

Metodologias para aquisição e processamento de dados sobre cobertura de nuvens obtidas em superfície (Florianópolis SC)

Mariza Pereira de Souza Echer^{1,2}
Daniel Jean Roger Nordemann²
Enio Bueno Pereira³
Nivaor Rodolfo Rigozo^{1,2}

¹ Faculdade de Tecnologia Thereza Porto Marques (FAETEC), 12302-320 Jacareí,
São Paulo, Brazil
mariza@dge.inpe.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Divisão de Geofísica Espacial
{rodolfo, nordeman}@dge.inpe.br

³ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
Divisão de Meio Ambiente e Clima (DMA/CPTEC/INPE)
eniobp@cptec.inpe.br

Avenida dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja – São José dos Campos – São Paulo
Caixa Postal 515 CEP 12201-970

Abstract

This work describes the methodology for cloud cover assessment by using digital images collected at ground in Florianópolis (27° 28'S, 048° 29'W) by low-cost Charge Coupled Device (CCD) digital camera. The images were obtained with resolution of 600X600 pixels in the JPEG format (Joint Photographic Expert Group in the RGB (Red, Green, Blue) color system and then converted to the IHS (*Intensity, Hue, Saturation*) system before processing. The analysis employed the saturation (S) to infer the level of contamination of the pixels by clouds and thus to obtain the cloud fractions.

Key-words: Cloud observation, image processing, IHS system, weather, meteorological instrumentation, observação de nuvens, processamento de imagem, sistema IHS, clima, instrumentação meteorológica

1. Introdução

Dentre os componentes da atmosfera, a cobertura de nuvens é o principal agente nos processos de absorção e espalhamento da luz solar que incide sobre a Terra, seguida pelos gases e pelos aerossóis. Devido a isso, informações contínuas sobre a cobertura de nuvens são de grande importância e auxiliam na compreensão de várias questões ainda em aberto em diversas áreas das ciências atmosféricas e meio ambiente (Salby, 1995).

A Terra está envolta quase que permanentemente por uma cobertura de nuvens que pode chegar a 50% de sua área total, o que torna as nuvens uma componente atmosférica de grande relevância nos processos de absorção e espalhamento da radiação solar. Os fótons da radiação solar, em sua trajetória em direção à superfície terrestre, interagem com as partículas constituintes das nuvens, cuja constituição básica são os cristais de gelo e gotículas de água. A radiação solar na região visível (0,39-0,77 μ m) do espectro eletromagnético (*Short Wave - SW*) ao interagir com uma nuvem, penetra em seu interior. Parte da radiação consegue “atravessar” a nuvem enquanto outra parte é retida na nuvem ou refletida de volta ao espaço em decorrência dos sucessivos processos radiativos de espalhamento e absorção que ocorrem entre a radiação solar e os cristais e gotículas. A componente da radiação que é transmitida através da nuvem atinge à superfície terrestre, podendo ser percebida em dias nublados. A superfície da Terra absorve a radiação solar incidente e re-emite a radiação na faixa espectral do infravermelho (0,77- 1000 μ m, *Long Wave - LW*). As nuvens funcionam como agentes que aprisionam a radiação infravermelha que é emitida pela superfície e pela atmosfera, um efeito semelhante ao efeito estufa. O efeito combinado de retenção-reflexão-transmissão da radiação em toda a faixa do espectro eletromagnético (*SW-LW*) pelas nuvens é conhecido como forçante das nuvens (do Inglês: *cloud forcing*). Diversos estudos sobre esse efeito e suas implicações no clima foram publicados mostrando a importância do *cloud-forcing* para o planeta (Salby, 1995, Souza Echer et al, 2006 a).

O método usual para a realização do trabalho de mapeamento das nuvens no céu é através de sua inspeção visual realizada por técnicos na superfície terrestre. A observação da nebulosidade do céu é realizada visualmente como operação de rotina nos aeroportos e estações meteorológicas da rede meteorológica nacional (Schaefer e Day, 1981). O mapeamento das nuvens pode também ser realizado através do emprego da análise espacial/temporal das imagens de satélites meteorológicos (Ceballos e Botino, 2000). Os métodos atualmente existentes podem ser agrupados da seguinte forma: a) métodos que estabelecem valores limiares para a detecção de nuvens e avaliam *pixel a pixel* da imagem um ou mais canais espectrais fornecidos pelo satélite; b) técnicas e métodos que analisam as propriedades estatísticas das radiancias visível e/ou infravermelha em grupos de *pixels* ou em parte de imagens (Martins et al, 2003).

