

Base de dados decenal para monitorar mudança climática global estabelecida pelo Experimento Albedo do SCD2: primeiras imagens de anomalia para 2009

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 author of this work during the XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto showed the first article about this subject and now this article presents the data of 2009 year. We concluded that the 2009 year had a climate stable or, in another words, the 2009 year did not have climate changing, considering the decennial pattern map (1999-2008) of albedo values measured by the Albedo Experiment of Brazilian SCD2 satellite.

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 pode 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 e permitiu estabelecer uma base de dados decenal de valores médio de albedo e seu respectivo desvio padrão ou variabilidade (Veissid, 2013). 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.

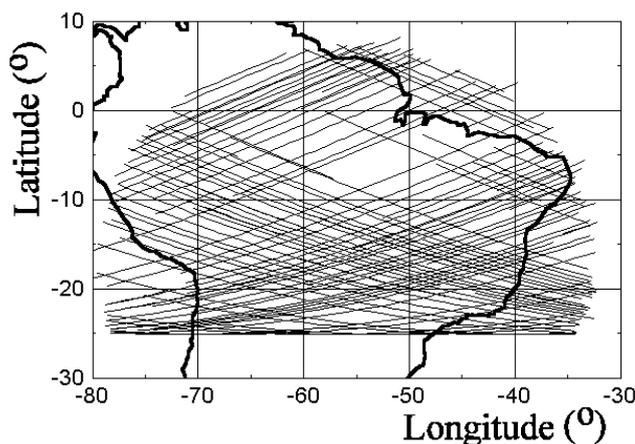


Figura 1. Órbitas do SCD2 na visada da estação receptora de Cuiabá-MS.

Os pontos de telemetria amostrados a cada meio segundo, ver Fig. 2A, são submetidos a uma mudança de variável de tempo para ângulo de rotação. O pico da radiação solar ou amplitude solar é obtido pelo método dos mínimos quadrados no ajuste de uma parábola em torno do seu máximo. Usando este algoritmo, os pontos telemetrizados do ECS mostrados na

Fig. 2A se transformam na curva da Fig. 2B. O albedo planetário é a razão entre a altura dos dois picos da Fig. 2B após correções esféricas angulares (Veissid, 2000 e 2003).

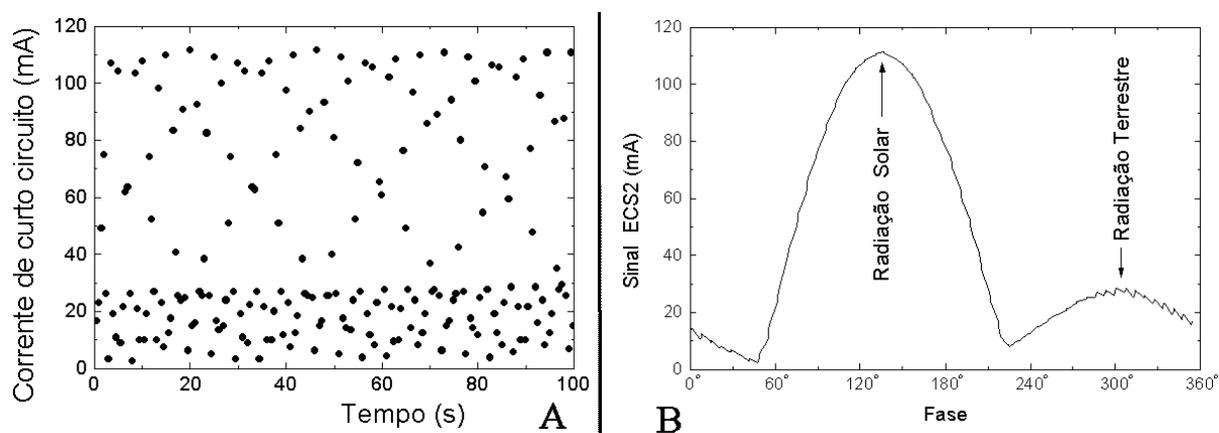


Figura 2. Exemplo de sinal da telemetria do ECS em função do tempo (A) e a curva destes sinais em função do ângulo de rotação do satélite (B).

