

Experimento ALBEDO do satélite SCD2 do INPE estabelece base de dados decenal para monitorar mudança climática global

Nelson Veissid

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
veissid@las.inpe.br

Abstract. The second satellite of the Brazilian Space Mission of the National Institute of Space Researches (SCD2/MECB) launched on October 23, 1998 carries on board an ALBEDO experiment that use space solar cells produced in Brazil. The device acts as a sensor of light and it allows measure the direct solar radiation and the portion of this radiation that is reflected outside of Earth. This way, the experiment measures the global Earth reflectivity (albedo) through the relationship between these two values after spherical angular corrections. The SCD2 has a circular orbit of 750 km high. Albedo data are transmitted in real time and received by the ground station of Cuiabá, MT-Brazil (16°S; 56°W), which limits its spatial coverage on South America. Statistics done in the data allowed establish a decennial pattern albedo map, on South America, to the four season periods: DJF (December, January and February), MAM (March, April and May), JJA (June, July and August) and SON (September, October and November). This work shows these patterns and they are used to determine the anomaly variation map at the period DJF of 2009 year.

Palavras-chave: planetary albedo, decennial pattern, climate changing, albedo planetário, padrão decenal, mudança climática.

1. Introdução

O Experimento Célula Solar (ECS) do satélite Brasileiro SCD2/MECB atua como um sensor de radiação eletromagnética (350-1100 nm) e permite medir a refletividade global do planeta Terra (albedo) sobre a América do Sul. Os dados de albedo correspondem a vários arquivos diários armazenados e processados desde a data do lançamento do satélite. Estes dados podem ser agrupados em períodos de tempo (anual, sazonal ou mensal) ou serem estudados por regiões em latitude e longitude (Veissid e Pereira, 2000). Os dados do ECS são transmitidos em tempo real pela telemetria do satélite e recebidos na estação receptora de Cuiabá, MT-Brasil (16°S, 56°W). A Figura 1 mostra as órbitas do satélite SCD2 dentro da visada desta estação no mês de novembro de 1998.

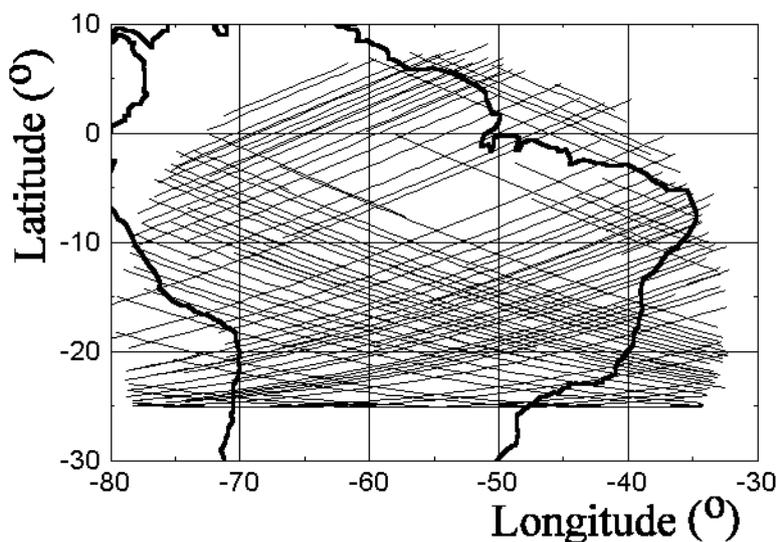


Figura 1. Órbitas do SCD2 na visada da estação receptora de Cuiabá-MS.

Tratamento estatístico para determinar valores médios e variabilidades, por exemplo, exige o conhecimento do tipo de distribuição da dispersão dos valores em torno do valor médio. A distribuição estatística temporal do albedo sob uma determinada região mostra comportamento Gaussiano para o logaritmo do albedo, este tipo de dispersão da variabilidade é conhecido como distribuição LogNormal (Veissid, 2007). Esta distribuição permite determinar o valor médio e o respectivo desvio padrão como uma função ao longo dos dias do ano. O comportamento permite monitorar variabilidade climática, pois variações deste padrão são indícios de mudança. A figura 2 mostra de maneira clara esta dispersão tipo LogNormal do valor de albedo sobre a cidade de São Paulo nos últimos 100 dias de 1999, 2000 e 2001. O período, últimos 100 dias do ano, foi escolhido porque o valor médio é constante (Veissid, 2002 e 2003).

