante, pode ter sido resultado da ocorrência de frentes frias. Nestas situações de eventos de frentes frias, ocorrem quedas bruscas da R_g , devido à presença de nebulosidade. Durante esses eventos, a temperatura máxima pode ser 10°C mais baixa que a máxima temperatura do dia anterior. Além disso, dependendo do volume de ar frio, a temperatura pode demorar de 2 a 3 dias para retornar aos valores registrados antes da passagem da frente fria (Fisch, 1996).

A umidade relativa média do ar foi afetada significativamente pela estação e pelo local de estudo (Tabela 1). As médias \pm EP da umidade relativa média do ar foram maiores durante a estação chuvosa ($78,5 \pm 0,8\%$ no cambarazal e $73,2 \pm 0,9\%$ na pastagem) que na estação seca ($66,0 \pm 1,2\%$ no cambarazal e $62,9 \pm 1,1\%$ na pastagem) (Figura 2F). O aumento da umidade relativa do ar na estação chuvosa, em ambos os locais, foi resultado da maior presença de vapor d'água no ar, associado à maior precipitação (Alves et al., 1999). Os menores valores de umidade relativa do ar na estação seca estão relacionados com a menor disponibilidade de água no solo, o que causa diminuição na evapotranspiração e consequente aumento no fluxo de calor sensível (Wright et al., 1996; Biudes et al., 2009).

A média \pm EP da temperatura máxima do ar foi maior e da umidade relativa média do ar foi menor no cambarazal ($31,4 \pm 0,2^\circ\text{C}$ e $72,0 \pm 0,8\%$) que na pastagem ($32,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$ e $67,8 \pm 0,8\%$) (Figura 2E e 2F). Esse comportamento também foi refletido em cada uma das estações entre os

dois locais de estudo. Os menores valores das médias da temperatura máxima e maiores da umidade relativa do ar no cambarazal foram devido ao efeito liberador/moderador do termo de armazenamento de energia da biomassa, ou seja, durante a noite, a liberação de energia pela biomassa da floresta age no sentido de manter o balanço radiativo noturno e não permite resfriamento acentuado da superfície (Fisch, 1996).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos da conversão da floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal indicam importante mudança no microclima local, observada pela significativa diminuição em 16% da precipitação, 8,5% na radiação solar incidente e 5,7% da umidade relativa do ar, e aumento de 6,6% na temperatura máxima do ar.

Apesar de se observar diferenças significativas na mudança do uso do solo no norte do Pantanal, e estar de acordo com trabalhos realizados anteriormente, esses resultados representam o primeiro ano de observações de um experimento ininterrupto e de longo prazo na região.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa de doutorado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e ao Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração - PELD Site 12 e à Estância Ecológica SESC Pantanal pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPERT, P.; KISHCHA, P.; KAUFMAN, Y.J.; SCHWARZBARD, R. Global dimming or local dimming?: Effect of urbanization on sunlight availability. **Geophysical Research Letters**, Washington, v.32, L17802, 2005.
- ALVES, F.S.M.; FISCH, G.; VENDRAME, I.F. Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: um estudo de caso em Rondônia

Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal 67

(RO), Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v.29, n.3, p.395-409, 1999.

ARIEIRA, J.; NUNES DA CUNHA, C. Fitossilogia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v.20, n.3, p.569-580, 2006.

ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.C.; LONGO, K.M.; FREITAS, L.L.L.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROPCÓPIO, A.S.; ROZZO, L. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v.35, n.2, p.85-196, 2005.

ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P.H.; LARA, L.L.; PAULIQUEVIS, T.M.; RIZZO, L.V.; PIRES JUNIOR, C.; PAIXÃO, M.A.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.; CORREIA, A.L. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.21, n.3a, p.168-189, 2006.

BETTS, R.; SANDERSON, M.; WOODWARD, S. Effect of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, Londres, v.363, p.1873-1880, 2008.

BIUDES, M.S.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. NOGUEIRA, J.S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.24, n.2, p.135-143, 2009.

BONAN, G.B. Forest and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **Science**, Washington, v.320, p.1444-1449, 2009.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. & CLARKE, R.T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the river Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology**, Washington, v.245, p.218-238, 2001.

