

ESTUDO DA COBERTURA DE NUVENS NO SERTÃO CENTRAL DO CEARÁ, MEDIDO PELO SATÉLITE SCD2 DO INPE

Nelson Veissid – nelson.veissid@inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Sensores e Materiais, LABAS-COCTE-INPE

Resumo. O segundo satélite da Missão Espacial Completa Brasileira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais foi colocado em órbita em 23 de outubro de 1998 e leva a bordo um experimento de células solares produzidas no Brasil. O principal objetivo deste experimento é o de qualificar as células em missão. Ele atua como um sensor de radiação e pode medir a radiação solar direta e a parte desta radiação que é refletida pelo planeta Terra. Portanto, como um subproduto, o experimento mede o albedo planetário e estatística realizada nos dados de albedo permite estudar padrões e tendências para diferentes áreas sobre a América do Sul. O sertão central do Ceará foi escolhido para este estudo porque é uma área de interesse para o Congresso. A região é um quadrado de 2° de lados em latitude e longitude centrado em 5° Sul e 39,5° Oeste. Nesta área, as curvas de tendências anuais e trimestrais e seus respectivos desvios padrão (variabilidade) mostram que os valores do albedo planetário estão com tendência em diminuir e, este fato, é mais intenso no trimestre referente aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. O trabalho, também, mostra o estudo da fração da cobertura de nuvens usando dados do albedo planetário, o qual apresenta diminuição em valor absoluto de 0,20% por ano.

Palavras-chave: Albedo Planetário, Cobertura de Nuvens, Satélite

1. INTRODUÇÃO

A fração da radiação solar que é refletida para o espaço exterior pelo sistema superfície e atmosfera é conhecida como albedo planetário. O valor do albedo depende da natureza ou qualidade da atmosfera e do tipo de superfície (solo, floresta ou oceano) e da cobertura de nuvens. Ação antropogênica no uso do solo, como, por exemplo, o processo de longo prazo de urbanização das cidades brasileiras, ou a conversão de florestas para a agropecuária na região amazônica desde 1970, resultou em modificações de propriedades da superfície, como por exemplo, o albedo (refletividade da superfície). No caso da Amazônia, em geral, substitui-se uma superfície mais escura (floresta), por superfícies mais brilhantes (e.g., plantações, estradas, construções, etc.), o que implica em uma maior fração da luz solar sendo refletida de volta ao espaço (Nobre *et al.*, 2012). Vários fenômenos naturais e antropogênicos (efeito estufa, inversão térmica, aerossóis, desmatamento, erupção vulcânica e outros) alteram o valor desta refletividade (Veissid, 2003, 2011 e 2012). Portanto, os valores do albedo planetário podem ser usados para monitorar mudança climática.

O Experimento Célula Solar do satélite Brasileiro SCD2/MECB atua como um sensor de radiação eletromagnética (350-1100 nm) e permite medir o albedo global sobre a América do Sul. Os dados 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 sinais do Experimento são transmitidos em tempo real pela telemetria do satélite e recebidos na estação receptora de Cuiabá, MT-Brasil (16° S, 56° W). A Fig. 1 lado esquerdo mostra as órbitas do satélite SCD2 dentro da visada desta estação no mês de novembro de 1998.

Distribuição estatística temporal do albedo sob uma determinada região, por exemplo, círculos ou quadrados em latitude e longitude, mostram comportamento Gaussiano para o logaritmo do albedo. Esta descoberta de que é o logaritmo do albedo que tem dispersão com distribuição Gaussiana foi relatado pela primeira vez por Veissid (2007) e usado em vários outros trabalhos (Veissid, 2009, 2010 e 2011). Portanto, a distribuição assim definida permite determinar o valor médio e o respectivo desvio padrão ou variabilidade como uma função ao longo dos dias do ano (Vuolo, 1996). Este comportamento permite monitorar variabilidade climática, pois variações deste padrão estatístico são indícios de mudanças climáticas (Veissid, 2002 e 2009). A Fig. 1 lado direito mostra o histograma de medidas realizadas sobre a cidade de São Paulo nos últimos cem dias dos anos de 1999, 2000 e 2001 (Veissid 2009 e 2010). Neste período o valor médio foi constante e, isto, permitiu estudar a dispersão em torno deste valor médio.

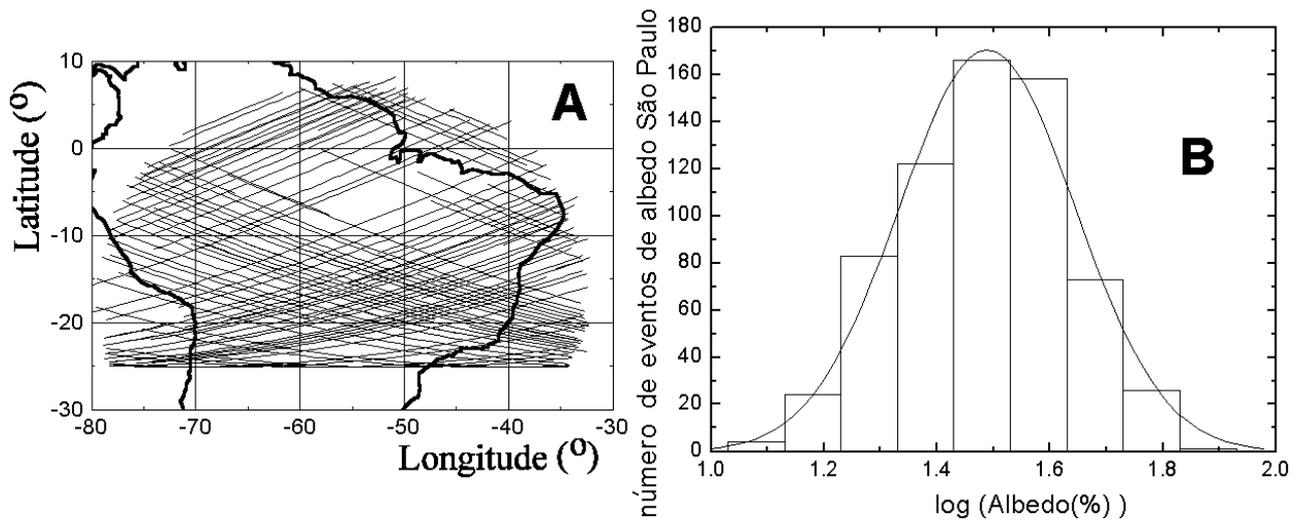


Figura 1 – Órbitas do satélite SCD2 no mês de novembro de 1999 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá-MT (A) e histograma do logaritmo do albedo sobre a cidade de São Paulo mostrando o comportamento Gaussiano (B).

