



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS NA REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DE
RADIÇÃO SOLAR OBSERVADA POR ESTAÇÕES DO PROJETO SONDA
NO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

PROCESSO N° 105430/2006-4

Rafael Jonas Righi Batista (UFSM, Bolsista PIBIC/INPE - CNPq/MCT,
Março 2007 - Julho 2007)

E-mail: rafael_jonas@lacesm.ufsm.br

Daniel Vinicius Fiorin (UFSM, Bolsista Agosto 2006 – Fevereiro 2007)

E-mail: danielfiorin@lacesm.ufsm.br

Dr. Fernando Ramos Martins (DMA/CPTEC/INPE - MCT, Orientador)

E-mail: fernando@dge.inpe.br

Dr Nelson Jorge Schuch (CRS/CIE/INPE – MCT, Co-Orientador)

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Santa Maria, Julho de 2007.

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Bolsistas:

Rafael Jonas Righi Batista, Bolsista, período de 03/2007 a 07/2007

Acadêmico do Curso de Meteorologia

Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Daniel Vinicius Fiorin, período de 08/2006 a 02/2007

Acadêmico do Curso de Engenharia Química

Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Processo: PIBIC/INPE – MCT - 105430/2006-4

Orientador:

Dr. Fernando Ramos Martins

Pesquisador da Divisão de Clima e Meio Ambiente -

DMA/ CPTEC/INPE - MCT

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE - MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Pesquisador do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE

– MCT



Colaboradores:

Dr. Enio Bueno Pereira

Pesquisador Titular, Chefe da DMA/CPTEC/INPE – MCT, Líder da linha de pesquisa Energia e Recursos Renováveis

Me. Eng. Ricardo A. Guarnieri – DMA/CPTEC/INPE – MCT

Marcelo Pizzuti Pés – Estudante de Pós-Graduação em Meteorologia – INPE/MCT

Rafael Fettermann Bertagnoli – Graduando de Engenharia Elétrica da UFSM

Marcus Guedes – Bolsista PIBIC/ INPE e Graduando dos cursos de Engenharia Elétrica e Meteorologia da UFSM

Dra. Damaris Kirsch Pinheiro – LACESM/CT - UFSM

Locais de Trabalho/Execução do Projeto:

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT

Laboratório de Recursos de Energia Renováveis – CRS/CIE/INPE – MCT

Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT

Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM

Relatório Final de Atividades

Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil

Grupo de Pesquisa
Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis



Aguardando
certificação
da instituição
?

Identificação	Recursos Humanos	Linhas de Pesquisa	Indicadores do Grupo
Identificação			
Dados básicos			
<p>Nome do grupo: Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis</p> <p>Status do grupo: aguardando certificação pela instituição</p> <p>Ano de formação: 1992</p> <p>Data da última atualização: 18/08/2007 10:27</p> <p>Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@cpq.cnpq.br Damaris Kirsch Pinheiro - damaris@acesm.ufsm.br</p> <p>Área predominante: Ciências Exatas e da Terra, Geociências</p> <p>Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE</p> <p>órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS</p> <p>Endereço</p> <p>Logradouro: Caixa Postal 5021</p> <p>Bairro: Camobi CEP: 97110970</p> <p>Cidade: Santa Maria UF: RS</p> <p>Telefone: 33012026 Fax: 33012030</p> <p>E-mail: njschuch@lagesm.ufsm.br Home page: http://</p> <p>Repercussões dos trabalhos do grupo</p> <p>O Grupo de Pesquisa - Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, Latitude: 29°26'24"S, Longitude: 53°48'38"W, Altitude 488m, em São Martinho da Serra, RS, colabora com pesquisadores do INPE(CEA e CPTEC), da USP(DM/CB e IAG), do DBG/CB-UFRN, do LACESM-UFSM e Internacionais: Japão (Universidades de Takushoku e Rikkyo) e EUA(NASA). Linhas de Pesquisas: CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, OZÔNIO x RADIAÇÃO, ENERGIAS RENOVÁVEIS. Pesquisa: a composição, a estrutura, os processos físico-químicos e dinâmicos, o potencial renovável e o transporte de energia, com medidas in situ e fenômenos: Aeronômicos, Biosféricos e genéticos. O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PNOA, criado por Nelson Jorge Schuch em maio de 1992, executado em Convênio: CRS/CIE/INPE-MCT - LACESM/CT-UFSM, objetiva: a análise de sua concentração, o comportamento de sua "camada", a +/- 25 Km no RS, suas correlações com, Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B), gases traçadores (NO₂ - SO₂), aerossóis; dados de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS. Aeronomia dos fenômenos físico-químico e dinâmica da Atmosfera observando com radares, imageadores e fotômetros, rastros meteoricos e a aeroluminescência noturna, (medidas dos perfis de ventos) das ondas atmosféricas: ondas planetárias, de gravidade e marés atmosféricas. Pesquisa e monitoramento da Radiação Ultravioleta - UV: UV-A (400-320 nm), UV-B (320 e 280 nm). Pesquisa da sensibilidade à Radiação UV: de seu Espectro de Ação, obtenção de Dose, do Índice Ultravioleta-IUV, efeitos biológicos da Radiação UV-B em: nível celular, humanos, animais, vegetais, ecossistemas aquáticos. Pesquisa de Energias Renováveis com ênfase nas fontes solar e eólica. Vice-Líderes: Damaris K. Pinheiro, Marcelo B. da Rosa, Enio B. Pereira.</p>			

