

ALBEDO DO PANTANAL SUL MATOGROSSENSE DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO SECO-ÚMIDO DE 2001-2002.

Francis Wagner Silva Correia, Regina Célia dos Santos Alvalá, Ralf Gielow

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)

Av. dos Astronautas, 1758, São José dos Campos, SP, 12201-970

Email: francisw@cptec.inpe.br, regina@cptec.inpe.br, ralf@cptec.inpe.br

Antônio Ocimar Manzi

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)

Rod. Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000

Email: manzi@cptec.inpe.br

Amaury de Souza

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Campo Grande, MS

E-mail: amaury@nin.ufms.br

ABSTRACT

The albedos for the short-wave (SW), the photosynthetically active (PAR) and the near infrared (IR) radiations were measured from a 21 m tower (19°33'48"S; 57°00'53"W) in the Southern Mato Grosso Pantanal, during the dry – humid transition period of 2001-2002. Their daily average values were higher during the dry period (SW: 0.162 ± 0.010 ; PAR: 0.069 ± 0.010 ; IR: 0.235 ± 0.015 for 47 days), than during the wet one with the occurrence of a flood layer (SW: 0.114 ± 0.025 ; PAR: 0.050 ± 0.010 ; IR: 0.161 ± 0.041 for 119 days). Also, the flood layer caused asymmetries along the day, causing a non uniformity of the vegetation cover. These non uniformity changed between 1998 and 2001, due to the effects of an accidental fire in 1999.

INTRODUÇÃO

O albedo da superfície, definido como a razão entre a irradiância refletida e a incidente, é uma medida indireta da energia solar absorvida pela superfície. Esta energia absorvida é usada para aquecer a superfície ou evaporar a água diretamente do solo ou via evapotranspiração. A superfície aquecida, ao se resfriar eleva a temperatura da camada de ar adjacente por condução, por radiação em comprimentos de onda no infravermelho para a atmosfera, ou por transferência condutiva para as camadas da sub-superfície. A distribuição da energia absorvida nestas várias fontes depende de uma variedade de fatores, incluindo a velocidade do vento, umidade relativa, vegetação e umidade na superfície (Sellers, 1992). Quando o albedo da superfície aumenta, a energia solar disponível para o aquecimento e evaporação diminui. Se a superfície está úmida, grande parte da energia absorvida é usada para secar a superfície, resultando em menos fluxo de calor sensível para a atmosfera e um aumento menor da temperatura que em condições secas (Dickinson, 1992a, Betts e Ball, 1995). Conhecer o albedo e a umidade da superfície é essencial para a determinação da magnitude e a partição da energia solar absorvida em modelos climáticos (Dickinson, 1992b).

Pelo menos quatro fatores explicam as diferenças no albedo da superfície. O primeiro é a própria condição da superfície; em geral, albedos mais altos estão associados com superfícies suaves, secas e coloração clara, ao passo que albedos mais baixos estão associados com superfícies rugosas, úmidas e coloração escura. No caso de áreas cobertas por vegetação, ele depende da altura das plantas, percentagem de cobertura do chão, do ângulo das folhas e do índice de área foliar. O segundo fator que controla o albedo é o ângulo zenital do Sol, o que leva a variações diurnas acentuadas. O terceiro fator é o estado do céu, com referência particular aos tipos e quantidades de nuvens. Finalmente, o quarto fator importante é o ângulo da superfície para a horizontal, e particularmente se ele está na direção ou distante do Sol. O valor do albedo normalmente difere de superfície para superfície e também de uma estação para outra. Em áreas homogêneas, o albedo varia pouco em torno do meio dia solar, aumentando seu valor quanto mais próximo do nascer ou do pôr do Sol, quando a refletividade aumenta devido ao grande ângulo zenital solar (Gielow et al., 1999).

O albedo é, portanto, uma medida adimensional que varia segundo as características da superfície, a razão entre a radiação solar direta e a difusa e em função do ângulo zenital.