Os pontos de telemetria do Experimento são amostrados a cada meio segundo pelo satélite, conforme padrão típico mostrado na Fig. 2A. Estes pontos submetidos a uma mudança de variável de tempo para ângulo de rotação mostram dois picos, ver Fig. 2B. 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 mostrados na Fig. 2A se transformam na curva da Fig. 2B. O albedo planetário é a razão ou quociente entre a altura dos dois picos da Fig. 2B após correções esféricas angulares (Veissid, 2000). A refletividade do planeta Terra é um parâmetro importante para muitas áreas de estudo, tais como sensoriamento remoto e climatologia, e é usado no cálculo do balanço energético da energia solar (Veissid, 2002 e 2009; Veissid *et. al.*, 2010).

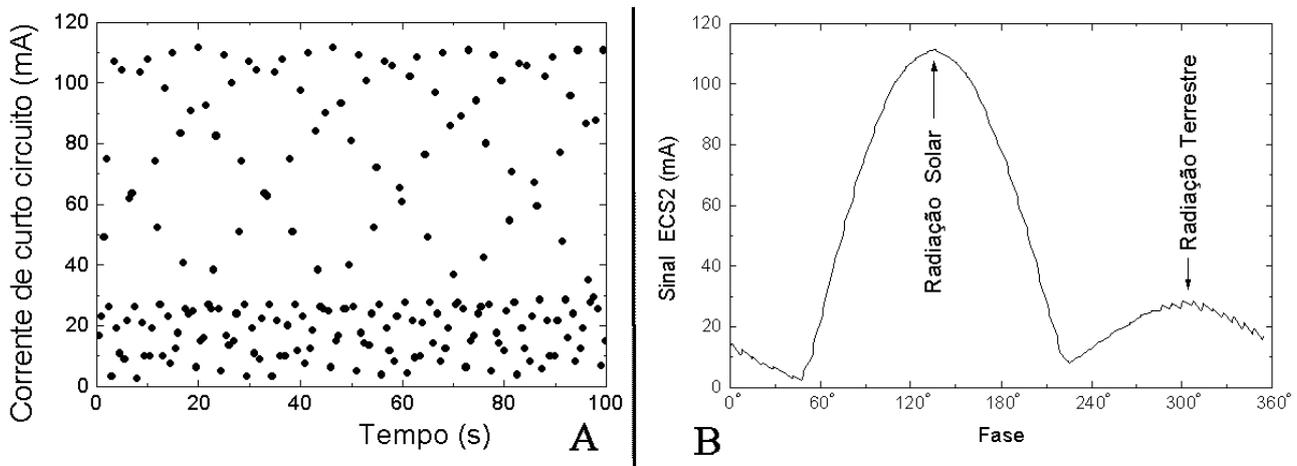


Figura 2 – Exemplo de sinal da telemetria do Experimento Albedo em função do tempo (A) e a curva destes sinais em função do ângulo de rotação do satélite (B).

A curva da Fig. 2B mostra que o Experimento percebe a radiação solar direta e a radiação refletida pela Terra de maneira simultânea. A rotação intrínseca do satélite é em média de 35 rpm e com eixo de rotação perpendicular ao plano da eclíptica da Terra. Desta forma, a face lateral do satélite está sempre voltada para o Sol ou para a Terra. A diferença de 180° entre os dois picos neste gráfico mostra que o satélite se encontra geometricamente alinhado entre a Terra e o Sol.

No trabalho do VI Congresso Brasileiro de Energia Solar (Veissid, 2016), o autor apresentou o estudo da cobertura de nuvens sobre a cidade de Belo Horizonte usando dados do albedo planetário medidos pelo satélite SCD2 do INPE. A Fig. 3 foi retirada do trabalho do VI CBENS e ela mostra um aumento na fração de cobertura de nuvens de 0,23% por ano em valores absolutos.

