

## **ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE FOCOS DE QUEIMADA E ESPESSURA ÓTICA DE AEROSSÓIS**

**Mateus Augusto Rocha Andrade (Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Aluno da Universidade do Vale do Paraíba**

**Orientador: Dr. Enio Bueno Pereira, Pesquisador, DGE**

O modelo BRASIL-SR é um modelo físico que assume a existência de uma relação linear entre o fluxo de radiação solar ascendente e o fluxo de radiação solar incidente na superfície. Desta forma o estudo das propriedades óticas da atmosfera é de fundamental importância para a implementação e validação deste modelo.

Dentre as diversas propriedades óticas da atmosfera, destacamos os aerossóis, que são pequenas partículas presentes na atmosfera que possuem a propriedade de absorver e espalhar a radiação solar. Durante os testes com o modelo, foi constatado que na região centro-norte do Brasil, durante a época de queimadas ocorreram grandes diferenças entre os dados de superfície e o que foi estimado pelo modelo. Isto ocorreu devido a grande quantidade de aerossóis de queimada, presentes durante a época de queimadas na região centro-norte do Brasil.

Desta forma foi necessário desenvolver um método para estimar a quantidade de aerossóis presente na atmosfera. Este método consiste em determinar uma correlação entre dados obtidos por sensoriamento remoto (número de focos de queimada observados por satélite) e as propriedades óticas dos aerossóis medidos em superfície.

Em estudos anteriores verificou-se que dados de número de focos de queimada obtidos com uso de satélites orbitais apresentavam boa correlação com a concentração de aerossóis medidos durante eventos de queimada. No entanto, a quantidade de dados disponíveis das propriedades de aerossóis não eram suficientes para estabelecer uma relação confiável entre o número de focos e a concentração de aerossóis. Os experimentos realizados a bordo de aeronaves durante as missões TRACE-A e SCAR-B indicaram a possibilidade de correlação entre concentração de partículas e gases traços com o número de focos na região circunvizinha, mas não dispunham de uma quantidade suficiente para estabelecer a correlação.

Com a finalidade de evitar trabalhar com uma base reduzida de dados, optou-se por utilizar os dados de focos de queimada obtidos pela técnica desenvolvida por Prinz e Menzel (1998) e a base de dados da espessura ótica de aerossóis obtidos pela rede de fotômetros solares AERONET.

Foi escolhido trabalhar com os dados do satélite GOES-8 por ele ser um satélite estacionário, permitindo assim o acompanhamento da evolução do número de focos de queimada durante o dia (imagens fornecidas em períodos de 3 horas), evitando se assim trabalhar com valores instantâneos que poderiam causar erros.

A base de dados de fotômetros solares AERONET fornece dados para o ano de 1995 em diversas localidades do cerrado e região amazônica brasileira, permitindo que uma maior quantidade de dados disponíveis para o estudo de correlação entre as propriedades óticas e o número de focos de queimada.

Neste estudo avalia-se a correlação entre o número de focos de queimadas e a espessura ótica de aerossóis. Com os dados de número de focos de queimadas descritos acima e o valores de espessura ótica dos aerossóis iniciou-se o estudo estatístico para determinação da correlação entre as variáveis: número de focos totais e espessura ótica de aerossóis em 5 diferentes comprimentos de onda (1020, 870, 669, 500, 440, 380, 340  $\mu\text{m}$ ). Este estudo irá permitir determinar qual a melhor maneira de correlacionar estes dados e permitirá estimar com uma certa segurança a quantidade de aerossóis de queimada presentes na atmosfera, baseados nas queimadas detectadas por satélite.

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**

**São José dos Campos**

**1º Relatório Parcial PIBIC**



**Aluno: Mateus Augusto Rocha Andrade**

**Orientador: Dr. Enio Bueno Pereira**

## Relatório de Iniciação Científica

**Bolsista de Iniciação Científica :** Mateus Augusto Rocha Andrade

**Período :** Out/99 –Fev/2000

**Instituição de Vínculo da Bolsa:** INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**Pesquisador Responsável pelo Projeto:** Dr. Enio Bueno Pereira

### Atividades Acadêmicas:

Cursando atualmente o quinto ano do curso de Engenharia Civil, na Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), o curso está sendo realizado no período noturno. Permitindo assim que as atividades desenvolvidas no instituto, não interfiram em minhas obrigações escolares.