A definição de albedo varia sensivelmente na literatura meteorológica. Em algumas aplicações o albedo restringe-se aos comprimentos de onda do visível, enquanto em outras ocasiões a definição é estendida para incluir a radiação de onda longa. Algumas vezes o albedo é denominado refletividade, porém este termo refere-se à razão refletida - incidente para um comprimento de onda específico. Portanto, o termo "albedo", frequentemente usado na literatura meteorológica, considera a radiação de onda curta aproximadamente entre 0,15 e 4,0 μ m (Lockwood, 1985).

No presente trabalho estudou-se a variação do albedo global, fotossinteticamente ativo e infravermelho próximo sobre a região Sul Matogrossense em duas estações distintas, isto é, durante a estação seca, quando o solo é coberto por uma vegetação típica de cerrado, caracterizada por árvores de porte médio onde sobressaem espécies particulares como os paratupais ou ipês (*Tabebuia caraiba*) mais gramíneas subjacentes densamente distribuída e durante a estação de inundação, quando a região é coberta por lâminas d'água, resultando extensos lagos temporários, os quais, em sobreposição à vegetação existente, são povoados por diversas plantas aquáticas, com raízes fixas e flutuantes, povoam os lagos, dentre as quais destacam-se os aguapés (Magalhães, 1982; Por, 1995).

MATERIAIS E MÉTODOS

O Pantanal Matogrossense é uma região de grande importância sócio-econômica e ecológica, que se destaca pela sua vasta biodiversidade e pelo regime hidrológico peculiar, apresentando dois regimes sazonais distintos, com épocas secas (de abril a setembro) e, a partir de outubro, épocas inundadas de acordo com a intensidade e a duração das precipitações (Rao et al., 1996). No Brasil, este ecossistema está situado nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, tendo sido delimitado por Vila da Silva e Abdon (1998) como ocupando 138.183 km², o que o torna a maior planície inundável da Terra. O clima é predominantemente tropical, com a temperatura média anual em torno de 25 °C e máxima de aproximadamente 40 °C durante o verão, embora possa haver ocorrência de geadas quando há penetração de massas de ar frio oriundas das planícies dos pampas e do Chaco (Por, 1995).

Os dados considerados para o estudo foram obtidos através do programa de monitoramento do Projeto Interdisciplinar do Pantanal (IPE). Este projeto é um amplo programa de estudos do Pantanal Sul Matogrossense, em que vêm-se realizando experimentos para coleta de dados micrometeorológicos desde 1996, visando investigar a estrutura da camada limite superficial acima da região (Alvalá et al., 1998). O sítio experimental localiza-se próximo à Base de Estudos do Pantanal (BEP), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), na região Sul do Pantanal (19°33'48"S; 57°00'53"W), em Passo do Lontra, município de Corumbá, MS. A base localiza-se distante cerca de 315 km de Campo Grande, 100 km de Corumbá e 100 km de Miranda. A escolha deste local deveu-se às condições de infra-estrutura disponíveis e às facilidades de acesso. Os ventos nele predominantes são de Noroeste, contribuindo para trazer informações micrometeorologicamente relevantes do Pantanal Central para o sítio experimental.

As medidas na área do Pantanal incluem valores médios (30 minutos) da radiação solar global e fotossinteticamente ativa incidente e refletida, coletados entre 17 de outubro de 2001 a 02 de abril de 2002, durante o período de transição das estações seca e chuvosa na região. Para a coleta dos dados utilizou-se uma torre micrometeorológica, de alumínio, com 21 m de altura. No topo desta torre estão instalados dois piranômetros (CM5 da Kipp & Zonen) e dois sensores quantum (da Licor) para medidas da irradiância fotossinteticamente ativa (PAR), além de outros sensores para medidas do saldo de radiação, perfis de temperatura, de umidade e de vento, bem como sensor para medida de pressão atmosférica e pluviômetro. Os instrumentos de medidas das componentes do balanço de radiação foram instalados em mastros com 4 m de comprimento e orientados para Norte.