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 (Fig. 1) 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 a média e o desvio padrão em um período escolhido arbitrariamente (mês, trimestre, 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. A grade sobre a América do Sul usada neste trabalho é mostrada na Fig. 3. A linha vermelha corresponde segmento da órbita do satélite SCD2 no dia 24 de janeiro de 1999 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá-MS. O valor médio mensal de cada “pixel” é calculado considerando todas as órbitas que passaram por dentro deste elemento. O desvio padrão da média não tem o significado de incerteza da medida. Na realidade, ele representa a variabilidade da dispersão dos valores de albedo (Veissid, 2002).

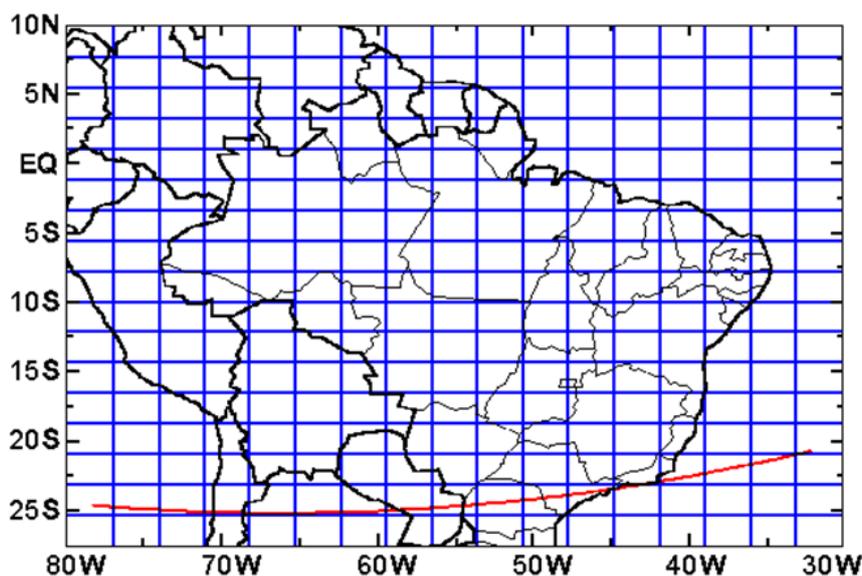


Figura 3. Grade da matriz de 17x17 “pixels” mostrando parte da órbita do dia 24 de janeiro de 1999 do satélite SCD2 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá - MS.

Estudos feitos, com valores de albedo em épocas do ano onde a média é constante, mostram que a dispersão dos valores do logaritmo do albedo em torno desta média tem uma distribuição Normal ou Gaussiana. Somente o logaritmo dos valores de albedo é que apresentam essa característica e esta conclusão foi uma contribuição inédita relatada em outros trabalhos (Veissid, 2007 e 2009). Assim, é possível definirmos valores médios e desvios padrões (variabilidade) e calcular confidências ou confiabilidade. Por exemplo, a confiabilidade em torno de mais ou menos um desvio padrão é de 68%.

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), dentro da matriz de 17x17 em latitude e longitude onde cada elemento desta matriz forma um arquivo que contem todos os valores de albedo ordenado de maneira temporal.

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 esta afastado do seu valor padrão (Veissid, 2011 e 2012). Figura 4 mostra esquema em forma de imagem do método usado neste trabalho ($(A-B)/C=D$). Onde A é a imagem do valor médio obtido em um trimestre, B valor médio decenal padrão, C imagem da variabilidade ou desvio padrão absoluto e D é a anomalia em termos da quantidade de desvios padrões.

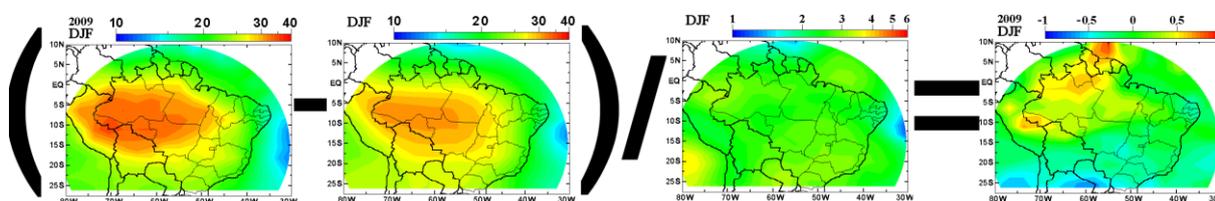


Figura 4. Esquema do método de cálculo da anomalia trimestral em forma de imagem.