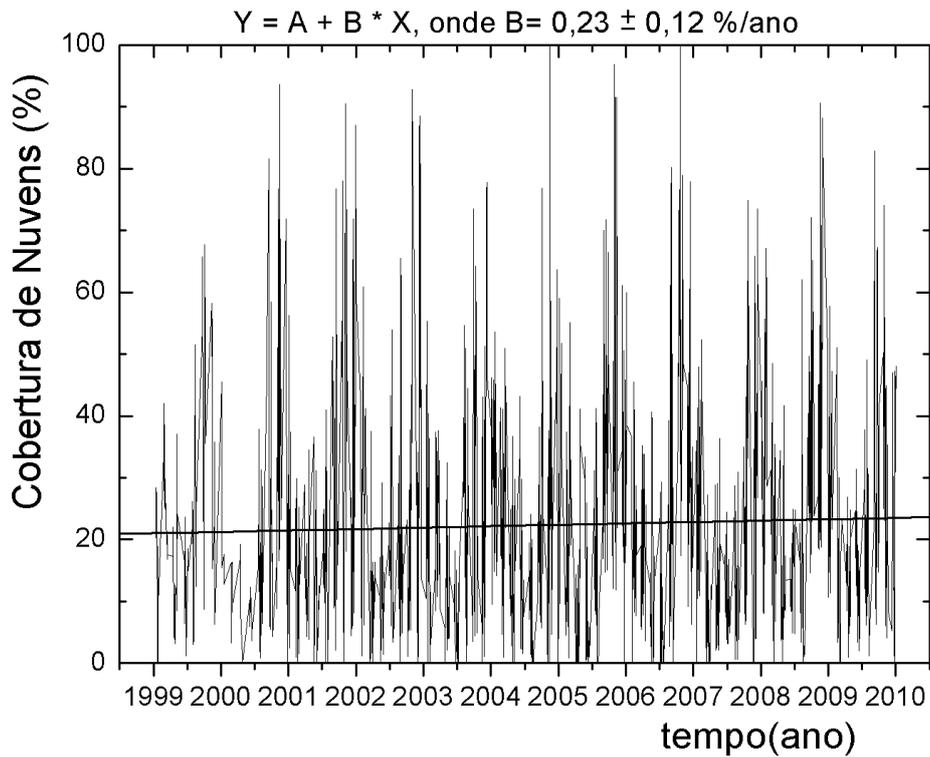


Figura 3 – Cobertura de nuvens sobre a cidade de Belo Horizonte no período de 1999 até 2009. Extraído do trabalho apresentado no VI CBENS (Veissid, 2016).

Neste trabalho é apresentado o estudo da cobertura de nuvens sobre o sertão central do Ceará, mais especificamente dentro do quadrado de 2° de lados centrado em 5° Sul e $39,5^\circ$ Oeste em latitude e longitude respectivamente. A Fig. 4 mostra a região em azul claro do sertão central do Ceará e o quadrado definido para o estudo deste trabalho. Nunes em seu trabalho no e-book “Os Impactos das Mudanças Climáticas no Nordeste Brasileiro” (Araújo *et al.*, 2016) destaca a redução da chuva e o aumento da desertificação no sertão nordestino. Estes dois fatos justificam a realização do estudo da fração de cobertura de nuvens no sertão central do Ceará, o qual é mostrado neste trabalho.

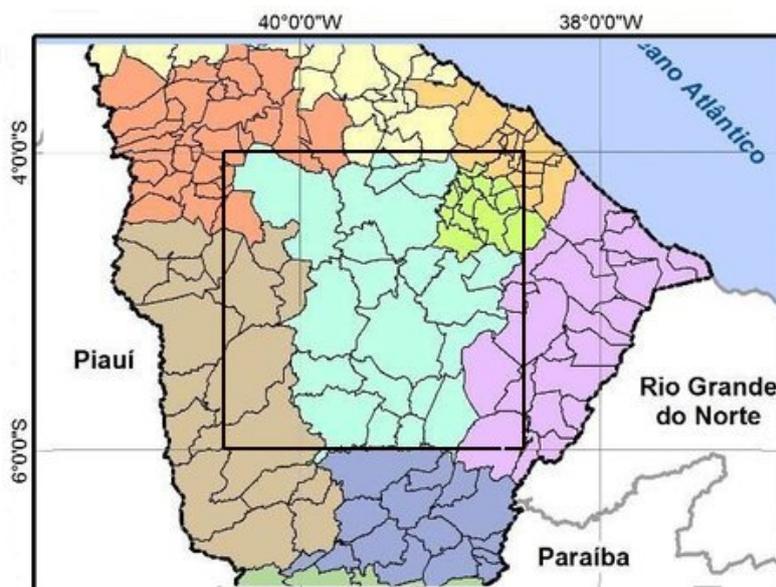


Figura 4 – Região em azul claro do Sertão Central do Ceará e o quadrado em latitude e longitude definido para o estudo de cobertura de nuvens deste trabalho.

2. MEDIDAS EXPERIMENTAIS

O satélite SCD2 cobre a visada mostrada na Fig. 1A, que é sobre a América do Sul. A região escolhida para o estudo deste trabalho corresponde a um quadrado em latitude e longitude com lados de 2° centrado em 5° de latitude sul e $39,5^\circ$ de longitude oeste, onde está localizado o Sertão Central do Ceará, ver Fig. 4. A partir de agora, no texto deste trabalho esta região é mencionada várias vezes como “Sertão Central”. Todos os dados medidos pelo Experimento sobre esta região são mostrados na Fig. 5 para o período de 12 anos (1999-2010). O lado esquerdo da Fig. 5 mostra os dados em escala linear de valores do albedo e o lado direito mostra os mesmos valores em escala logarítmica. A dispersão dos valores do logaritmo do albedo é simétrica em relação a reta média. Devido a esta simetria, a distribuição de frequência de ocorrência de valores de albedo segue uma curva Normal ou Gaussiana de maneira similar com a curva mostrada na Fig. 2B para a região da cidade de São Paulo. Portanto, toda estatística realizada nos dados do albedo planetário são realizados usando o logaritmo dos seus valores.

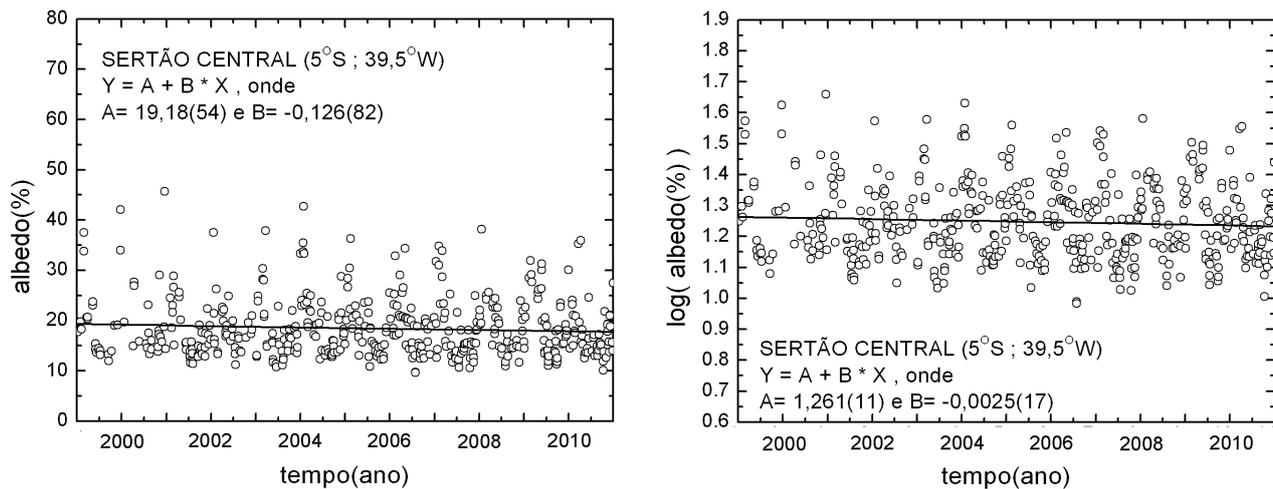


Figura 5 – Medidas do albedo planetário sobre a região do Sertão Central do Ceará.