Todos os instrumentos para medidas de radiação foram previamente calibrados. Os piranômetros têm sensibilidade de $\pm 6\%$, enquanto os sensores quantum têm precisão de $\pm 5\%$. Estes foram calibrados com outro sensor quantum novo, de marca e modelo similar, também com calibração de fábrica. Para a aquisição dos dados utilizou-se um sistema de coleta CR10 da Campbell Scientific. Estes foram programados para interrogar os sensores a cada 10 segundos e a cada trinta minutos fazer a média dos parâmetros medidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de transição das estações seca para a úmida de 2001 para 2002 foram obtidos 157 dias de dados, isto é, do dia 290 (17/10/2001) a 92 (01/04/2002), os quais foram considerados para o estudo da variabilidade do albedo, nos intervalos de comprimentos de onda representativos do visível, ou da radiação fotossinteticamente ativa - PAR (0,4-0,7 μm), da radiação solar global ou de ondas curtas - OC (0,3 a 4,0 μm) e da radiação infravermelha próxima - IV (0,7 a 4,0 μm). A Figura 1 apresenta a variabilidade, média diária, do albedo de OC, PAR e IV calculadas das 7 às 17 horas do período diurno. Observa-se uma grande variabilidade diária do albedo de ondas curtas em todo o período, com um decréscimo mais acentuado quando a superfície passa a apresentar lâmina d'água a partir do dia 338, que foi considerado o de início do período úmido no presente trabalho, o qual se prolonga além do dia 92. O albedo médio de ondas curtas no período úmido diminuiu consideravelmente, se comparado com os valores da estação seca, indicando que o albedo na região do pantanal depende sensivelmente das condições e da cobertura da superfície. Similarmente, o albedo para a radiação PAR também diminuiu a partir do dia 338 e, durante todo o período, o albedo PAR foi baixo, o que indica que a vegetação estava verde; logo, a clorofila absorveu radiação efetivamente. Como a radiação na porção visível é efetiva para a fotossíntese, a vegetação presente em ambas as estações absorveu mais que 90% dela. O albedo da radiação no intervalo de comprimento de ondas do infravermelho, derivado da diferença entre a radiação de onda curta e a radiação PAR, apresentou a maior variabilidade durante todo o período, com os menores valores observados também após a presença da lâmina d'água. Como aproximadamente metade da energia solar que alcança a superfície está em comprimentos de ondas maiores que 0,7 μm , o aumento do albedo na faixa do IV é significativo para a troca de energia da superfície.

Os resultados do albedo de onda curta para o período seco estão consistentes com aqueles encontrados por Culf et al. (1995) para áreas de pastagens na região amazônica, enquanto os valores médios encontrados para o período úmido com lâmina d'água, estão consistentes com os albedos de superfícies aquíferas (0,03 a 0,10) citados por Oke (1987), que destaca que o albedo de superfícies aquíferas não é constante. Ele depende particularmente do ângulo em que a radiação solar direta alcança a superfície. Em céus cobertos e com o Sol em pelo 30° acima do horizonte, a água é uma das superfícies que absorve mais efetivamente; entretanto, em baixas altitudes do Sol, sua refletividade aumenta consideravelmente. Quando o Sol está próximo do horizonte (nascer e pôr-do-sol) a reflexão é como a de um espelho e isto explica o efeito de ofuscamento nestes horários. sob céus nublados, a radiação solar difusa constitui a maior porção da radiação solar incidente e o efeito da altitude solar é amotecido. A Tabela 1 apresenta os valores dos albedos de OC, PAR e IV médios, máximos, mínimos e os respectivos desvios-padrão para os dois períodos distintos, isto é, dos dias 290-337 (período seco) e dos dias 338-92 (período úmido). Verifica-se que os valores do albedo de OC, PAR e IV são 42%, 38% e 46%, respectivamente, mais altos no período seco que no período úmido. Outrossim, o valor mínimo do albedo de ondas curtas encontrado (0,068) foi observado no dia 01-02/01/2002 quando a altura da lâmina d'água próximo à torre de medição foi de 0,55 m.

Tabela 1 - Albedos nas faixas de radiação de onda curta (OC), fotossinteticamente ativa (PAR) e infravermelho próximo nos períodos seco (2001) e úmido (2001-2002).