O presente trabalho apresenta a metodologia desenvolvida de baixo custo para coleta de imagens do céu (*all sky*) em superfície e a utilização da transformação *RGB* para o *IHS* aplicada a análise de imagens com o objetivo de extrair informações sobre a cobertura de nuvens (em percentuais). A validação da metodologia foi realizada na região de Florianópolis (latitude 27° 28'S, longitude 48° 29'O, altitude 15m) – SC.

2. Materiais e Métodos

Trabalhos desenvolvidos por Santos (1957), Holy e Mackey (1975) entre outros, mostram a persistência na busca de obter informações através de imagens de todo o céu (*all sky*), adquiridas com câmeras e lente grande angular do tipo “olho de peixe” e chapas fotográficas. Após a revelação das chapas fotográficas, a fração da cobertura de nuvem era realizada com o auxílio de uma grade para planificação das imagens e posterior mapeamento das nuvens. Shields et al.(1998), Feister et al. (2000) propuseram metodologias para determinação da cobertura de nuvens utilizando câmera digital e algoritmos que utilizam a razão entre o vermelho e o azul do sistema RGB de cores. Pelos esforços empregados por diversos grupos de pesquisas para obtenção da fração de cobertura de nuvens em superfície, percebe-se a importância desse tipo de informação para a comunidade científica internacional (Souza Echer et al, 2005).

Comercialmente ainda é extremamente restrito o mercado produtor de sistemas comerciais para a observação de nuvens na superfície terrestre. Entre os sistemas mais conhecidos existe um equipamento fabricado pela *Yankee Environmental System*, chamado *Total Sky Imager (TSI)* em duas versões (modelo 440 e modelo 880) para fornecer a cobertura de nuvens em superfície.

Souza Echer (2004) apresentou um sistema imageador de nuvens composto basicamente por uma câmera digital marca Pixera, modelo PCS20232, com sensor do tipo *Charge Coupled Device (CCD)* especificada para a faixa visível do espectro de radiação solar (0,39 a 0,77 μm), com uma lente (tipo *fisheye* FC-E8 da Nikon) grande angular com um campo de visão de 183°, dotada de um sistema de sombreamento da lente para evitar a incidência da radiação solar diretamente sobre o sistema óptico. O conjunto foi montado sobre uma plataforma de coleta de dados de radiação solar da rede *BSRN* em Florianópolis, SC.

A aquisição de imagens foi feita no sistema *RGB* de cores (*Red, Green,Blue*), sendo as imagens posteriormente transformadas para o espaço de atributos *IHS* - Intensidade (*Intensity*), Matiz (*Hue*) e Saturação (*Saturation*) (Gonzales e Woods, 1993). A principal característica desta metodologia está baseada na diferença existente entre os níveis de saturação do céu claro e das nuvens. As nuvens apresentam alta reflectância e tons pastéis, o que revela a mistura de vários comprimentos de onda da luz visível. Por outro lado, o céu apresenta uma alta saturação revelando um padrão menos variado de comprimentos de onda na sua composição – “uma cor mais pura” (Souza Echer et al, 2006 b).

O sistema imageador de baixo custo foi capaz de produzir dados de alta qualidade sobre a fração de cobertura de nuvens quando testado no sítio de observação junto a estação *Baseline Surface Radiation Network (BSRN)* da *World Meteorological Organization (WMO)* em Florianópolis (SC) no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC (Souza Echer, 2004). A Figura 1 apresenta a localização do sítio de observação e aquisição das imagens, a estação solarimétrica, o sistema de aquisição de imagens e exemplos de imagens adquiridas com o sistema. A estação solarimétrica é administrada pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLAR/UFSC). Os dados de radiação solar foram utilizados como parâmetros de avaliação para as informações geradas pelo sistema de aquisição de imagens.