A seguir será mostrado a lista das disciplinas cursadas em 1999 e o aproveitamento em cada disciplina.

Arquitetura	7,5
Estradas e Transportes	9,9
Hidráulica	9,8
Instalações hidráulicas e sanitárias prediais	8
Mecânica dos Solos I	8,9
Projeto com auxílio de computador	7,9
Sistemas Estruturais I	7,5
Teoria das Estruturas II	9,1

Os cursos que estão sendo feitos neste período são:

Construção Civil I
Estruturas Metálicas e de Madeira
Gerenciamento na Construção Civil I
Hidrologia
Introdução a Economia
Mecânica dos Solos II
Saneamento Básico
Sistemas Estruturais II

### **Atividades de Pesquisa:**

As atividades desenvolvidas no instituto, durante o período de vigência da bolsa, visam desenvolver métodos para processar e analisar dados atmosféricos destinados a pesquisa científica.

Nesta etapa de vigência da bolsa, as atividades dividiram-se em dois grupos.

No primeiro grupo foram realizadas atividades ligadas a Radiação Solar concentrando-se no projeto do Modelo BRASIL-SR, onde está sendo feito um estudo que visa determinar Influência dos Aerossóis de Queimadas no norte do Brasil.

No outro grupo a outra atividade foi a compilação e a qualificação de dados de Radônio atmosférico coletados na Estação Antártica Comandante Ferraz e na cidade chilena de Punta Arenas. Esta atividade vem sendo desenvolvida desde 1997 e ocorre sempre no início de cada ano, onde são processados os dados do ano anterior. E tem como finalidade a atualização do banco de dados sobre medidas de Radônio Atmosférico.

## Atividades relacionadas ao modelo Brasil-SR:

### Introdução:

O modelo BRASIL-SR é um modelo físico que assume a existência de uma relação linear entre o fluxo de radiação solar ascendente e o fluxo de radiação solar incidente na superfície. O modelo considera a cobertura de nuvens como principal fator de influência sobre a transmitância atmosférica. As demais propriedades óticas da atmosfera são consideradas como fator secundário e são modeladas considerando seus valores climatológicos. O modelo determina a transmitância atmosférica para as condições de céu claro e céu completamente nublado. A estimativa da radiação incidente na superfície é obtida através do coeficiente de cobertura efetiva de nuvens. Atualmente, a cobertura efetiva de nuvens é determinada a partir das imagens do canal visível do satélite GOES-8.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do Modelo BRASIL-SR descrevendo todas as etapas para a obtenção de estimativas de radiação solar.