Períodos	Seco (Dias 290-337/2001)			Úmido (Dias 338-365/2001 a 01-92/2002)		
	OC	PAR	IV	OC	PAR	IV
Médio	0,162	0,069	0,235	0,114	0,050	0,161
Máximo	0,182	0,091	0,266	0,164	0,067	0,259
Mínimo	0,135	0,036	0,190	0,068	0,025	0,083
Desvio Padrão	0,010	0,010	0,015	0,025	0,010	0,041

As Figuras 2(a) a (2d) apresentam o ciclo diurno do albedo de radiação de onda curta, PAR e infravermelha, para quatro dias distintos, ou seja: dias nublado (2a) e de céu claro (2b) no período seco, e dias de céu claro (2c) e parcialmente nublado (2d) no período úmido. Verifica-se um acentuado contraste entre os dois períodos, com pouca variação do albedo entre os horários do nascer e do pôr-do-sol no dia de céu claro do período seco (325 - Figura 2b), enquanto que no período úmido há significativa variabilidade do albedo em todas as faixas espectrais durante todo o dia de céu claro (07 - Figura 2c). Observa-se ainda na Figura 2b que o albedo aumenta à

medida que aumenta o ângulo zenital, com valores máximos ocorrendo nas primeiras horas da manhã e no fim do dia. Isso deve-se ao fato de, para grandes ângulos zenitais, as superfícies vegetadas comportarem-se como superfícies planas, captando pouca radiação e, por isso, apresentando grande refletividade. Por volta do meio dia quando o ângulo zenital é mínimo, há maior penetração de radiação solar no interior da vegetação, o que implica em menor coeficiente de reflexão. Nos dias nublados do período seco (317 - Figura 2a) e parcialmente nublado do período úmido (7 - Figura 2d) também observa-se variação nos valores dos albedos; portanto, o albedo em condições de céu coberto não é sensível ao ângulo zenital solar (θ). Contudo, a quantidade de energia solar que alcança a superfície sob céu coberto é sensível a θ , uma vez que as nuvens são refletores efetivos da radiação solar e o albedo delas é sensível a θ . Verifica-se na Figura (2d) uma assimetria nos valores dos albedos durante os horários de nascer e pôr-do-sol, ou seja, há um aumento mais acentuado do albedo no início do dia do que no período do pôr-do-sol, comportamento esse provavelmente devido à distribuição da vegetação e a maior quantidade de água exposta na face oeste observada durante o período de coleta de dados, fazendo assim, que maior quantidade de radiação seja absorvida pela lâmina d'água exposta na face oeste. Em 1998 este comportamento foi oposto, ou seja, mais radiação absorvida pela face leste (Gielow et al, 1999). A razão disto foi a ocorrência, em 1999, de queimada acidental das gramíneas do sítio com subsequente rebrota com estrutura espacial diferenciada.

CONCLUSÕES

O albedo médio diurno das radiações de onda curta, PAR e infravermelha no Pantanal Sul Matogrossense foi avaliado para o período de outubro de 2001 a março de 2002, tendo-se observado uma grande sensibilidade do mesmo à presença de lâmina d'água, com valores menores no período úmido que no período seco, devido à maior quantidade de radiação absorvida pela lâmina d'água. Maior variação do albedo ao longo dos dias foi observado durante o período úmido, com maiores valores no início da manhã do que no período da tarde em dias parcialmente nublados, em razão da maior quantidade de água exposta observada na face oeste durante o período de coleta dos dados; em 1998, antes de uma queimada acidental este comportamento era oposto.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem aos colegas Giancarlo Lastoria da UFMS pelo apoio; aos colegas Engenheiros Paulo Rogério de Aquino Arlino e Jorge Martins Nogueira e ao técnico Jorge Mello pela calibração dos instrumentos e coleta de dados. Finalmente, os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelos recursos cedidos (FAPESP - Processo 0098/00105-5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvalá, R. C. S.; Manzi, A. O.; Sá, L. D. A.; Vittal Murty, K. P. R.; Gielow, R. Arlino, P. R. A.; Alvalá, P. C.; Lima, I. T. D.; Marques Filho, E. P.; Sambatti, S. B. M.; Von Randow, C.; Souza, A.; Kassab, E.; Malhy, Y. S.; Kruijt, B.; Meirelles, M. L. Projeto Interdisciplinar do Pantanal - Fase úmida (IPE-1). In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, 1988. **Anais**.
- Arya, S. P. **Introduction to Micrometeorology**. London: Academic Press, 1988. 307p.
- Betts, A. J.; Ball, J. H. The FIFE surface diurnal cycle climate. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, p. 25679-25693, 1995
- Dickinson, R. E. Changes in land use. In: Trenberth, K. E. ed. **Climate System modelling**. New York, Cambridge University Press, 1992 p. 689-701.
- Dickinson, R. E. Land Surface. In: Trenberth, K. E. ed. **Climate System modelling**. New York, Cambridge University Press, 1992 p. 149-172.
- Gielow, R.; Santos Alvalá, R. C.; Hodnett, M. G.; Souza, A. Albedo no Pantanal Sul-Matogrossense durante e após o período de inundação de 1998. In: XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia / II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia, Florianópolis, 1999. CDRom, p. 2026-2031.