FISCH, G. **Camada limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. 1996. 171f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

FREITAS, S.R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A.F.; SILVA DIAS, P. L.; CHATFIELD, R.; PRINS, E.; ARTAXO, P.; RECUERO, F. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. **Environmental Fluid Mechanics**, Nova York, v.5, n.1, p.135-167, 2005.

GOOD, P.; LOWE, J.; COLLINS, M.; MOUFOUMA-OKIA, W. An objective Tropical Atlantic SST gradient index for studies of South Amazon dry season climate variability and change. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, Londres, v.363, p.1761–1766, 2008.

HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; COX, P. M. Amazon basin climate under global warming: the role of seasurface temperature. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, Londres, v.363, p.1753–1759, 2008.

HAYWOOD, J.; BOUCHER, O. Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: a review. **Reviews of Geophysics**, Washington, v.38, n.4, p.513-543, 2000.

JACKSON, R.B.; SANDERSON, J.T.; CANADELL, J.G.; ANDERSON, R.G.; AVISSAR, R.; BALDOCCHI, D.D.; BONAN, G.B.; CALDEIRA, K.; DIFFENBAUGH, N.S.; FIELD, C.B.; HUNGATE, B.A.; JOBBÁGY, E.G.; KUEPPERS, L.M.; NOSETTO, M.D.; PATAKI, D.E. Protecting climate with forest. **Environmental Research Letters**, Philadelphia, v.3, 044006, 2008.

JUNK W.J. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. **Environmental Conservation**, Cambridge, v.29, n.4, p.414-435, 2002.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, Washington, v.24, p.391-401, 2005.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K.M.; PETERMANN, P.; STRÜSSMANN, C.; MARQUES, M.I.; ADIS, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, Nova York, v.68, p.278-309, 2006.

LIM, Y.; CAI, M.; KALNAY, E.; ZHOU, L. Impact of vegetation types on surface temperature change. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Washington, v.47, p.411-424, 2008.

MALHI, Y.; ROBERTS, J.T.; BETTS, R.A.; KILLEEN, T.J.; LI, W.; NOBRE, C.A. Climate change, deforestation, and fate of the Amazon. **Science**, Washington, v. 319, p.169-172, 2008.

MALHI, Y.; SAATCHI, S.; GIRARDIN, C.; ARAGÃO, L.E.O.C. The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S. (eds.) **Amazonia and Global Change**. 2009. p.355-372.

MILNE, E.; CERRI, C.E.P.; CARVALHO, J.L.N. Agricultural expansion in the Brazilian state of Mato Grosso: implications for C stocks and greenhouse gas emissions. **Environmental Science and Engineering**, Nova York, v.3, p.447-460, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (Mato Grosso) **Unidades climáticas do estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT: 2001. A021p.

VOURLITIS, G.L.; DA ROCHA, H.R. Flux dynamics in the Cerrado and Cerrado-Forest Transition of Brazil. In: HILL, M.J.; HANAN, N.P. (eds.) **Ecosystem function in Savannas**:

measurement and modeling at landscape to global scales. 2010. p.97-116.

WANTZEN, K.M.; NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W.J.; GIRARD, P.; ROSSETTO, O.C.; PENHA, J.M.; COUTO, E.G.; BECKER, M.; PRIANTE, G.; TOMAS, W.M.; SANTOS, S.A.; MARTA, J.; DOMINGOS, I.; SONODA, F.; CURVO, M.; CALLIL, C. Towards a sustainable management concept for ecosystem services of the Pantanal wetland. **Ecology & Hydrobiology**, Warsaw, v.8, n.2-4, p.115-138, 2008.

WILKS, D.S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Academic Press, 2011. 676p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. El Niño/La Niña Update: 30 march 2007a. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/El_Nino_March07_E.pdf. Acesso em: 1/11/2011.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. El Niño/La Niña Update: 31 october 2007b. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/El_Nino_Oct07_Eng.pdf. Acesso em: 1/11/2011.

WRIGHT, I.R.; NOBRE, C.A.; TOMASELLA, J.; ROCHA, H.R.; ROBERTS, J.M.; VERTAMATTI, E.; CULF, A.D.; ALVALÁ, R.C.; HODNETT, M.G.; UBARANA, V. Towards a GCM surface parameterization for Amazonia. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L. (eds.) **Amazonian Deforestation and Climate**. New York: J. M. Wiley and Sons, 1996, p.473-504.