3. Padrões Decenais 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. O trabalho de Veissid (2013) mostrou as imagens de albedo médio e de desvio padrão ou variabilidade para os trimestres que estabeleceram os padrões decenais.

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.

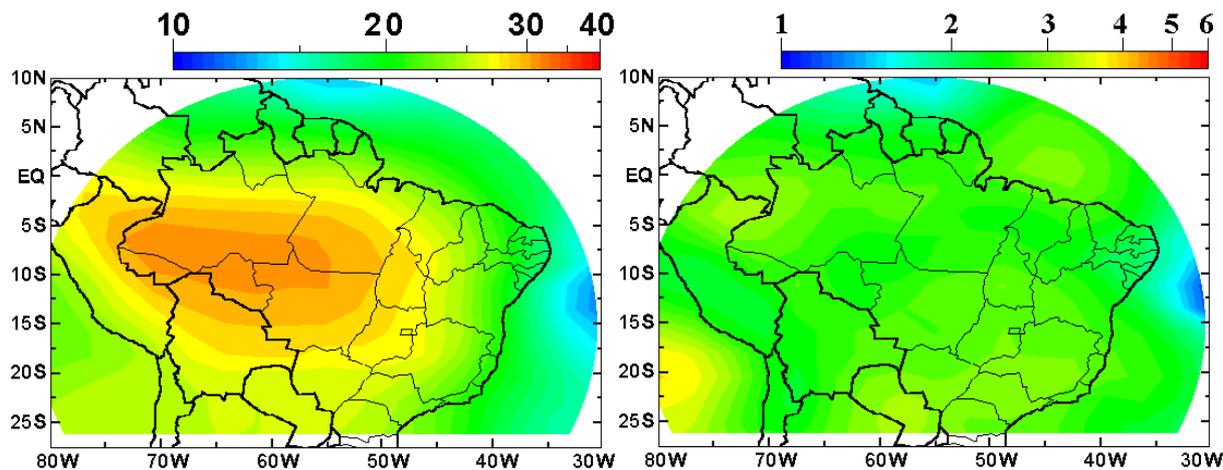


Figura 5. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre DJF (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para DJF.

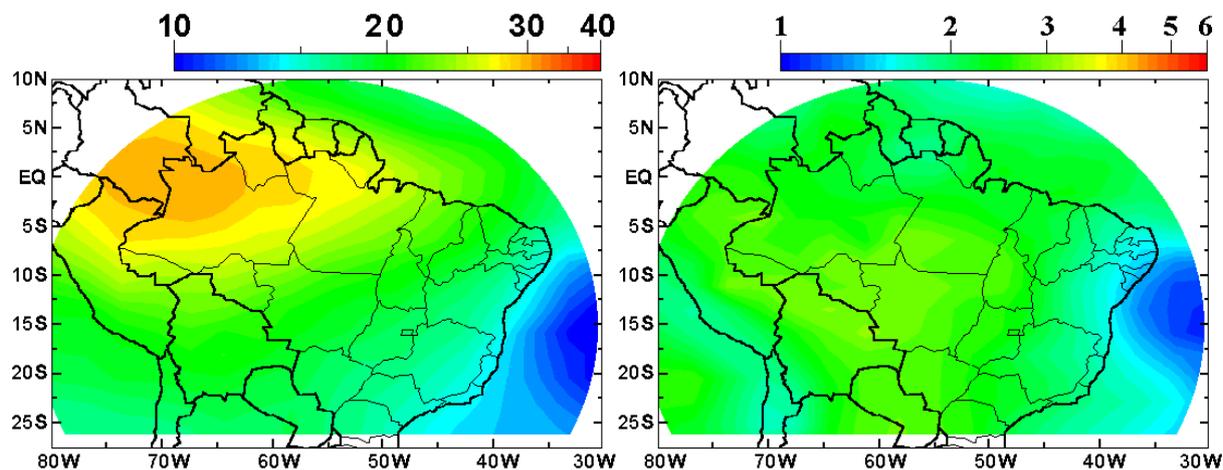


Figura 6. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre MAM (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para MAM.