Lockwood, J. G.. **World Climatic Systems**. London Edward Arnold, 1985, 292 p.

Magalhães, N. W. **Conheça o Pantanal**. São Paulo, Terragraph, 1992, 390 p.

Oke, T. R. **Boundary Layer Climates**, London, Routledge, 1987, 435 p.

Por, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil)**. Dordrecht, K. A. Publishers, 1995, 122 p.

Vila da Silva, J. S. e Abdon, M. M.. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 33. n. especial, p. 1703-1711, Out. 1998.

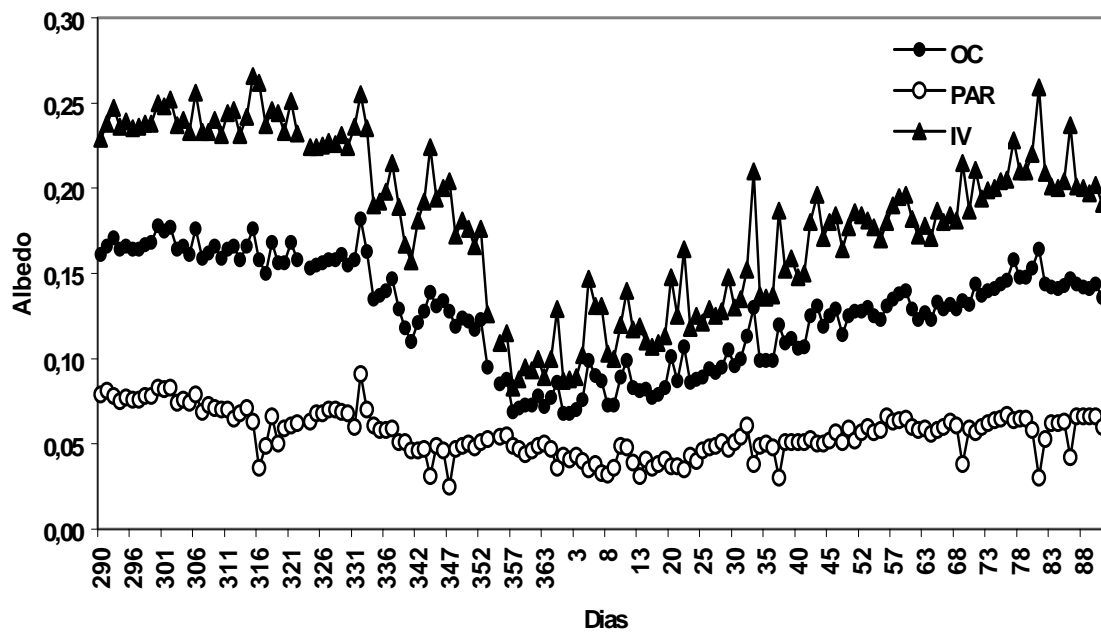


Figura 1 - Variação do albedo médio diário no Pantanal Sul Matogrossense no período de transição entre as estações seca e úmida.