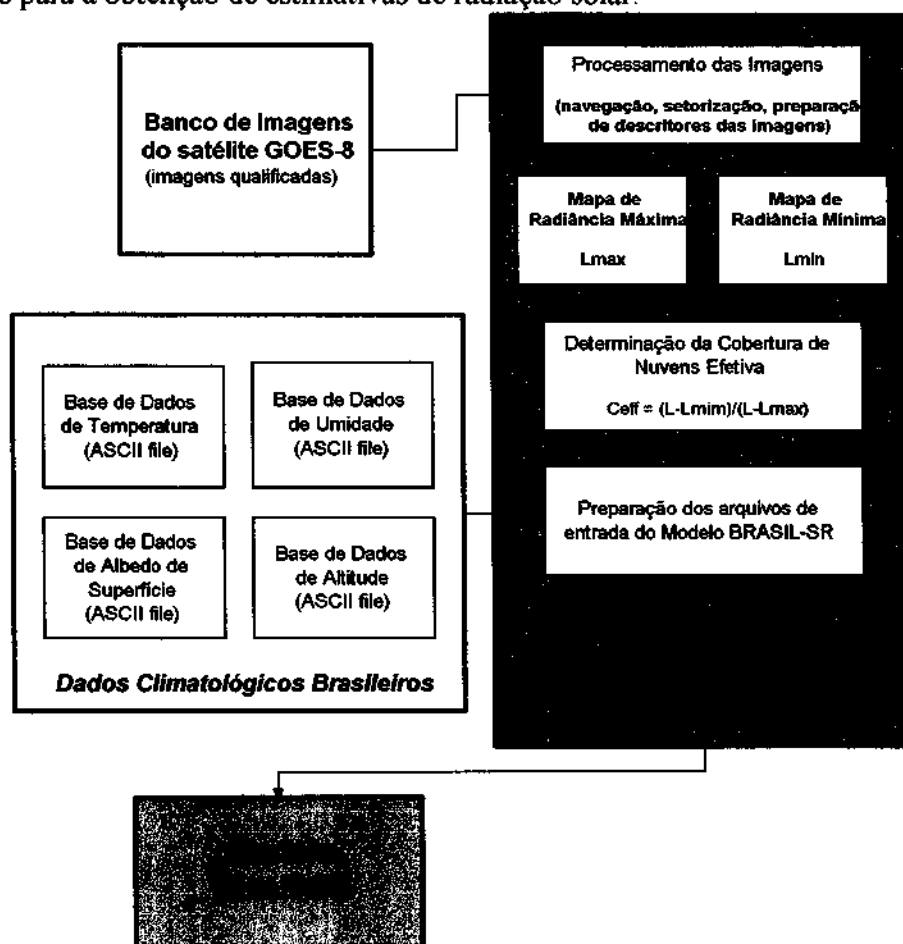


Figura 1 - Fluxograma do Modelo BRASIL-SR: manipulação de imagens do satélite GOES-8 e dados geográficos e atmosféricos.

## **Influência dos Aerossóis de Eventos de Queimada:**

As atividades com objetivo de determinar a influência dos aerossóis de queimada sobre a radiação solar estiveram focalizadas em determinar uma correlação entre dados obtidos por sensoriamento remoto (número de focos de queimada observados por satélite) e as propriedades óticas dos aerossóis medidos em superfície. Esta correlação permitirá que a parametrização dos aerossóis de queimada seja realizada de forma interativa tendo como parâmetro de entrada uma tabela com número de focos em cada região de dimensões a ser determinada no estudo de correlação.

Em estudos anteriores verificou-se que dados de número de focos de queimada obtidos com uso de satélites orbitais apresentavam boa correlação com a concentração de aerossóis medidos durante eventos de queimada. No entanto, a quantidade de dados disponíveis das propriedades de aerossóis não eram suficientes para estabelecer a uma relação confiável entre o número de focos e a concentração de aerossóis. Os experimentos realizados a bordo de aeronaves durante as missões TRACE-A e SCAR-B indicaram a possibilidade de correlação entre concentração de partículas e gases traços com o número de focos na região circunvizinha, mas não dispunham de uma quantidade suficiente para estabelecer a correlação.

Com a finalidade de evitar trabalhar com uma base reduzida de dados, optou-se por utilizar os dados de focos de queimada obtidos pela técnica desenvolvida por Prinz e Menzel (1998) e a base de dados da espessura ótica de aerossóis obtidos pela rede de fotômetros solares AERONET.

Os dados de focos de queimada obtidos pelo satélite GOES-8 apresentam algumas vantagens sobre os dados fornecido pelo satélite NOAA (12 ou 14, que foram utilizados nos estudos anteriores). Por ser um satélite estacionário ele permite o acompanhamento da evolução do número de focos de queimada durante o dia (imagens fornecidas em períodos de 3 horas). O satélite orbital fornece apenas uma imagem diária e a estimativa do número de focos de queimada obtida nessa passagem tem que ser adotado como um valor diário. Considerando que a passagem poderia ocorrer em um horário em que o número de focos é pequeno – o número de focos de queimada é maior no início e meio da tarde (Prinz et al., 1999) – e portanto não representativo do número de eventos de queimadas ocorridas no dia.

A base de dados de fotômetros solares AERONET fornece dados para o ano de 1995 em diversas localidades do cerrado e região amazônica brasileira, permitindo que uma maior quantidade de dados disponíveis para o estudo de correlação entre as propriedades óticas e o número de focos de queimada.

Neste estudo avaliou-se a correlação entre o número de focos de queimadas e a profundidade ótica de aerossóis.

Com os dados de número de focos de queimadas descritos acima e o valores de profundidade ótica dos aerossóis iniciou-se o estudo estatístico para determinação da correlação entre as variáveis: número de focos totais e profundidade ótica de aerossóis em 5 diferentes comprimentos de onda (1020, 870, 669, 500, 440, 380, 340  $\mu\text{m}$ ).