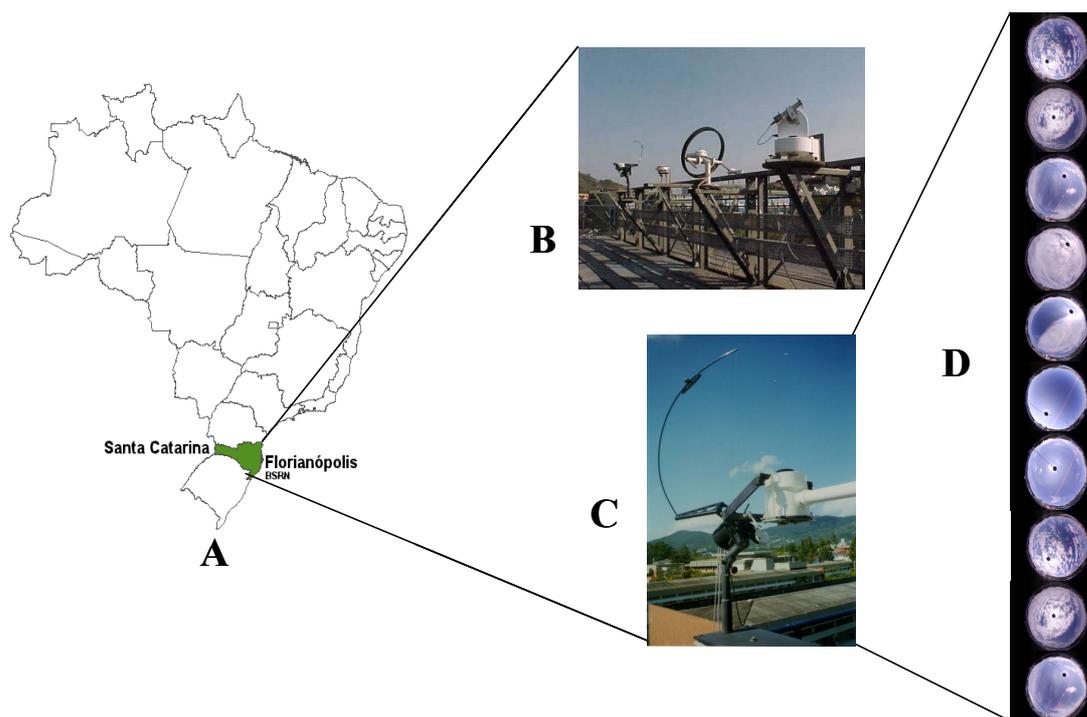


Figura 1 (A) Em verde Santa Catarina e o sitio de aquisição de imagens e dados de radiação solar; (B) Estação solarimetrica BSRN ; (C) Sistema de aquisição de imagens (*all sky*); (D) exemplos de imagens obtidas.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de operação do sistema imageador, com os passos utilizados para captura de imagens. Os passos 1 e 2 executam a rotina para ativar a câmera e capturar imagem. O passo 3 consiste na transformação das imagens de *RGB* para *IHS*, o passo 4 é a realização da classificação dos *pixels* contaminados por nuvens, utilizando a informação da saturação para realização da classificação das imagens. Foi desenvolvido em C++ um programa para realizar a classificação supervisionada *pixel a pixel*, baseando-se na diferença existente entre os níveis de saturação do céu claro e das nuvens. Desta forma, um *pixel* é classificado como pertencente a uma determinada classe se os valores de saturação estiverem dentro de intervalos definidos pelos limiares inferior e superior de cada classe (Souza Echer et al, 2006). Para definição dos limiares para as classes foram empregados os valores da média (μ) e desvio padrão (σ) para cada classe. Foi empregado o nível de confiança de $3(\sigma)$ para a classificação dos *pixels*. É possível observar uma imagem coletada em *RGB* e o mapa de cores, gerados através da resposta do programa, com a imagem classificada (ao lado direito, parte inferior). Em azul encontra-se a representação para céu claro, em cinza os *pixels* contaminados por nuvens, em amarelo são as regiões na imagem que o algoritmo classificou como indeterminados (*pixels* que não foram associados às classes definidas). O mapa de cores pode ser gerado ao final da classificação, utilizando a imagem classificada que possui o mesmo tamanho da imagem inicial coletada em *RGB*; uma matriz de 640×640 . Todos os valores de *pixels* indeterminados vêm a servir para avaliar o quanto a classificação pode ser melhorada. Com isso poderemos usá-lo como indicador da discrepância entre a estimativa visual e o resultado do programa. O passo 5 consiste em arquivar em um banco de dados as imagens classificadas.