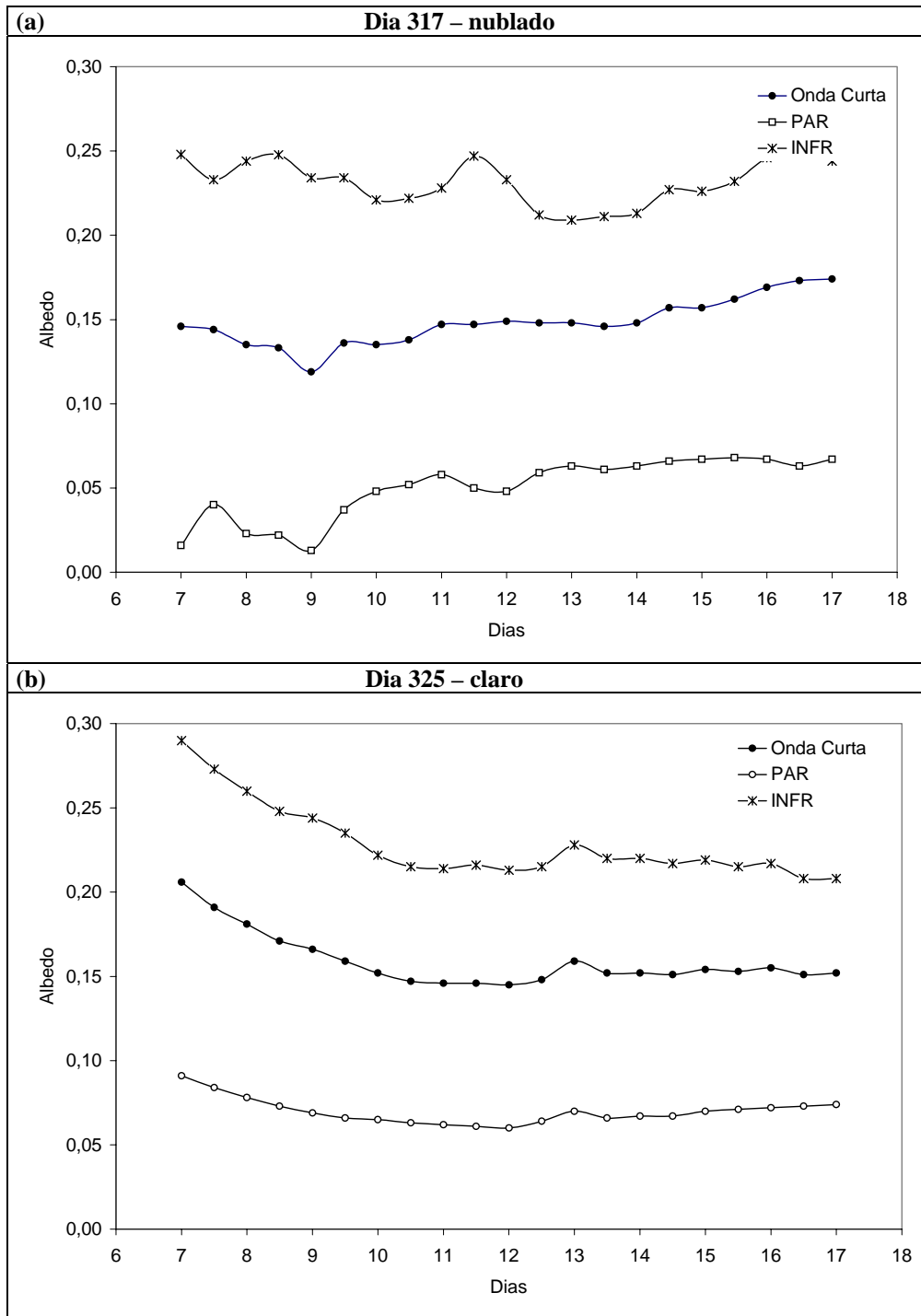


Figura 2 - Ciclo diurno do albedo para a radiação de ondas curtas, PAR, e infravermelha, para os dias nublado (a) e de céu claro (b) do período seco de 2001.