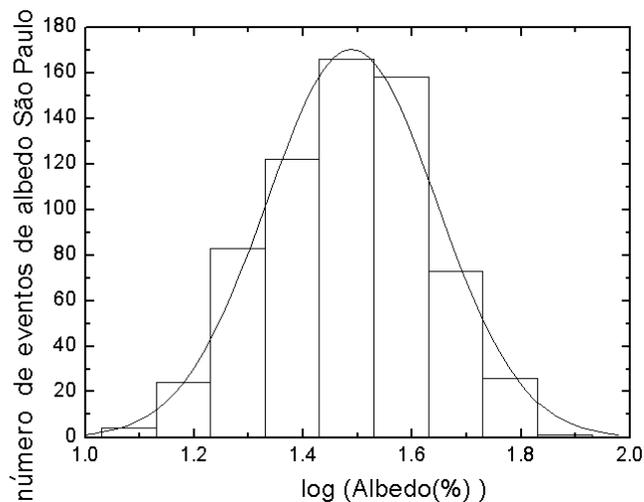


Figura 2. Distribuição Gaussiana do logaritmo do albedo planetário sobre São Paulo (24°S;47°W) durante os últimos cem dias dos anos de 1999, 2000 e 2001.

2. Metodologia

O período de 1999 até 2008 foi escolhido para definir um padrão decenal para o albedo médio. Os períodos escolhidos foram trimestrais iniciando em dezembro de 1998, janeiro e fevereiro de 1999 (DJF-1999) e finalizando em setembro, outubro e novembro de 2008 (SON-2008). Os dados de albedo acumulados desde o lançamento do SCD2 e selecionados dentro de várias regiões em latitudes e longitudes, são processados, para se estabelecer um padrão estatístico (Veissid, 2003), na seguinte forma: a área da visada da estação receptora é dividida em uma matriz de 17x17 em latitude e longitude onde cada elemento desta matriz forma um arquivo que contém todos os valores de albedo ordenado de maneira temporal. Desta forma, é possível estabelecer média e o desvio padrão em um período escolhido arbitrariamente (mês, estação do ano ou anual). Estes valores de média e desvio padrão dentro de cada “pixel” desta matriz de 17x17 elementos permitem construir imagens de isolinhas ou cores associadas. O valor médio trimestral em cada elemento da grade é calculado considerando todas as passagens de órbita que passaram por dentro deste elemento (Veissid, 2008 e 2009).

Mapas de anomalias em relação aos mapas de valores médios podem ser apresentados de diferentes modos. Este trabalho prefere mostrar os mapas de anomalias de maneira relativa, como uma relação da quantidade de desvios padrões da variabilidade que o valor médio está afastado do seu valor padrão (Veissid, 2011 e 2012).

3. Padrões Decenal para DJF, MAM, JJA e SON

Os arquivos de primeiro de dezembro de 1998 até trinta de novembro de 2008 foram separados em trimestres (DJF, MAM, JJA e SON) e processados para se obter os mapas de médias trimestrais. Por exemplo, a figura 3 mostra as imagens de albedo médio para os trimestres DMJ dos anos de 1999 até 2004 e a figura 4 para os anos de 2005 até 2008.