A Fig. 5 mostra variação sazonal e, também, a reta média dos pontos experimentais. A reta obtida no ajuste tem uma inclinação negativa de $0,0025 \pm 0,0017 \log(\%)$ por ano, considerando o gráfico da direita na escala logarítmica. O gráfico da esquerda apresenta uma reta média que não é representativa porque a dispersão em torno desta reta média não é simétrica e, mesmo assim, esta reta média teve uma diminuição absoluta no albedo planetário de $0,126 \pm 0,082 \%$ por ano.

Cada ponto da Fig. 5 corresponde a uma medida de albedo feita quando o satélite SCD2 orbitava sobre a região do Sertão Central do Ceará. A distribuição destes pontos é significativa e representa a atividade do sistema superfície-atmosfera. Cobertura de nuvens e refletividade da superfície em céu claro faz os valores de albedo oscilar entre um valor máximo e um valor mínimo, respectivamente. Em função disto, a análise destes valores em função do tempo estabelece um padrão de comportamento e variações deste padrão permitem monitorar mudança climática (Veissid, 2015).

3. RESULTADOS

As medidas experimentais mostradas na Fig. 5 foram analisadas e os resultados são apresentados em quatro diferentes formas, que são: Períodos Trimestrais, Padrão de Cinco Anos, Valores Extremos e Fração de Cobertura de Nuvens.

3.1 Períodos Trimestrais

A Fig. 5 mostra que os dados de albedo têm variação sazonal e, portanto, foi escolhido fazer o estudo dos valores em partes trimestrais. Os valores foram separados nos trimestres de Janeiro de 1999 até Dezembro de 2010 e correspondem aos períodos trimestrais DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro). Os resultados são mostrados para cada trimestre separadamente na Fig. 6 e, também, mostra os valores dos coeficientes angulares das retas ajustadas.

O estudo das tendências para os trimestres DJF e SON mostra uma diminuição no valor absoluto do albedo planetário ao longo dos anos de 1999 até 2010. A taxa de diminuição foi de $0,0055 \pm 0,0034 \log(\%)/ano$ e de $0,0034 \pm 0,0022 \log(\%)/ano$, para DJF e SON respectivamente. Considerando uma variação regular, isto significa que em DJF(1999) o valor médio do albedo foi de 23,4% e que em DJF(2010) este valor foi de 20,0%. Para o trimestre SON(1999) o valor médio do albedo foi de 17,5% e em SON(2010) foi de 14,9%. Os doze anos de dados mostram que

a diminuição do valor absoluto de em torno 3% é muito significativo em todos os aspectos, principalmente, na análise de estabilidade climática. Nos outros trimestres MAM e JJA não houve inclinação apreciável na reta ajustada dos valores do albedo planetário, ver Fig. 6.