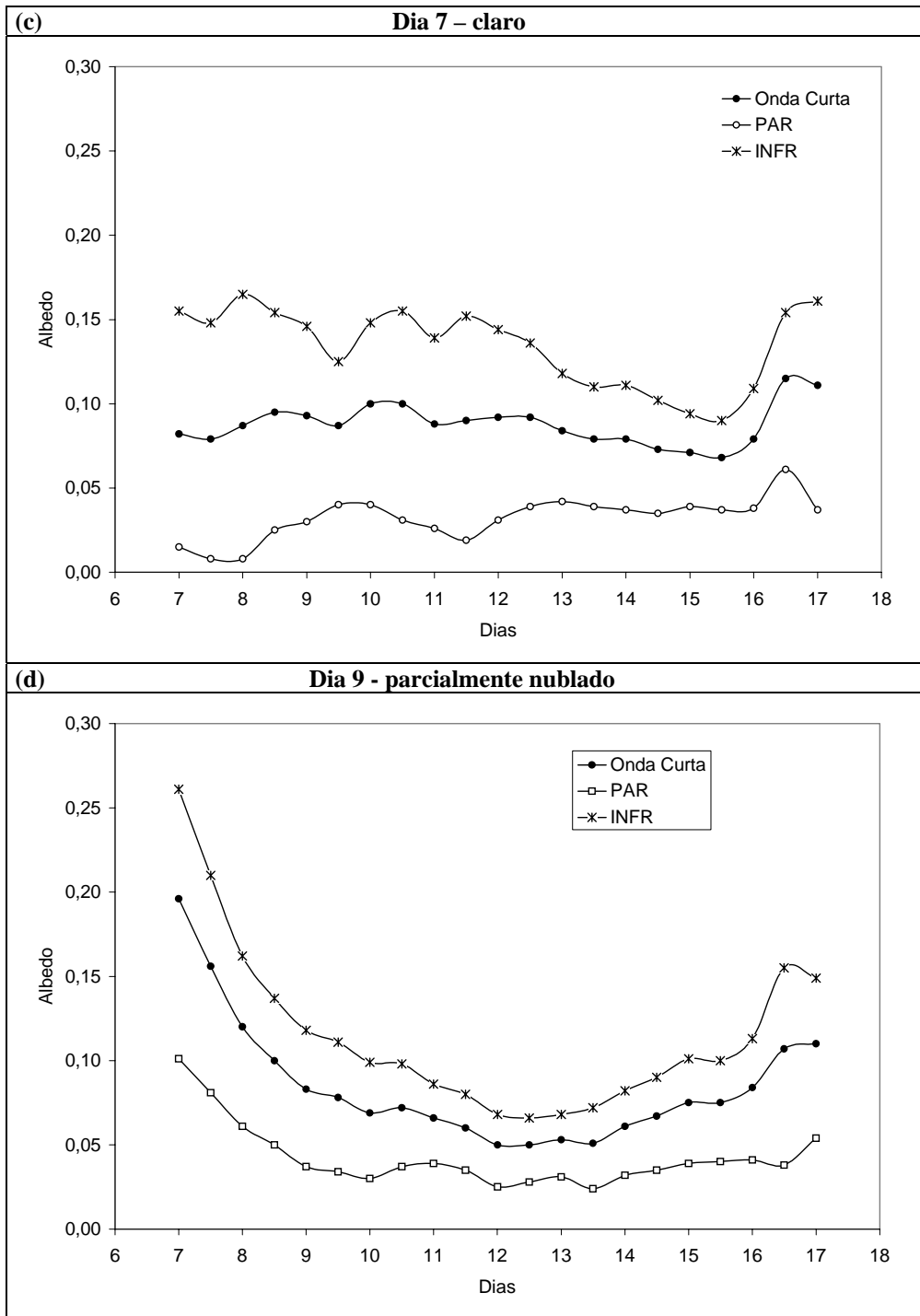


Figura 2 - Ciclo diurno do albedo para a radiação de ondas curtas, PAR, e infravermelha, para os dias de céu claro (c) e de céu parcialmente nublado (d) do período úmido de 2002.