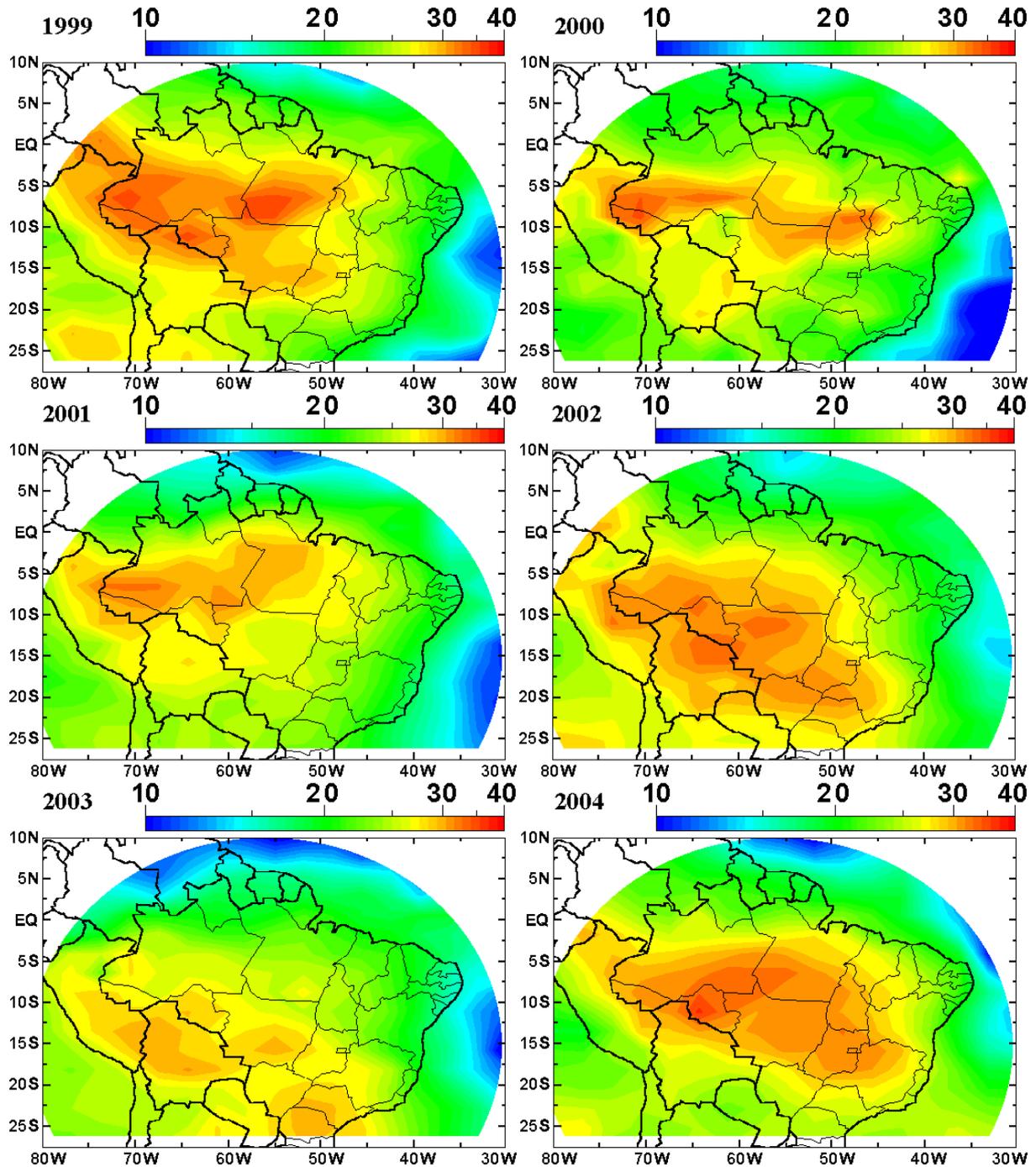


Figura 3. Mapas de albedo médio trimestral DMJ para os anos de 1999 até 2004.