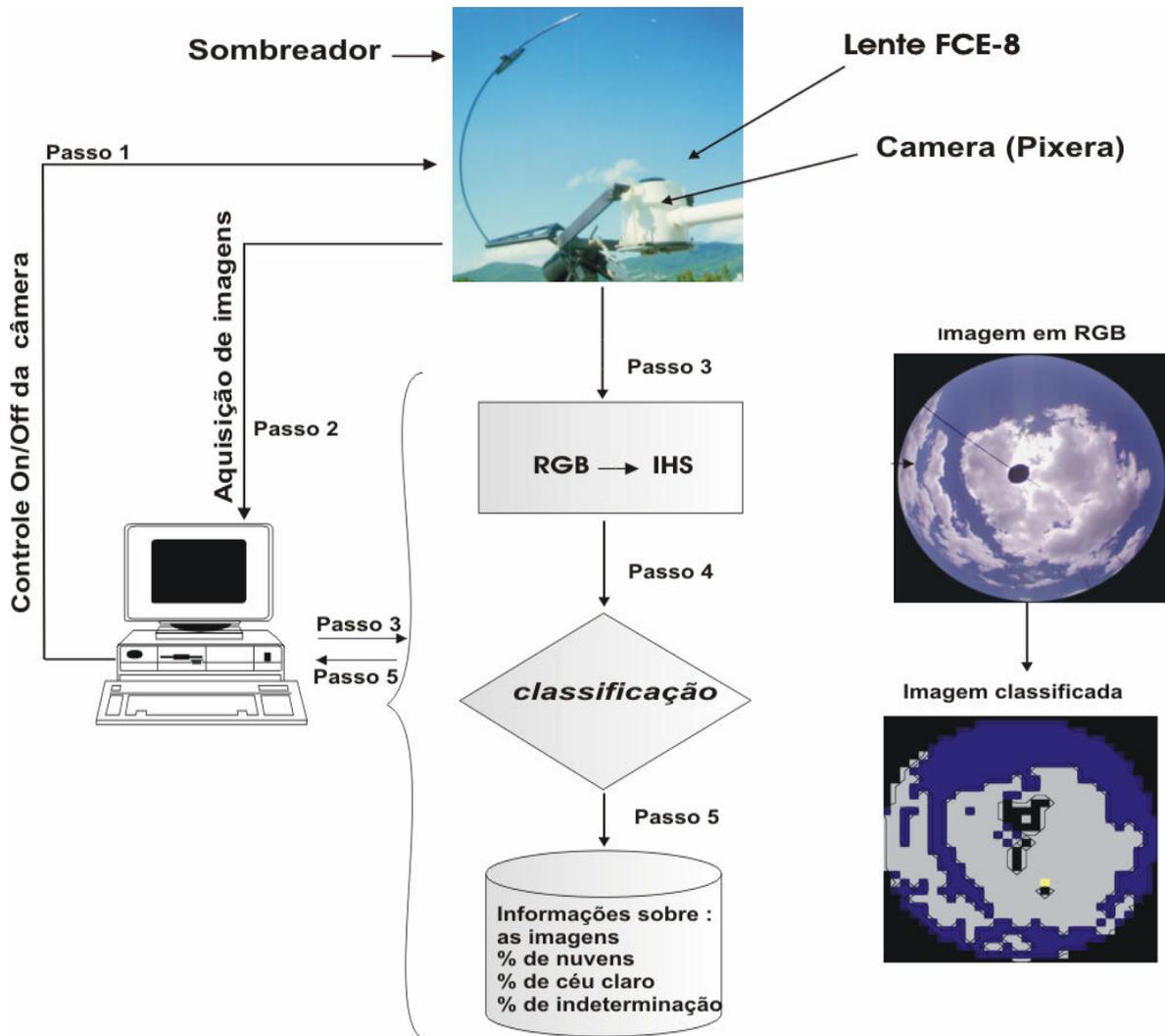


Figura 2 Fluxograma de Operação do Sistema Mapeamento automático da Fração de Cobertura de Nuvens (Souza Echer et al, 2005).

3. Resultados e discussão

Dos constituintes atmosféricos as nuvens são os agentes que apresentam maior variabilidade no tempo e no espaço, possuindo ainda a capacidade de modular a energia radiante do Sol, o que pode ser constatado na Figura 3. Elas interagem com a radiação solar tanto na faixa espectral do visível, quanto no infravermelho, por isso desempenham um papel de grande importância dentro do balanço radiativo do planeta.