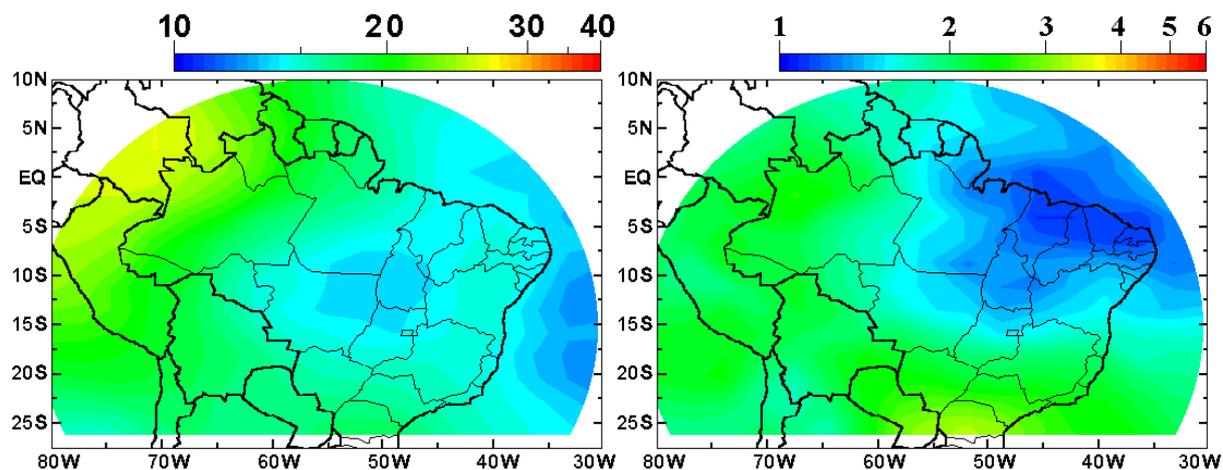


Figura 7. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre JJA (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para JJA.

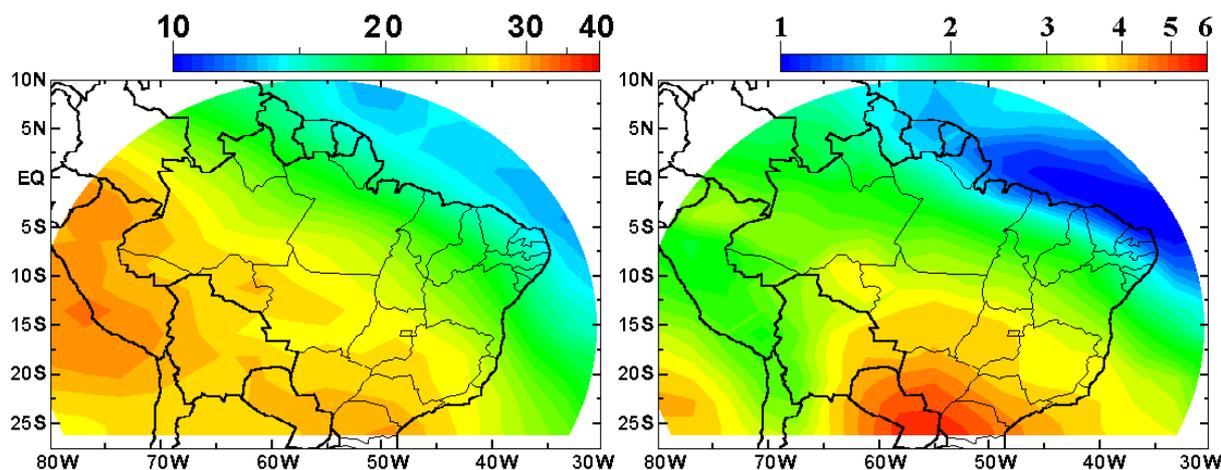


Figura 8. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre SON (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para SON.