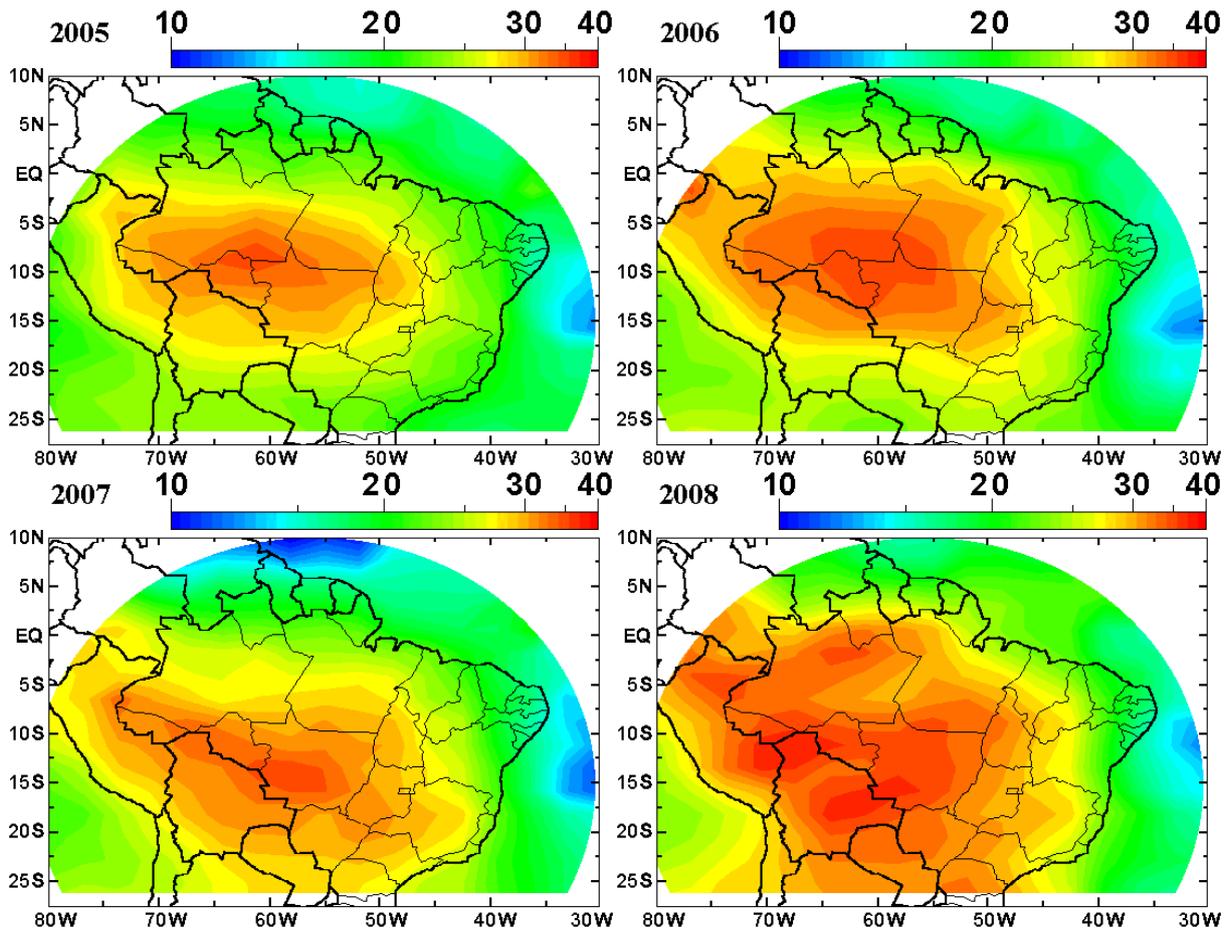


Figura 4. Mapas de albedo médio trimestral DMJ para os anos de 2005 até 2008.

Observa-se que, apesar do aspecto homogêneo entre as imagens, é possível distinguir algumas diferenças sutis. Por exemplo, os anos 2002, 2004 e 2008 mostraram albedo médio relativamente alto (ausência de tonalidade azul) no Oceano Atlântico abaixo da linha do Equador. A parte visível do Oceano Pacífico nos anos de 1999, 2002 e 2004 teve alto valor médio de albedo planetário. O ano de 2008 foi o que mostrou maior valor de albedo médio dentro do continente e o ano de 2003 foi o que mostrou menor valor.

As imagens das figuras 3 e 4 permitem definir o padrão de albedo médio para o trimestre de DMJ. Durante o processamento dos dados para se determinar os mapas de valores médios em cada trimestre foi, também, determinado a variabilidade (desvio padrão) de cada trimestre. A figura 5 mostra os padrões decenais definidos neste trabalho para o trimestre DJF, os quais são o mapa do desvio médio e o mapa da variabilidade do albedo planetário visto pelo Experimento Albedo do satélite SCD2 do INPE. Para os trimestres MAM, JJA e SON os padrões são mostrados nas figuras 6, 7 e 8, respectivamente. Observar as barras de cores em escala logarítmica conforme explicado na parte 2 deste trabalho.