A Figura 3 apresenta dois gráficos para os dias 4, 5 e 6 de outubro de 2002. O primeiro gráfico mostra as curvas da radiação solar global, difusa e direta horizontal¹. O segundo gráfico

¹ A radiação direta medida, é obtida numa superfície normal ao feixe solar e deve ser corrigida pelo co-seno do ângulo solar zenital para determinar-se a radiação direta sobre uma superfície horizontal. Desta forma radiação global = (radiação difusa+ radiação direta horizontal)

apresenta a fração de cobertura de nuvens para os mesmos dias obtidos com o imageador em superfície.

É possível visualizar três cenários típicos de condições de céu: céu claro, céu totalmente encoberto e céu parcialmente encoberto. O dia 4 de outubro representa um dia típico de céu claro. O dia 5 de outubro representa um cenário com o céu totalmente encoberto por nuvens. O dia 6 de outubro representa um cenário de céu parcialmente encoberto. Neste ultimo caso a evolução da radiação solar pode ser acompanhada para o período do dia em que o céu esteve encoberto e para a segunda metade do dia em que a nebulosidade cede espaço ao céu claro. A feição da diminuição da nebulosidade dando lugar a céu claro fica bastante evidente no exemplo para fração de nuvens do dia 6 de outubro de 2002.

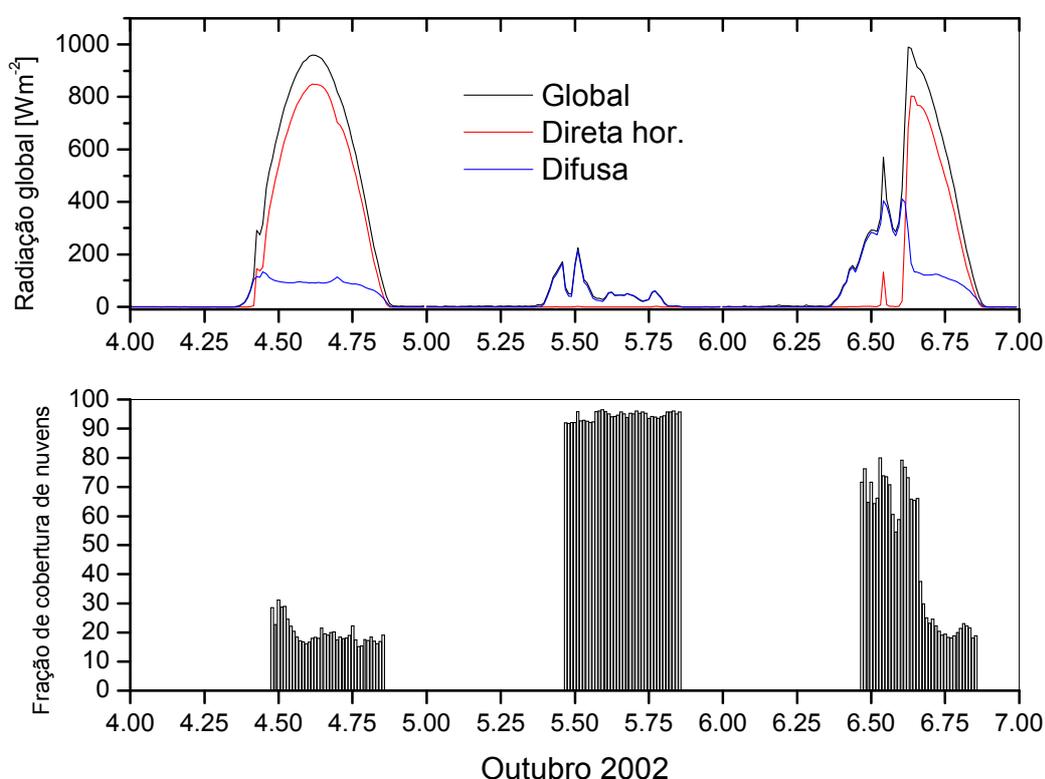


Figura 3 - Gráfico superior apresenta a radiação global, difusa e direta para os dias 4, 5 e 6 de Outubro de 2002. Gráfico inferior apresenta fração da cobertura de nuvens para o mesmo período.

A metodologia simples e de baixo custo do sistema de aquisição de imagens mostrou-se eficiente na tarefa de aquisição das imagens (*all sky*). A utilização da saturação como parâmetros para classificação dos *pixels* representantes de céu claro e céu contaminado por nuvens apresentam boa concordância quando comparado a inspeção visual realizada por técnicos treinados em reconhecimento de nuvens (Souza Echer et al, 2006).