4. Anomalia relativa para 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.

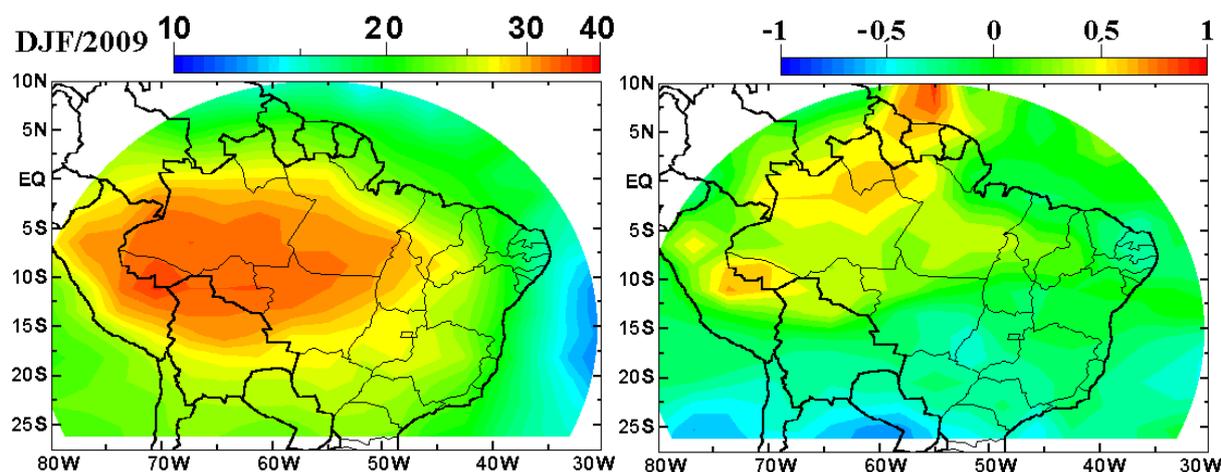


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre DJF-2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

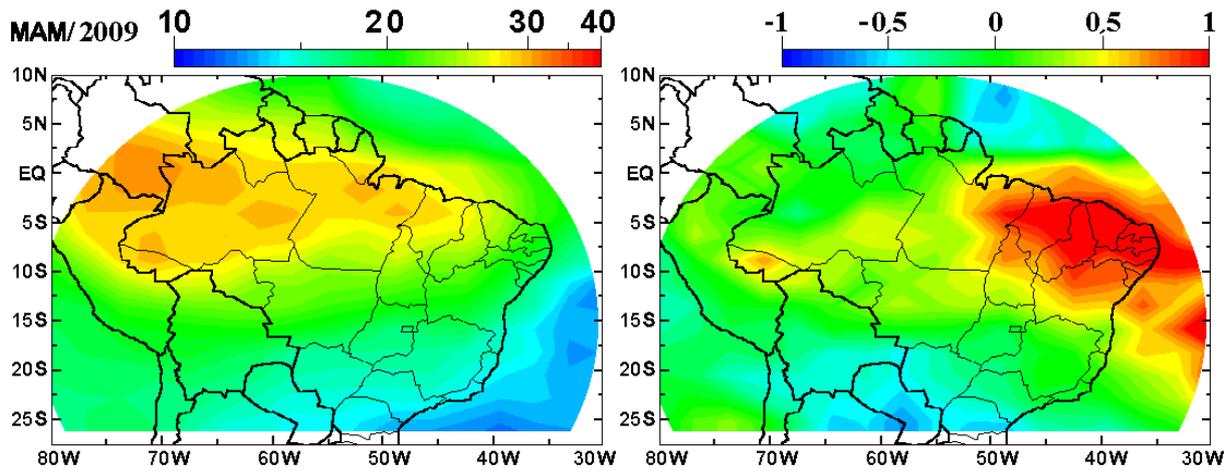


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre MAM-2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decadal.