Foram avaliadas as seguintes condições: correlação entre profundidade ótica dos aerossóis X número de focos no horários de imagens disponíveis; correlação entre a profundidade ótica dos aerossóis X total diário de focos de queimada, correlação entre profundidade ótica dos aerossóis X número de focos de queimada em um período de 3 dias.

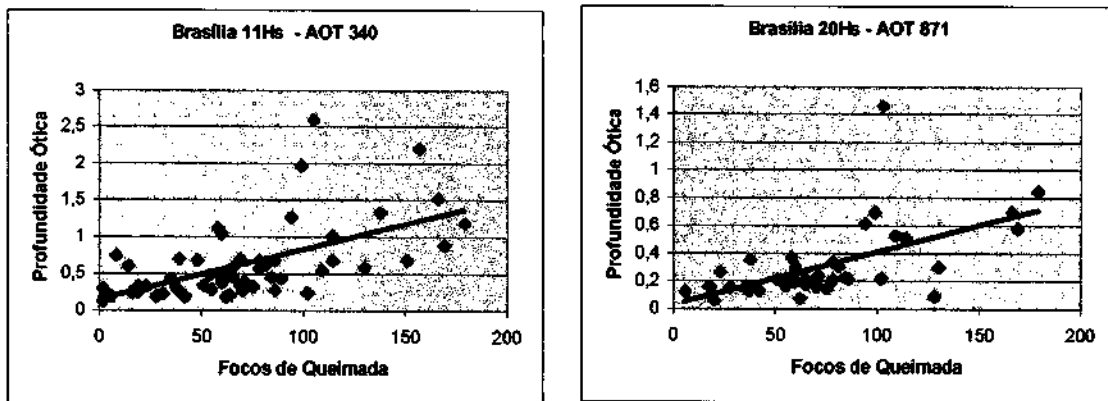


Figura 2 - Exemplo de correlações entre profundidade ótica e a quantidade de focos de queimadas, feitas para a cidade de Brasília, com dados do ano de 1995.

Nenhum resultado conclusivo foi determinado para as duas dimensões de áreas circunvizinhas ( $0.5^\circ$  e  $2.5^\circ$ ). A correlação entre as variáveis estudadas apresentou valores baixos (da ordem de 20% a 50%) tanto para a avaliação horária como para o total diário.

Em uma análise mais detalhada dos dados de profundidade ótica dos aerossóis verificou-se a necessidade de utilizar uma técnica de “cloud screening” para eliminar a contaminação de nuvens na base de dados. Havia sido assumido que a espessura ótica de aerossóis da base de dados não apresentava contaminação de nuvens (esperava-se que a base de dados estivesse qualificada e livres de contaminação de nuvens).

No entanto, estamos agora aplicando os critérios de “cloud screening” discutidos em estudo desenvolvido por Smirnov (1999) aos dados selecionados para estudo da correlação com o número de focos de queimada e verificou-se que grande quantidade dos dados não atendem os critérios definidos no estudo e portanto existe a contaminação de nuvens na base de dados.

Os procedimentos para o “cloud screening” foram divididos em duas etapas. A primeira consistiu em filtrar os dados usando uma técnica de “Smoothness” que é baseada em limitar o valor da raiz quadrada da segunda derivada da profundidade ótica do aerossol, conforme é mostrado na equação abaixo.

$$(D_2)^2 = \int_0^2 \left( \frac{\partial^2 \tau(t)}{\partial t^2} \right)^2 dt \leq D_{CRITC}^2$$

Equação Literal

$$D = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} \sum \left[ \frac{\ln \tau_i - \ln \tau_{i+1} + 1}{t_i - t_{i+1}} - \frac{\ln \tau_{i+1} - \ln \tau_{i+2} + 2}{t_{i+1} - t_{i+2}} \right]^2} \leq 16$$

Equação Numérica

A primeira derivada fornece a taxa de mudança temporal. E/ a Segunda define a variabilidade da tendência e conseqüentemente ela é muito sensível a oscilações de profundidade ótica, causadas pelas nuvens.

O limite ( $D = 16$ ) é baseado em dados experimentais obtidos levando se em conta vários fatores que são: aerossóis de queimadas, poluição Urbana e Industrial, Massas de ar sem poluição vindos do mar ou do continente.