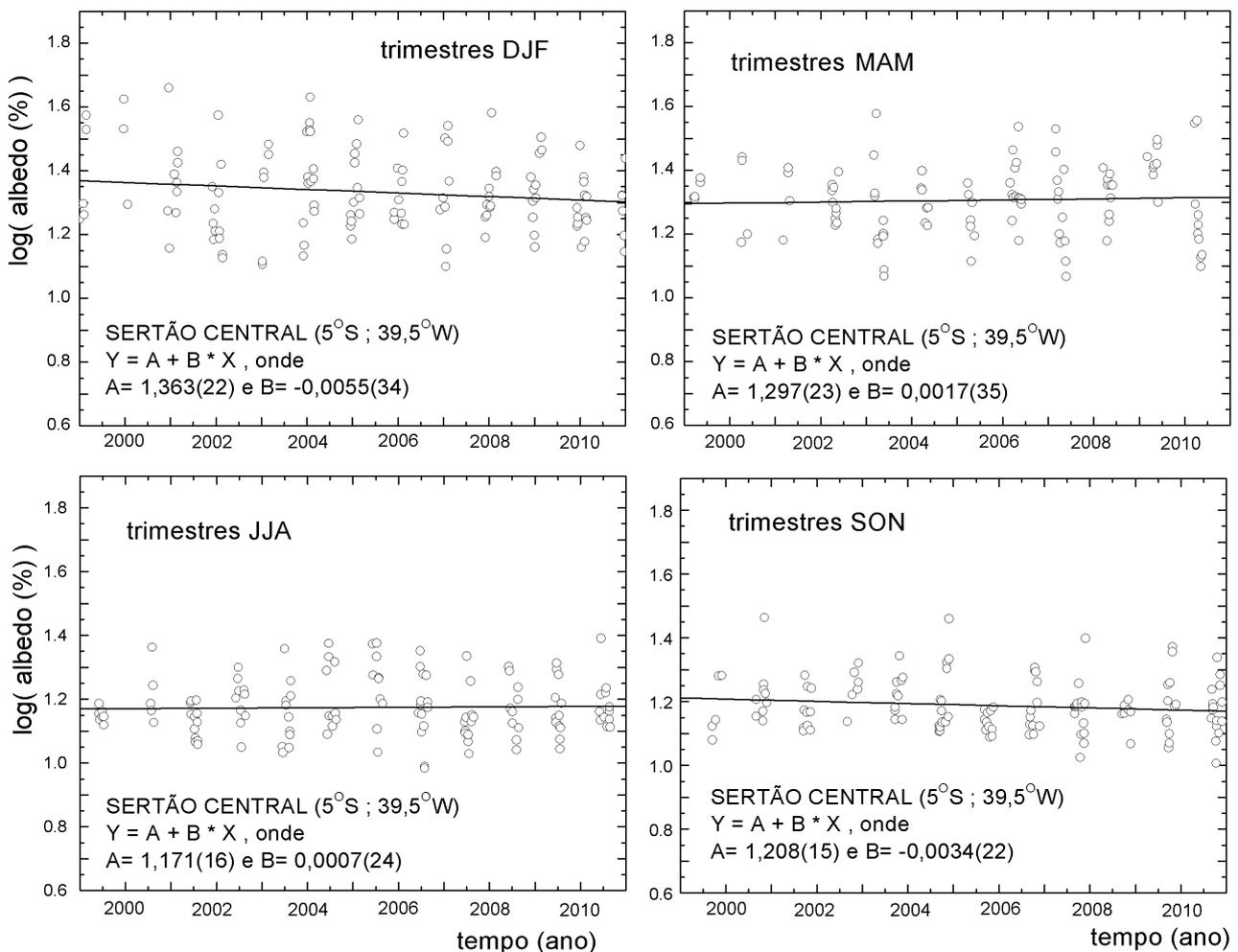


Figura 6 – Valores do albedo planetário da Fig. 3 separados por períodos trimestrais para o sertão central.

3.2 Padrão de Cinco Anos

A dispersão de valores pode ser analisada por comparação com algum padrão para estudar e entender as variações. O padrão escolhido neste trabalho foi um período de cinco anos (1999 até 2003). A dispersão do logaritmo do albedo planetário tem uma distribuição Gaussiana e, este fato, permite determinar valor médio e desvio padrão da variabilidade, conforme relatado na parte introdutória deste trabalho. No contexto de uma distribuição Normal ou Gaussiana, a frequência de repetição de eventos dentro de uma faixa de mais ou menos um desvio padrão de variabilidade em torno da média é de 68%. A Fig. 7A mostra as curvas calculadas da média mensal e a faixa limitada pela envoltória de um desvio padrão acima da média e um desvio padrão abaixo. No gráfico da Fig. 7A os valores de albedo dentro desta envoltória correspondem a 68% dos pontos e, logicamente, fora da envoltória estão os outros 32% dos pontos distribuídos simetricamente com 16% acima e 16% abaixo dos limites da envoltória. Os anos posteriores a este período de cinco anos devem repetir estas taxas de frequência de 68% e as taxas de 16% acima e 16% abaixo. No caso deste comportamento não se repetir nos anos seguintes ao período de cinco anos, considera-se que está ocorrendo mudança climática ou alguma variação temporal reversível.

A curva azul na Fig. 7A corresponde aos valores de albedo planetário mínimo com céu claro sem nuvens e será usado na seção 3.4 deste trabalho. Esta curva foi obtida a partir da curva media da envoltória menos 1,5 vezes o desvio padrão. O valor 1,5 foi adotado para nivelar os valores de albedo mínimo.

Os pontos de albedo dos anos de 2004, 2005 e 2006 são mostrados na Fig. 7B e mostram frequência dentro da envoltória de 74%, 64% e 63%, respectivamente. Os valores de albedo nos anos 2007 e 2008 são mostrados na Fig. 7C e mostram frequência dentro da envoltória de 55% e 74%, respectivamente. Os valores de albedo nos anos de 2009 e 2010 são mostrados na Fig. 7D e mostram frequência dentro da envoltória de 60% e 66%, respectivamente. A Fig. 7D mostra que o ano de 2010 foi o mais regular em relação ao padrão dos cinco anos da Fig. 5A do albedo planetário do Sertão Central.