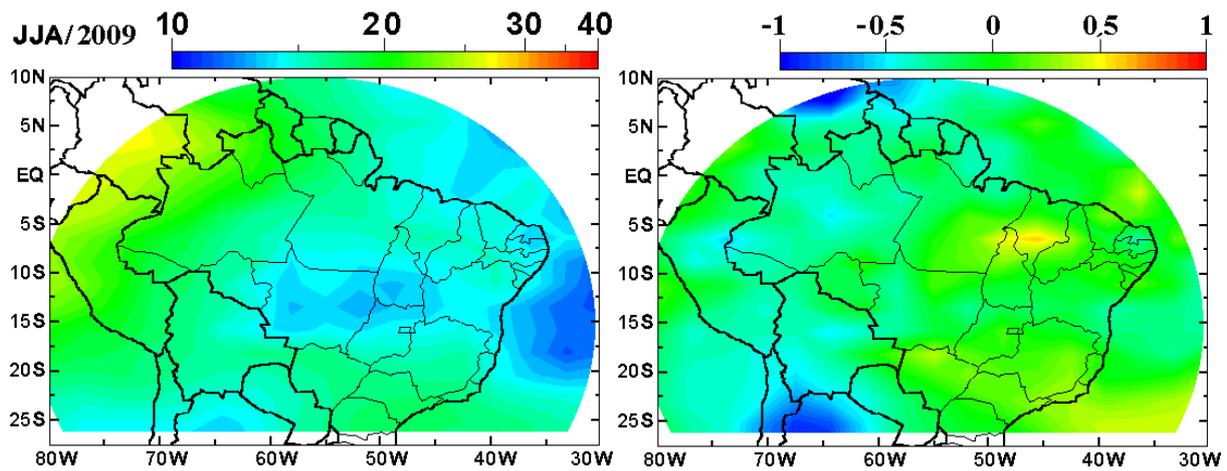


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre JJA-2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decadal.

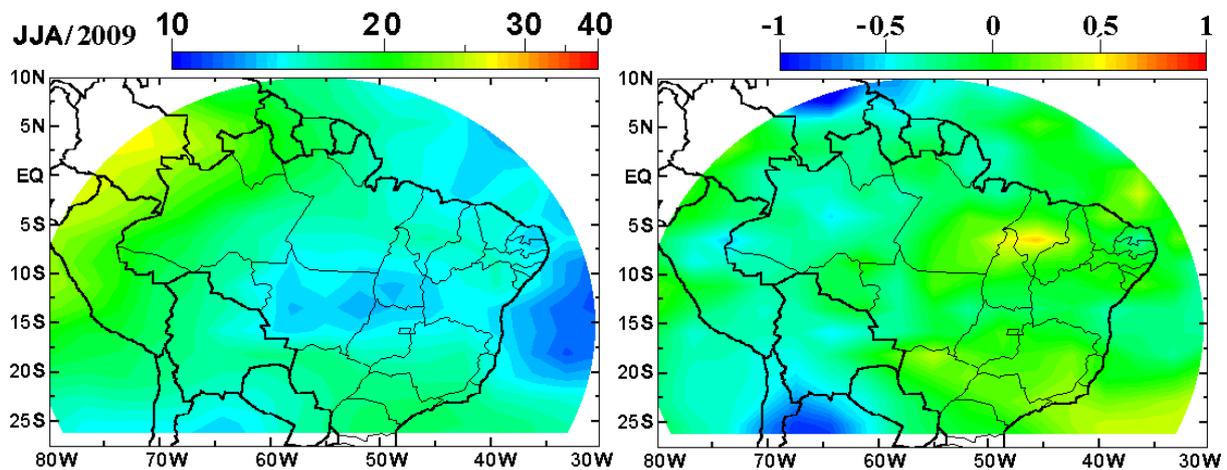


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre SON-2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decadal.

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. Portanto, o albedo é um excelente monitor do clima.

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.

6. Referências

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**, v. 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 satellite sensor and method for the direct measurement of the planetary albedo, results for the 1999, 2000 and 2001 in south america, **Atmospheric Research**, v. 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 nos **Anais** do 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, 2009, ISBN 978-85-63007-00-1, p. 249-265.

Veissid, N. Novo Algoritmo para mapas de variabilidade climática. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-30 abril de 2009, Natal-RN. **Anais.do Simpósio**. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1707-1713. DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo 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**, vol. 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 (CBENS), Belém-PA, 21-24 de Setembro de 2010, Trabalho Completo nos **Anais** 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**.

Veissid, N. Experimento Albedo do satélite SCD2 do INPE estabelece base de dados decenal para monitorar mudança climática global. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13-18 abril de 2013, Foz do Iguaçu-PR. **Anais.do Simpósio** p. 1707-1713 em DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.03>>.