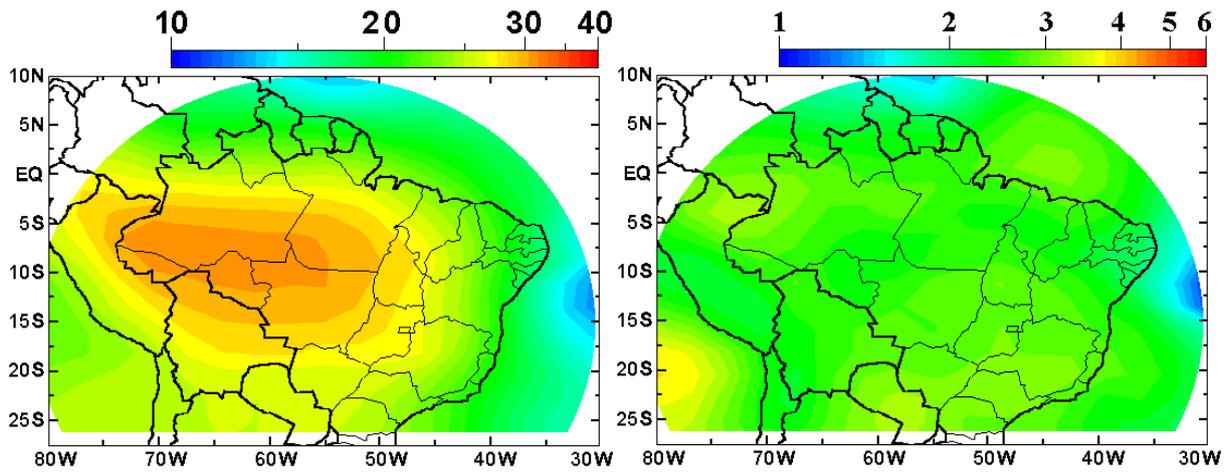


Figura 5. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre DJF (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para DJF.

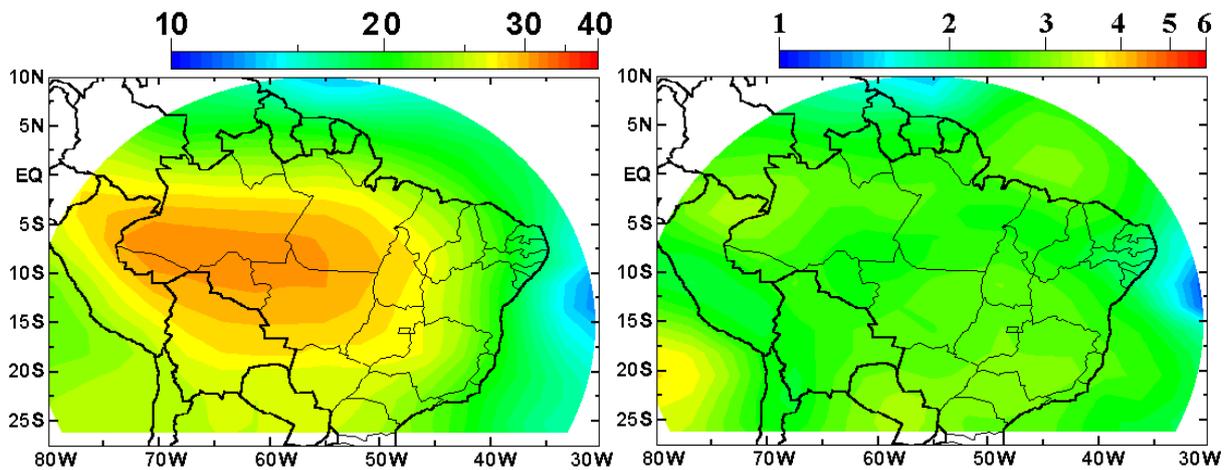


Figura 6. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre MAM (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para MAM.