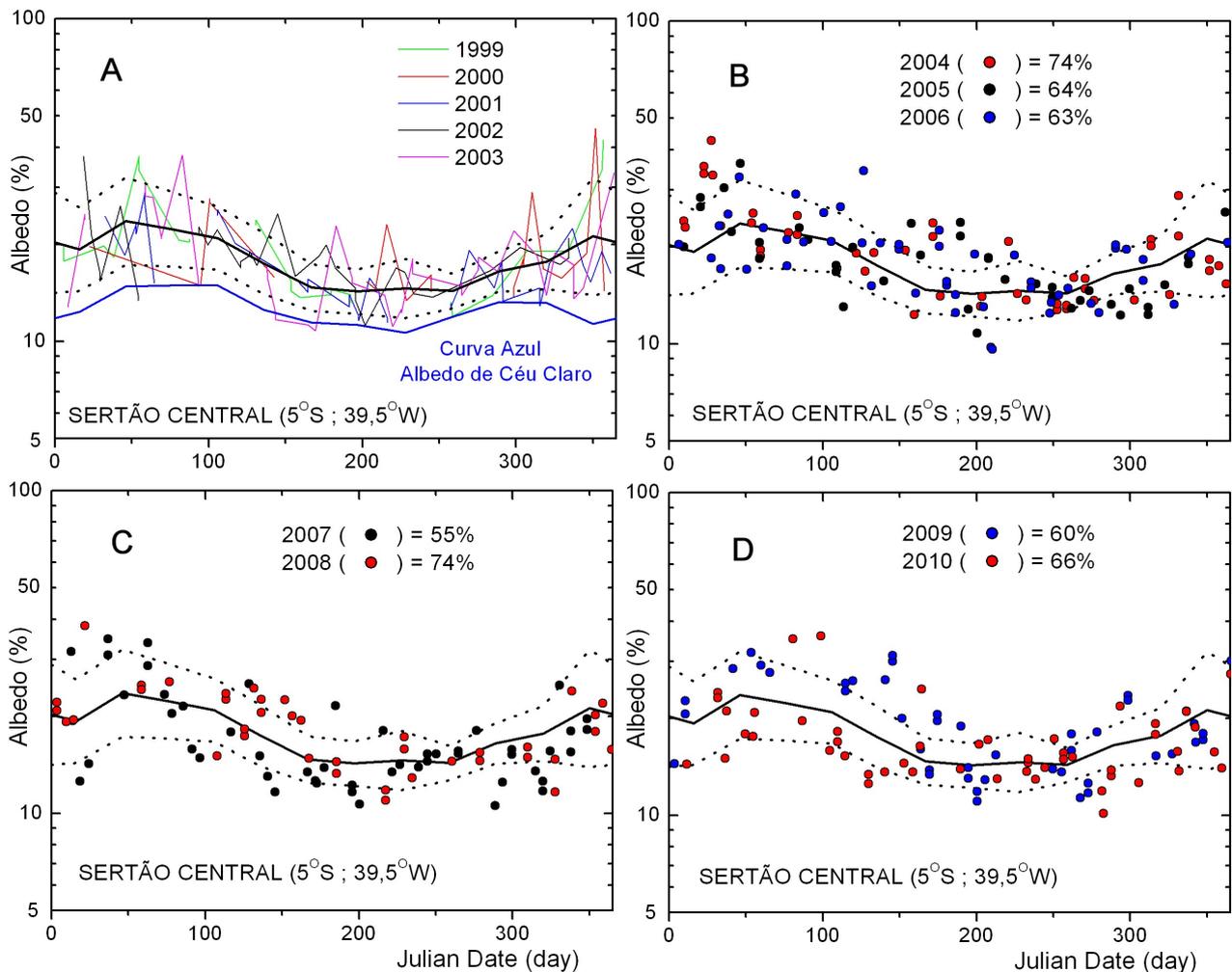


Figura 7 – Padrão de cinco anos (gráfico A), valores do albedo planetário de 2004, 2005 e 2006 (gráfico B), valores do albedo planetário de 2007 e 2008 (gráfico C) e valores do albedo planetário de 2009 e 2010 (gráfico D) sobre as curvas do padrão de cinco anos do gráfico A para a região do Sertão Central.

No caso da frequência de contagem de 68% (valor esperado) dos valores de albedo não se repetir significa que está ocorrendo uma mudança no clima. Por exemplo, se os valores de albedo acontecem com uma incidência maior do que a esperada na parte de cima do limite superior da envoltória indica um aumento na cobertura de nuvens. A Tab. 1 mostra este estudo de frequência feito nos pontos da Fig. 7.

Tabela 1 – Estudo da frequência de eventos dos pontos mostrados na Fig. 5.

ANO	Acima (%)	Abaixo (%)	Dentro (%)
Esperado	16	16	68
2004	19	7	74
2005	21	15	64
2006	22	15	63
2007	17	28	55
2008	15	11	74
2009	28	12	60
2010	12	22	66

A distribuição do albedo é Gaussiana e, em função disto, o nível de confiança é de 68% dentro da envoltória de mais ou menos um desvio padrão. O restante, 32%, fica distribuído simetricamente acima e abaixo da envoltória. Os valores esperados desta tabela são de 16% para segunda e terceira coluna e de 68% para a quarta coluna. O ano de 2009 foi que teve maior valor de frequência para parte acima da envoltória (28%). O ano de 2010 teve uma frequência bem abaixo de 16% na parte acima da envoltória. No entanto, os anos de 2004, 2008 e 2009 tiveram uma frequência bem abaixo 16% na parte abaixo da envoltória.

O ano de 2007 foi que teve menor valor de frequência para parte interna da envoltória (55%). Portanto, pode-se supor a existência de fenômenos climáticos que provocaram este fato, talvez forte períodos de tempo com baixa

umidade relativa do ar e que provocaram excesso de pontos na parte abaixo da envoltória (28%). Este fato merece ser confirmado por estudos realizados com outras técnicas.

O padrão (curva média e envoltória) mostrado na Fig. 7A é típico para as regiões do sertão nordestino. Regiões diferentes possuem padrões diferentes e mostram a característica climática de cada região (Veissid, 2013).

3.3 Valores Extremos

A região escolhida para o estudo deste trabalho apresentou ao longo dos doze anos de dados medidos valores de albedo oscilando em torno do valor médio de 19% de refletividade. Houve dispersão em torno deste valor médio e, portanto, é importante apresentar os casos extremos e porque eles aconteceram.

O maior valor de albedo no sertão central do Ceará foi registrado no dia 17 de dezembro de 2000 (45,7%) na hora local de 12 h 44'16''. Este episódio de alta cobertura de nuvens pode ser confirmado por outros métodos, ver Fig. 8.

Os dois menores valores de albedo no sertão central do Ceará foram registrados nos dias de 29 de julho de 2006 (9,6%) e, no dia anterior, 28 de julho de 2006 (9,8%), nas horas local de 9 h 2' 20'' e 9 h 49' 19'', respectivamente. Estes dois episódios de baixa refletividade, também, poderão ser confirmados por outros métodos. Uma análise meteorológica do local nas datas mencionadas acima poderá explicar estes valores extremos.

3.4 Fração de Cobertura de Nuvens

Trabalhos de Pereira *et al.* (2000) e Gonçalves de Souza *et al.* (2013) apresentam a Eq. (1) do coeficiente de cobertura efetiva de nuvens, onde L_r é o valor da irradiância visível medido por sistema óptico de um satélite para um determinado pixel, L_{clr} é este valor para condição de céu claro e L_{cld} é para condição de céu completamente nublado.

$$C_{eff} = \frac{L_r - L_{clr}}{L_{cld} - L_{clr}} \quad (1)$$

Neste trabalho é adotada a Eq. (2), em analogia com a Eq. (1), para o cálculo da cobertura de nuvens usando dados do albedo planetário visto pelo experimento do satélite SCD2. O valor A é o albedo medido em uma determinada região em latitude e longitude, A_{min} é o valor mínimo de albedo obtido na condição de céu claro e o A_{max} é o valor com céu totalmente coberto de nuvens. Os valores de A_{min} correspondem a curva azul do gráfico da Fig 7A e foi obtido dos valores das médias mensais menos 1,5 desvio padrão e o valor A_{max} foi estabelecido como sendo de 60%. A Fig. 8 mostra os valores da fração de cobertura de nuvens, obtido com o uso da Eq. 2, para os valores de albedo sobre o Sertão Central.