O outro fator usado para filtrar os dados, foi o critério dos três desvios padrão, ou seja as medidas que estavam fora do limite de três desvios padrão – média e três desvios padrão + média foram descartadas, permitindo assim eliminar medidas que apresentavam valores muito diferentes do conjunto de dados.



## Compilação dos dados de Radônio:

Como foi dito anteriormente o objetivo deste trabalho é manter atualizado o banco de dados sobre radônio atmosférico coletado na Estação Antártica Comandante Ferraz e na Cidade chilena de Punta Arenas.

O início deste procedimento consistiu em fazer uma pré-formatação dos dados para que eles fiquem compatíveis com outros Softwares que serão utilizados para analisá-los posteriormente. Para se fazer esta formatação é utilizado um Software que foi desenvolvido anteriormente. Permitindo assim que estes dados sejam facilmente importados por outros aplicativos.

Tendo terminada esta pré formatação dos dados, foram criadas planilhas contendo as medidas, as datas e os horários das medições possibilitando identificar exatamente quando ocorreu cada evento. Cada planilha corresponde a um período de cerca de um mês de dados permitindo assim que se possa trabalhar de forma mais organizada e eficiente.

Após a compilação destes dados, foi realizado um trabalho de validação dos dados. Este trabalho consistiu em realizar uma análise para identificar, a existência de possíveis dados não válidos ou com algum tipo de problema. Depois desta análise, foi realizada a segunda etapa da validação dos dados, que consistiu na identificação dos picos de Radônio e no cálculo da Região de interesse de cada pico do espectro do Radônio.

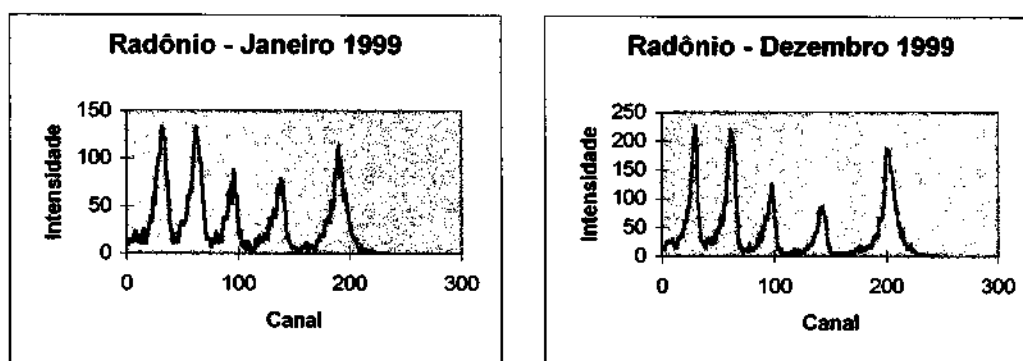


Figura 3 - Espectros de Radônio coletados na Estação Antártica Comandante Ferraz no ano de 1999

O detetor utilizado no Monitor de Radônio separa as emissões por canais de acordo com a energia da emissão, desta forma pode-se relacionar a cada canal uma energia. A equação que rege esta relação é a equação de uma reta. Para determinar esta equação deve-se primeiramente identificar os picos dos espectros, pois estes picos possuem energia conhecida, desta forma pode-se determinar pontos conhecidos na reta que possibilitarão determinar a equação da reta.

As regiões de interesse em um espectro abrangem uma região de 64keV, sendo 44 keV, para a esquerda e 20 keV para a direita do pico analisado. Com base nisto pode-se determinar em qual canal começa e termina cada região de interesse.

Através do cálculo das regiões de interesse, é determinado a concentração de cada isótopo de Radônio, por isto que a correta determinação da região de interesse é de grande importância, pois se ela for determinada de maneira incorreta acarretará em valores de concentração de Radônio incorretos.