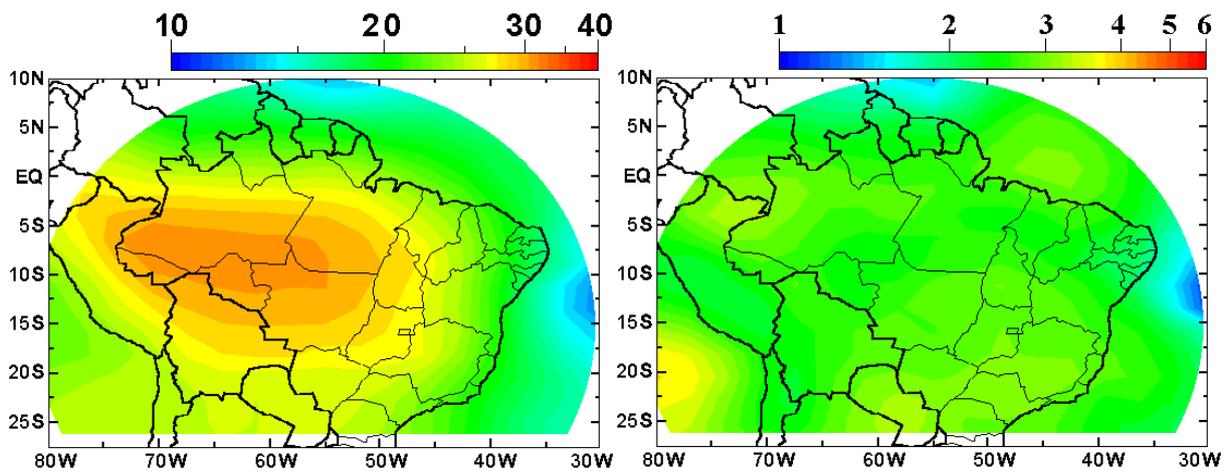


Figura 7. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre JJA (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para JJA.

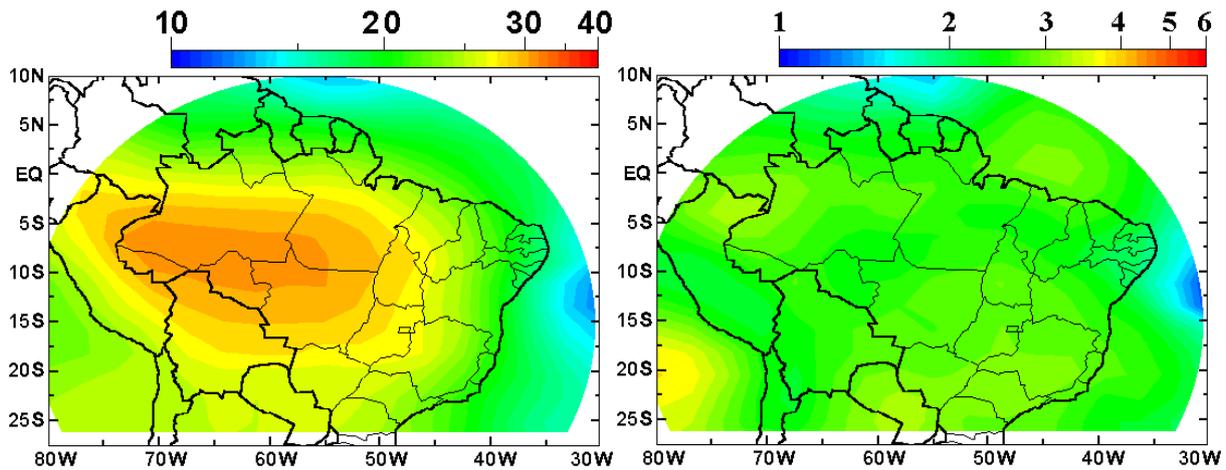


Figura 8. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre SON (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para SON.

4. Anomalia relativa para DJF de 2009

O período de dezembro de 2008 até fevereiro de 2009 foi processado e permitiu estabelecer o mapa de valor médio, ver figura 9 lado esquerdo. Conforme explicado na parte de “Metodologia” deste trabalho, optou-se por mostrar o mapa de anomalia em termos relativos pela quantidade de desvios padrões da variabilidade. A imagem do lado direito da figura 6 mostra este mapa de anomalia, onde a barra de cores corresponde a uma variação de ± 1 desvio padrão de variabilidade. A cor azul corresponde que a media do trimestre DMJ de 2009 teve um desvio padrão de valor abaixo do padrão esperado (mostrado na figura 5 lado esquerdo) decenal. A cor vermelha mostra um desvio padrão de variabilidade acima.