$$Cob = \frac{A - A_{min}}{A_{max} - A_{min}} \quad (2)$$

A Fig. 3 mostra o gráfico da fração de cobertura de nuvens sobre a cidade de Belo Horizonte – MG, que foi apresentado no VI CBENS (Veissid, 2016). Nesta figura é possível observar vários eventos com cobertura superior à 80% e, este fato, é uma situação rotineira na cidade onde o céu fica com muita frequência totalmente coberto por nuvens. No entanto, a Fig. 8 mostra que os maiores valores de cobertura raramente ultrapassaram o valor de 60% e pode-se ver que é um padrão bem diferente do da Fig. 3. Os valores da cobertura de nuvens sobre a cidade de Belo Horizonte estão com uma tendência de aumento 0,23% ao ano em valores absolutos e no Sertão Central os valores mostram uma diminuição de 0,20% ao ano.

A Fig. 8 é uma “prova” do alerta apresentado no relatório do IPCC (IPCC, 2019) onde é citado aumento na degradação do solo e na desertificação de regiões sujeitas cada vez menos a chuvas. Este relatório também alerta sobre o aumento em intensidade e frequência de comportamentos extremos do clima.

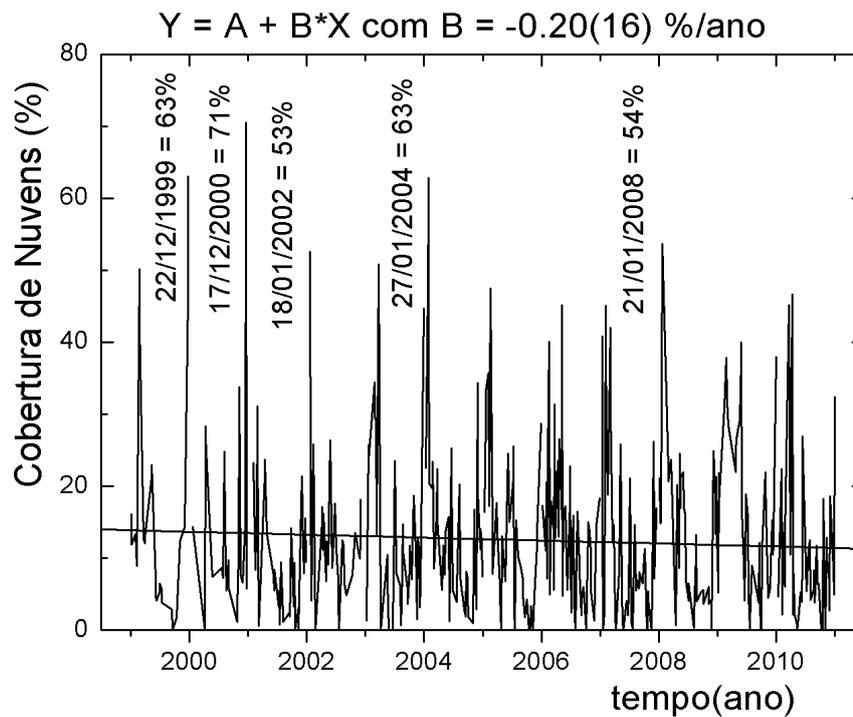


Figura 8 – Fração de Cobertura de Nuvens calculada usando dados da Fig. 3 e Eq. 2.

4. 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 à refletividade da energia solar pelo sistema atmosfera-superfície. Por exemplo, as nuvens produzem refletividade entre 60% e 80% e no oceano é menor do que 5%. Os continentes refletem entre 10% e 30%, dependendo do tipo de cobertura do solo. Portanto, o albedo é um excelente monitor da variabilidade climática e variações tendenciosas indicam mudança climática global ou regional. A metodologia empregada é isenta dos efeitos da degradação dos sensores (células solares) do Experimento, pois os dois sinais, da radiação solar e da radiação refletida, sofrem redução proporcional que é compensada pelo quociente no cálculo do albedo, ver Fig. 2. Fato análogo acontece, também, com o efeito da temperatura do satélite ou do experimento.

A região escolhida para o estudo deste trabalho corresponde a um quadrado com lados de 2° centrado em 5° de latitude sul e 39,5° de longitude oeste, ver Fig. 4. Esta região corresponde ao sertão central do Ceará. Os dados de albedo planetário sobre esta área são mostrados na Fig. 5 e, estes dados, foram analisados de duas formas distintas. Primeira, separados por períodos trimestrais e, a segunda forma, analisados por comparação com padrão gerado nos primeiros cinco anos de vida do satélite. Estes dois tipos de estudos mostraram que a refletividade está com tendência em diminuir nos trimestres que vão de setembro até fevereiro (DJF e SON) e ela tem magnitudes diferentes, nos diferentes trimestres analisados. Os trimestres de Dezembro, Janeiro e Fevereiro foram os que mostraram maior decréscimo. Esta diminuição, provavelmente, pode ser explicado por menor intensidade na cobertura de nuvens. Trabalhos complementares realizados com outras fontes de dados poderão confirmar este fato.

O estudo das frequências de incidência de eventos sobre a envoltória padrão produzida no período de cinco anos 1999-2003 mostrou resultados muito interessantes. Todos os anos, com exceção de 2007 e 2010, houve um aumento significativo da frequência dos valores acima da envoltória, ver Tab. 1. O ano mais atípico foi o de 2009 onde a frequência acima foi de 28% e abaixo da envoltória foi de 12%, o esperado para estes dois valores seria de 16%. Os anos de 2007 e 2009 tiveram uma diminuição de incidência de valores de albedo dentro da envoltória muito abaixo do valor esperado, mas a estabilidade ficou estabelecida nos anos seguintes de 2008 e 2010.