Na série de decaimento do Rn-220 ocorre um decaimento ramificado que ocorre no Bi212 onde 66,3% ocorre em emissões  $\beta$  e tornando-se o Po212 que é um dos picos detectados. Mas 33,7% do decaimento ocorre em partículas  $\alpha$  com uma energia de 6,06 MeV que é um nível de energia muito próxima do decaimento do Po218 que é de 6,00 MeV. Isto faz que o detector adicione ao pico do Po218 uma parcela correspondente aos 33,7 % do decaimento do Bi212. Durante a validação dos dados, foi constatado que existia a necessidade de se realizar a correção dos dados da região de interesse do Po218, isto fica bem evidenciado nas figuras abaixo:

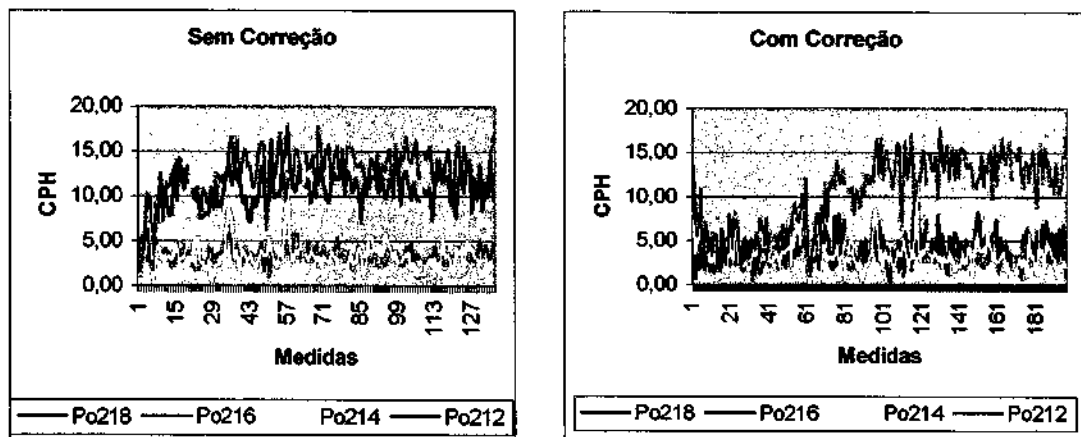


Figura 4 – Exemplo dos dados de Radônio com, e sem a correção

A correção consiste em se retirar matematicamente a parcela correspondente ao decaimento do Bi212 que esta acoplada ao pico do Po218, isto é feito indiretamente através do Po212 que é um produto do decaimento do Bi212. Primeiro foi encontrado um fator que estime com base no Po212 existente, o numero de contagens que não pertence ao Po218. O fator utilizado foi que as contagens a serem retiradas são aproximadamente 51% das contagens de Po212, este fator é baseado no esquema de decaimento ramificado do Bi212 onde ele se divide em 33,7% e 66,3%, sendo 0,51 ou 51% a razão entre estes dois valores.

### **Participação em encontros científicos:**

Participei, durante a vigência de minha bolsa, dos seguintes eventos e cursos:

- 1) V Seminário de Iniciação Científica do INPE, com a apresentação de dois trabalhos, cujos resumos e certificados encontram-se anexos:
  - “Desenvolvimento de um método de determinação automática de cobertura de nuvens”
  - “Desenvolvimento de um método automático de qualificação e correção de imagens do satélite GOES-8”
- 2) VII Seminário sobre Pesquisa Antártica, participando como co-autor do trabalho “Desenvolvimento de um método de determinação automática de cobertura efetiva de nuvens na antártica”, cujo o certificado se encontra anexo:
- 3) Participação como ouvinte de banca de tese, da aluna de mestrado Mariza Pereira de Souza, que defendeu o seguinte trabalho “Desenvolvimento de um método de determinação automática de cobertura de nuvens”

### **Previsão dos trabalhos para os próximos períodos:**

No próximo período será dada a continuidade aos estudos do modelo BRASIL-SR, principalmente no que consiste concluir a avaliação sobre os efeitos das queimadas sobre os resultados de estimativas da irradiação solar na superfície. Adicionalmente, serão iniciados trabalhos de implementação de um novo algoritmo para obtenção das radiações difusa e PAR (Photosynthetic Active Radiation) através do modelo.

Como atividades adicionais, também ligadas ao meu treinamento na área de ciências da atmosfera, deverei colaborar nos trabalhos de desenvolvimento de uma nova metodologia para determinação da cobertura de nuvens através da fotografia digital (Andrade, 1999) e na continuação da montagem e qualificação dos dados de antárticos de radônio atmosférico.