As metodologias de aquisição e processamento digital das imagens mostram grande potencial para solucionar a carência da tecnologia de campo para sensoriamento remoto da cobertura de nuvens em superfície. Alguns setores que podem ser beneficiados com a aplicação das metodologias de aquisição e processamento digital das imagens são: a meteorologia observacional, visto que é ainda feita a olho nu; o transporte aéreo, as informações precisas sobre a cobertura e teto de nuvens sobre o local de aterrissagem e pouso são importantes para a segurança do vôo; área científica, onde uma tecnologia automática poderá contribuir para padronização dos dados sobre a cobertura efetiva de nuvens, beneficiando áreas como a climatologia e a geofísica espacial; para regiões de alta latitude, como na região Antártica, serve como “**verdade terrestre**” para validação dos dados de satélites que geram informações relevantes para estudo sobre o clima. É nessa região que ocorrem as maiores dificuldades para os atuais algoritmos de monitoração da extensão do gelo marinho, pela semelhança entre as respostas espectrais das nuvens e das superfícies glaciadas na região do visível do espectro da radiação solar (Gurney et al., 1995).

4. Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP (2006/467-2), ao CNPq (PQ 300992 /2003-3 e APQ 474185/2003-6).

Referências

- Ceballos, J. C.; Bottino, M. J. **Improved solar radiation assessment by satellite using cloud classification**, In: **IRS 2000: Currents problems in atmospheric radiation**. A. Deepak Publishing, p .60-63.
- Feister, U., Shields, J., Karr, M., Johnson, R., Dehne, K., and Woldt, M.,” **Ground-Based Cloud Images and Sky Radiances in the Visible and Near Infrared Region from Whole Sky Imager Measurements**”, Proceedings *Climate Monitoring – Satellite Application Facility Training Workshop*, DWD, EUMETSAT and WMO, 2000. <http://www.mpl.ucsd.edu/people/jshields/publications/publications.htm>
- Gonzalez, R.C. Woods, R.E. **Digital image processing**. Massachusetts:Addison-Wesley,1992. 509p.
- Gurney,R.J.; Foster; J.L.; Parkinson; C.L. **Atlas of satellite observations related to global change**. New York: Cambridge University Press, 1995. p 457
- Holle, R. L. MacKay, S. Tropical Cloudiness from All-Sky Cameras on Brabados and Adjacent Atltic Ocean. **Journal of Applied Meteorology**. v.14 , p. 1437-1450, 1975
- Martins, F. R.; Souza, M. P.; Pereira, E. B. Comparative study of satellite and ground techniques for cloud cover determination . **Advances in Space Research**. v. 32/11, p. 2275-2280, 2003.
- Salby, M. L. **Fundamentals of Atmospheric Physics**. USA: New York. 1995 , 624p.
- Santos, J. M. **Contribuição aos estudos de albedo**. 1957. 47p. Tese (Doutorado em Agro-meteorologia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1957. Comunicação pessoal.
- Souza Echer, M.P.. **Desenvolvimento de um Sistema de Mapeamento Automático da Fração de Cobertura de Nuvens**. São José dos Campos: INPE, 2004. (Tese de doutorado em Geofísica Espacial).
- Souza Echer, M.P; Pereira, E.B.; Bins, L. S.; Andrade, M. A.R.. Simple Method for the Assessment of the Cloud Cover State in High Latitude Regions by a Ground Based Digital Camera. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 23, p. 437-447, 2006.
- Souza Echer, M.P; Pereira, E. B.; Mantelli Neto, S. L; Pereira, T.; Souza, .R. V G; Colle, S.. Desenvolvimento de um Sistema de Superfície para Mapeamento Automático da Fração de Cobertura de Nuvens. **Revista de Física Aplicada e Instrumentação**, v. 18, n. 1, p. 10-18, 2005.
- Shields, J.E.; Karr, M.E.; Tooman, T.P.; Sowle, D.H.; Moore, T.S. **The Whole Sky Image- A year of progress**, 1988. http://www.arm.gov/docs/documents/technical/conf_9803/shields-98.pdf
- Schaefer, V.J.; Day, A.J. **A field guide to the atmosphere**. Boston: Printed in United States of America, 1981, 359p.