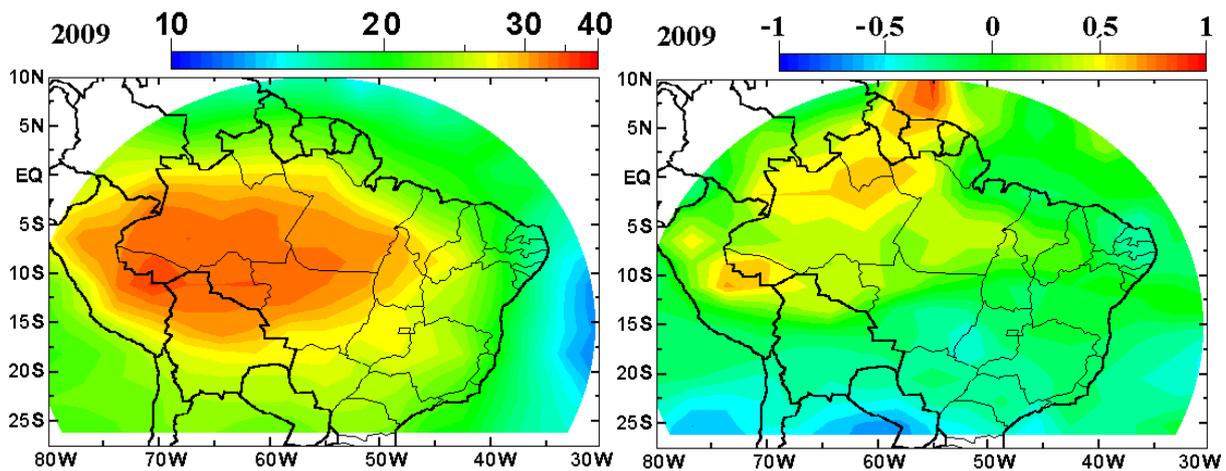


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre DJF-2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

O mapa de anomalia mostra que o trimestre DJF de 2009 não teve variação significativa do valor médio padrão. Pequenas manchas azuis foram observadas no Oceano Pacífico e no norte da Argentina e manchas mais fracas no nordeste do Brasil e no Oceano Atlântico. Estas manchas azuis claro mostram diminuição do albedo médio da ordem de meio desvio padrão. Isto pode ser entendido como uma simples variação estatística do clima.

Manchas tendendo para vermelho foram observadas sobre a floresta Amazônica e para cima da Guiana e do Suriname, mas não é nada alarmante porque, também, é da ordem de

pouco maior do que meio desvio padrão da variabilidade. Os gráficos de anomalias como os da figura 6 servem como um termômetro para mostrar perturbações no albedo médio planetário e o alarme deve ser tocado quando as anomalias forem maiores do que dois desvios padrões da variabilidade em relação ao valor médio. Pois, estes dois desvios padrões tem uma probabilidade de ocorrer menor do que 5%.

5. Conclusões

Um experimento simples colocado a bordo de um satélite Brasileiro permite estimar o albedo planetário em tempo real. Os dados tratados com um algoritmo adequado permitem monitorar variabilidade climática pois o albedo corresponde a refletividade da energia solar pelo sistema atmosfera-superfície. Por exemplo, as nuvens produzem refletividade entre 60% e 80% e o oceano é menor do que 5%. Os continentes refletem entre 10% e 30%, dependendo da cobertura do solo. Portanto, o albedo é um excelente monitor da variabilidade climática.

A metodologia empregada é isenta dos efeitos da degradação dos sensores (células solares) do ECS pois os dois sinais sofrem redução proporcional que é compensada pelo quociente no cálculo do albedo. Fato análogo acontece, também, com o efeito da temperatura. Portanto, o Experimento Albedo é um equipamento autocalibrável.

Os dados do albedo medido pelo ECS também podem ser apresentados na forma de imagens sobre o mapa da América do Sul e elas são importantes aos climatologistas e meteorologistas para o entendimento dos processos atmosféricos. Principalmente no estudo dos processos sazonais, processos naturais (El-Niño) e humanos (poluição) (Veissid, 2010).

Adicionalmente, os dados de albedo analisados juntamente com dados de estações radiométricas permite estabelecer valores de taxas de absorção atmosférica da radiação solar, conforme relatado por Veissid et al. (2010).