### **Considerações finais:**

Neste período de vigência da bolsa, a principal atividade foi o estudo da influência dos aerossóis de queimada. Este estudo está sendo feito, pois sabe-se que estes aerossóis possuem grande importância no estudo da Radiação solar nas regiões Central e Norte do Brasil. Com as técnicas de “cloud screening” espera-se melhorar a correlação com os dados de queimadas e desta forma poder implementar uma rotina no modelo BRASIL-SR, que corrija os efeitos dos aerossóis de queimadas nas regiões Central e Norte do Brasil.

# **ANEXOS**

# DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE DETERMINAÇÃO AUTOMÁTICA DE COBERTURA DE NUVENS

Mateus Augusto Rocha Andrade  
Aluno da Universidade do Vale do Paraíba - Bolsa PIBIC/CNPq  
Orientador: Dr. Enio Bueno Pereira, Pesquisador, INPE/DGE

A observação das nuvens é uma atividade realizada periodicamente, pois é de interesse da comunidade científica todo o volume de informações relevantes a cerca delas. As nuvens desenvolvem um papel de grande importância dentro do caráter global atmosférico, possuem características de intervir como agente modulador da radiação solar na atmosfera, pois apresentam grande capacidade de refletir de volta ao espaço a energia proveniente da radiação solar, ainda apresentam capacidade de reter o calor que seria irradiado pela Terra de volta ao espaço.

O efeito modulador das nuvens tem consequências importante, pois a manutenção do sistema em que vivemos, depende da interação entre oceanos, os continentes, e a atmosfera, essa interação não obedece a leis de comportamento linear, qualquer perturbação no sistema pode levar a resultados surpreendentes e até mesmo imprevisíveis.

O Desenvolvimento de um método de estimativa automática da cobertura fracionária de nuvens irá permitir uma série de aplicações científicas e também aplicações imediatas. Entre elas pode-se citar as observações sistemáticas da cobertura de nuvens que é realizada nos aeroportos para fins de proteção ao voo e as observações das redes de estações do sistema meteorológico brasileiro.

A determinação da cobertura de nuvens atualmente é realizada visualmente por um observador treinado para realizar esta tarefa. O grande problema deste método é a falta de padronização, pois cada observador interpreta o que ele está vendo de uma maneira diferente de outro observador. Com o uso de um sistema que determine automaticamente a cobertura de nuvens, este problema desaparece, pois o sistema interpreta as imagens sempre da mesma forma. Outra vantagem é que desaparece o fator erro humano, que é um problema comum neste tipo de observação.

A técnica empregada na coleta dos dados é a da fotografia digital. Com uma câmara fotográfica digital montada dentro de um hemisfério protetor em acrílico que visa a proteção da câmara fotográfica contra intempéries. Uma cinta opaca colocada sob o hemisfério protetor impede a incidência direta da radiação solar sobre o sistema óptico da câmara.

As imagens coletadas utilizam o sistema RGB (Red, Green, Blue), para definir as cores. O sistema RGB, não é apropriado para este tipo de análise, por isto as imagens são convertidas para o sistema IHS (Intensity, Hue, Saturation), onde *I* representa a componente intensidade da radiação, *H* a matiz de cor, e *S* a saturação, trabalhando assim, com os atributos de cada componente.

Para se obter os valores que serão utilizados pelo programa que analisa as imagens, é necessário, determinar a partir das imagens coletadas os valores de intensidade, saturação e matiz, que melhor representem o contraste entre céu e nuvens. Por isto é feito um trabalho de pré processamento desta imagens.