Os resultados deste trabalho sugerem que está ocorrendo de maneira significativa mudança climática na região do sertão central do Ceará e, esta mudança, está ocasionando pequena diminuição na cobertura de nuvens nos trimestres de SON e DJF. A Fig. 8 mostra a reta ajustada nos valores de fração de cobertura de nuvens. A inclinação desta reta apresenta uma diminuição em valor absoluto de 0,20% por ano na taxa de cobertura de nuvens. Este fato talvez seja decorrência do aquecimento global e pode ser confirmado por dados de estações radiométricas. A Fig. 3 mostra a fração de cobertura de nuvens para a região de Belo Horizonte – MG conforme apresentado no trabalho do VI CBENS (Veissid, 2016) e conforme mostrado neste trabalho as diferenças e tendências são grandes em relação aos dados da Fig. 8 relativos a este trabalho sobre a região do Sertão Central do Ceará.

Análises dos dados do Experimento em anos posteriores a 2011 irão permitir estabelecer de maneira segura se está ocorrendo mudanças climáticas na região sertão central do Ceará. A influência antropogênica poderá ser facilmente

detectada a partir do estudo dos dados, principalmente, devido ao fato que o satélite SCD2 continua operando e, provavelmente, irá ser operacional por mais uma dezena de anos ou mais, pois o controle de órbita e as condições do satélite SCD2 estão excelentes.

Agradecimentos

O autor agradece ao Centro de Rastreamento e Controle de Satélites do INPE pelo fornecimento dos dados telemetrizados do satélite SCD2. O autor disponibiliza, para instituições e pesquisadores interessados, os dados de albedo planetário para trabalho conjunto e, também, para trabalhos acadêmicos de mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS

- Araújo, A. R.; Belchior, G. P. N.; Viegas, T. E. S., 2016, Os Impactos das mudanças Climáticas no Nordeste Brasileiro, 1. Ed. – Fortaleza, CE: fundação Sintaf; São Paulo, SP.
- Gonçalves de Souza, J.; Macedo, A. S.; Martins, F. R.; Pereira, E. B., 2013. Metodologias de Estimativa de Cobertura de Nuvens e seus Resultados no Modelo BRASIL-SR, Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu-PR, p. 6207-6213.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change and Land, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Fullreport.pdf>.
- Nobre, C. A.; Reid, J.; Veiga, A. P. S., 2012. Fundamentos Científicos das Mudanças Climáticas, Rede Clima/INPE, São José dos Campos, 44 p.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Couto, P.; Stuhlmann, R.; Colle, S., 2000. Effects of Burning of Biomass on Satellite Estimations of Solar Irradiation in Brazil, Solar Energy, Vol. 68, n. 1, p. 91-107.
- Veissid, N.; Pereira, E. B., 2000. 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.
- Veissid, N., 2002. Variabilidade Climática Caracterizada pelo Desvio Padrão do Albedo Planetário. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia: A Meteorologia e a Gestão de Energia, Foz do Iguaçu-PR, Trabalho completo publicado nos Anais (CD-ROM), trabalho 2142-1.
- Veissid, N., 2003. New Developments in Using Solar Cells as Remote Sensors to Gauge Climate Change, Environmental Geosciences, Vol. 10(2), p. 47-57.
- Veissid, N., 2003. 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.
- Veissid, N., 2007. Distribuição Logarítmica Temporal do Albedo Planetário sobre a América do Sul no Monitoramento de Mudanças Climáticas Globais. III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul, São Paulo - SP, Resumo publicado no CD do Congresso, trabalho 13.pdf.
- Veissid, N., 2009. 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.
- Veissid, N., 2009. Novo Algoritmo para Mapas de Variabilidade Climática. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), Natal-RN. 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., 2010. 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, Trabalho Completo nos Anais do CD-ROM do Congresso, trabalho 69570 (11 páginas).
- Veissid, N.; Escobedo, J. F.; Galdino, M. A., 2010. 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.
- Veissid, N., 2011. Novo Algoritmo para Mapas de Variabilidade Climática. In: IV Conferência Regional sobre Mudanças Globais: O Plano Brasileiro para um Futuro Sustentável, São Paulo – SP, Pôster apresentado.
- Veissid, N., 2012. 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, Apresentação oral.
- Veissid, N., 2013. Mapas de Anomalia Climática Medidos pelo Experimento Albedo do Satélite SCD2 do INPE. In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Vitória – ES, Trabalho Completo nos Anais do CD-ROM do Congresso.
- Veissid, N., 2015. SCD2 Satellite from INPE Monitors the Planetary Reflectivity Over South America, Geografia, v. 40, p. 241-249.
- Veissid, N., 2016. Albedo Planetário e Cobertura de Nuvens, Sobre a Região de Belo Horizonte, Medido pelo Satélite SCD2 do INPE. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte - MG, Trabalho Completo nos Anais do CD-ROM do Congresso, trabalho 2710 (8 páginas).
- Vuolo, J. H., 1996. Fundamentos da Teoria de Erros, Editora: Blucher, São Paulo, 264p.

**CLOUD COVER STUDY ON CENTRAL SERTÃO OF CEARÁ,
MEASURED BY SCD2 SATELLITE OF INPE**

Abstract. *The second satellite of the Brazilian Complete Space Mission of the National Institute of Space Researches was launched on October 23, 1998 and carries on board an experiment of solar cells produced in Brazil. The main objective of Experiment is to qualify the cells in mission. It acts as a radiation sensor and it can measure the direct solar radiation and the portion of this radiation that the Earth planet reflects. Therefore, as a by-product, the experiment measures the planetary albedo and the statistical data allows establishing patterns and trends for different areas on South America. The region on Sertão Central of Ceará was chosen to this work because the local is important to the congress. The region corresponds to an square area in latitude and longitude with sides of 2° centered in 5° of south latitude and 39.5° of west longitude. In this region, the curves of quarterly or yearly and their respective average values and standard deviations (variability) shows that values of planetary albedo are tending to decrease, and this fact is stronger in the quarter for months of December, January and February. The work also shows the study of cloud cover fraction using planetary albedo data, which presents a decreasing in absolute value of 0.20% by year of atmospheric nebulosity.*

Key words: *Planetary Albedo, Cloud Cover, Satellite*