Este trabalho define padrão decenal para o trimestre DJF dos anos de 1998 até 2008. O trimestre DJF de 2009, que corresponde aos meses de dezembro de 2008 até fevereiro de 2009, foi comparado com o trimestre médio padrão em termos de números de desvios padrões de variabilidade. Conclui-se pelo mapa mostrado neste trabalho que este período não apresentou nenhuma mudança climática, pois as diferenças entre o valor médio medido e o padrão decenal foram muito menores que um desvio padrão de variabilidade.

Considerando que o sinal do ECS continuará provavelmente pelos próximos anos, espera-se que esta nova metodologia permita gerar maiores conhecimentos no desenvolvimento dos métodos para satélite de monitoração de longo período do albedo terrestre, dada a sua importância na climatologia e suas mudanças globais. Como continuação deste trabalho, serão processados dados dos trimestres de MAM, JJA e SON de 2009 e comparar com os padrões decenais destes mesmos trimestres. Desta forma, os dados de albedo permitem estabelecer correlação com mudanças climáticas globais.

Referências Bibliográficas

Veissid, N.; Pereira, E. B. Um Modelo Simples de Levantamento do Albedo Planetário Empregando Dados do Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2, **Brazilian J. of Geophysics**, Vol. 18(1), p. 25, 2000.

Veissid, N. Variabilidade Climática Caracterizada pelo Desvio Padrão do Albedo Planetário. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia: A Meteorologia e a Gestão de Energia, Foz do Iguaçu-PR, 4 a 9 de Agosto de 2002, Trabalho completo publicado nos Anais (CD-ROM), trabalho 2142-1.

Veissid, N. New Developments in Using Solar Cells as Remote Sensors to Gauge Climate Change, **Environmental Geosciences**, Vol. 10(2), p. 47-57, 2003.

Veissid, N. New Satellite Sensor and Method for the Direct Measurement of the Planetary Albedo, Results for the 1999, 2000 and 2001 in South America, **Atmospheric Research**, Vol. 66, p. 65-82, 2003.

Veissid, N., Distribuição Logarítmica Temporal do Albedo Planetário sobre a América do Sul no Monitoramento de Mudanças Climáticas Globais. In: III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul, São Paulo - SP, 04-08 de Novembro de 2007, Resumo publicado no CD do Congresso, trabalho 13.pdf.

Veissid, N. Logarithmic Distribution of Planetary Albedo on South America: A New Tool for Monitoring Climate Changing. In: Pedro Leite da Silva Dias, Wagner Costa Ribeiro, João Lima Sant'Anna Neto e Jurandir Zullo Jr. (Org.). **Public Policy, mitigation and adaptation to climate change in South America**. São Paulo: Editora Instituto de Estudos Avançados - IEA/USP, ISBN 978-85-63007-00-1, p. 249-265 (2009).

Veissid, N. Novo Algoritmo para Mapas de Variabilidade Climática. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-30 abril de 2009, Natal. Anais do Simpósio. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1707-1713. DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.03>>.

Veissid, N.; Escobedo, J. F.; Galdino, M. A. Taxa de Absorção Atmosférica sobre as Cidades de Botucatu-SP e Rio de Janeiro-RJ, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 4, p.455-468, 2010.

Veissid, N.; Beloto, A. F.; Baruel, M. F. Oito Anos de Análise dos Dados do Experimento Célula Solar do Segundo Satélite Brasileiro, **Revista Brasileira de Energia Solar** 1(2), p. 172-177 (2010).

Veissid, N. Análise das Médias Mensais do Albedo Planetário Medido pelo Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2. In: III Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belém – PA, 21-24 de Setembro de 2010, Trabalho Completo no CD-ROM do Congresso, trabalho 69570 (11 páginas).

Veissid, N. Novo Algoritmo para Mapas de Variabilidade Climática. In: IV Conferência Regional sobre Mudanças Globais: O Plano Brasileiro para um Futuro Sustentável, São Paulo – SP, 4-7 de Abril de 2011, Pôster apresentado.

Veissid, N. New Algorithm to Study Climate Change Based on Planetary Albedo Measurement by Brazilian Satellite SCD2. In: Climate Change, Impacts and Vulnerabilities in Brazil, Natal – RN, 27 de Maio até Primeiro de Junho de 2012, Apresentação oral.