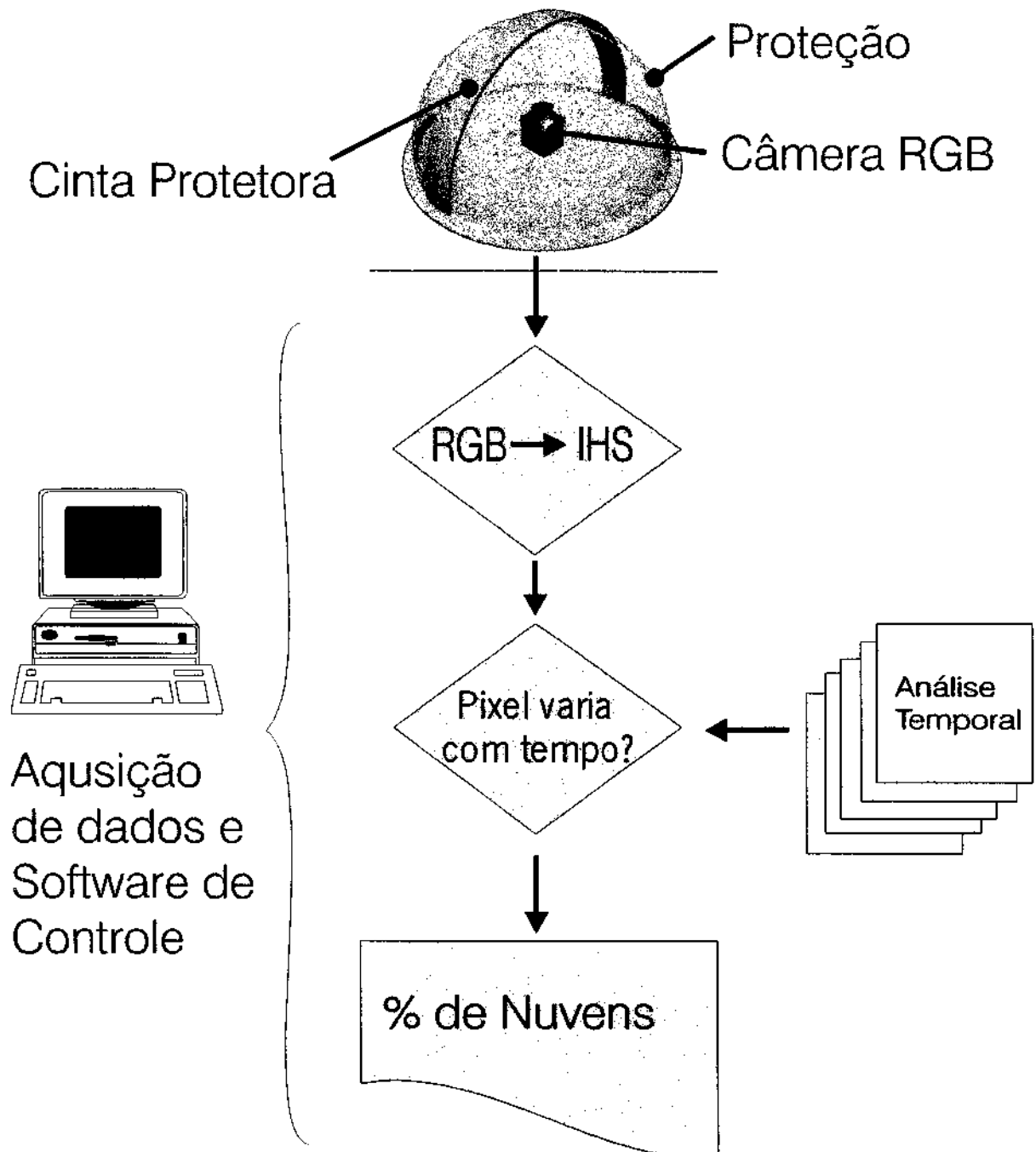


Figura 1 - Sistema de aquisição de imagens

O sistema apresenta como resultado final, a porcentagem dos pixels classificados como nuvens, céu e os que estão indeterminados.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

## **PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC/CNPq**

**Conferimos o presente Certificado a Mateus Augusto Rocha Andrade por sua participação com o trabalho intitulado DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE DETERMINAÇÃO AUTOMÁTICA DE COBERTURA DE NUVENS sob a orientação de Dr. Enio Bueno Pereira no V Seminário de Iniciação Científica do INPE (V SICINPE), realizado em São José dos Campos, S.P., no período de 01 e 02 de julho de 1999.**

São José dos Campos, 02 de julho de 1999.

  
Dr. Mário César Ricci

Presidente do CIBIC/INPE



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

## PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - PIBIC/CNPq

Conferimos o presente Certificado a MATEUS AUGUSTO ROCHA ANDRADE por sua participação com o trabalho intitulado DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO AUTOMÁTICO DE QUALIFICAÇÃO E CORREÇÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE GOES-8 sob a orientação de Dr. Enio Bueno Pereira no V Seminário de Iniciação Científica do INPE (V SICINPE), realizado em São José dos Campos, S.P., no período de 01 e 02 de julho de 1999.

São José dos Campos, 02 de julho de 1999.

  
Dr. Mário César Ricci

Presidente do CIBIC/INPE