Recursos humanos		Total: 16
Pesquisadores		Total: 16
<p>André Passadilla Schuch</p> <p>Augusta Maria Passadilla Schuch</p> <p>Carlos Frederico Martins Menck</p> <p>Damaris Kirsch Pinheiro - (líder)</p> <p>Enio Bueno Pereira</p> <p>Ezequiel Echer</p> <p>Fernando Luis Guarnieri</p> <p>Fernando Ramos Martins</p>	<p>Hisao Takahashi</p> <p>Lucymara Fassarella Annez Lima</p> <p>Marcelo Barcellos da Rosa</p> <p>Marcelo Pizzuti Pes</p> <p>Nelson Jesus Ferreira</p> <p>Nelson Jorge Schuch - (líder)</p> <p>Pílinio Carlos Alvalá</p> <p>Ricardo André Guarnieri</p>	
Estudantes		Total: 15
<p>Ana Marcell Soares</p> <p>Caroline Bertagnolli</p> <p>Cristiano Sarti Machado</p> <p>Daniel Vinícius Fiorin</p> <p>Diego Alessandro Arsego</p> <p>Germano Possari</p> <p>Gustavo Pereira Guerra</p> <p>Luana Serafini dos Santos</p>	<p>Marcus Guedes</p> <p>Mateus Sabadi Schuh</p> <p>Nadira Pereira</p> <p>Fabrício Fernando Carlesso</p> <p>Fabrício Henrique Rampelotto</p> <p>Rafael Jonas Riachi Batista</p> <p>Simone Soiazi Favarin</p>	
Técnicos		Total: 5
<p>Anderson Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica</p> <p>Eduardo Cereetta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação</p> <p>Fabrizio Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico de Manutenção</p> <p>Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas</p> <p>Roben Castagna Lunardi - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação</p>		
Linhas de pesquisa		Total: 3
<ul style="list-style-type: none"> • Ciências Atmosféricas • Energias Renováveis • Ozônio x Radiação 		
Empresas associadas ao grupo		Total: 0
Indicadores de recursos humanos do grupo		
Integrantes do grupo		Total
Pesquisador(es)		16
Estudante(s)		15
Técnico(s)		5



Relatório Final de Atividades

**Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**

Linha de Pesquisa
Energias Renováveis

Linha de pesquisa

Energias Renováveis

Nome do grupo: [Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis](#)

Palavras-chave: Energias Renováveis; Fontes de energia renováveis - Solar e Eólica; Setor Energético;

Pesquisadores:

- [Enio Bruno Pereira](#)
- [Fernando Ramos Martins](#)
- [Marcelo Pizzuti Pess](#)
- [Nelson Jorge Schuch](#)
- [Ricardo André Guarnieri](#)

Estudantes:

- [Daniel Vinicius Florin](#)
- [Diogo Alessandro Arsego](#)
- [Marcus Guedes](#)
- [Rafael Jonas Righi Batista](#)

Árvore do conhecimento:

- Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Setor Energético;
- Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Energias Renováveis;
- Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Fontes de energia renováveis - Solar e Eólica;

Setores de aplicação:

- Produtos e serviços voltados para a defesa e proteção do meio ambiente, incluindo o desenvolvimento sustentado

Objetivo:

Tem como objetivo o estudo e o desenvolvimento de pesquisas com uma Estação de Referência (SMS) da Rede Nacional SONDA - Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais, voltados ao setor energético, no Observatório Espacial do Sul, situado na região central do Rio Grande do Sul, na área de energias renováveis, com ênfase nas fontes solar e eólica. Vice-Líder: Enio B. Pereira

AGRADECIMENTOS

Os Bolsistas gostariam de agradecer ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do MCT, e Coordenação do Programa PIBIC/INPE-CNPq/MCT, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica.

Agradecimentos especiais ao Dr. Fernando Ramos Martins, pesquisador do DMA/CPTEC/INPE-MCT, por ter estado sempre pronto a orientar, debater e esclarecer todas as dúvidas pertinentes a este trabalho IC. Ao Dr. Nelson Jorge Schuch, Coordenador da Ação de Implantação do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria, por ter acreditado no potencial dos Bolsistas, dedicando-lhes muito de seu tempo para orientação, entendimento, e aconselhamento, contribuindo de forma significativa à nossa formação pessoal e profissional.

Agradecemos a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, pelo financiamento do Projeto SONDA através do processo 22.01.0569.00. Agradecemos também ao CPTEC/INPE pela disponibilidade de diferentes serviços necessários ao desenvolvimento deste trabalho, em especial ao DMA/CPTEC e toda equipe do Projeto SONDA.

Obrigado aos colegas Marcelo P. Pes, Marcus Guedes, Rafael F. Bertagnoli, Diogo A. Arsego pelo companheirismo e cooperação no LRER/CRS/CIE/INPE – MCT, assim como aos demais alunos de IC e pesquisadores do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais que de alguma forma nos auxiliariam em nosso trabalho.

Por fim, gostaríamos de agradecer aos amigos e familiares que sempre estiveram nos acompanhando, aconselhando e incentivando durante a realização deste Projeto de Iniciação Científica.

RESUMO

Este projeto tem por finalidade o estudo da relação existente entre a ocorrência de queimadas e o déficit de radiação solar que chega a superfície, observados por medidas solarimétricas realizadas pelas estações do Projeto SONDA/CPTEC, em especial na Estação de Referência SONDA de São Martinho da Serra – RS (SMS), instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE. O estudo limita-se a análise de dias de céu claro visando eliminar as incertezas provenientes da influência da nebulosidade sobre a radiação solar. A seleção de dias de céu claro envolve a análise e qualificação dos dados de radiação solar global, direta e difusa medidos respectivamente pelos equipamentos Piranômetro CM21 (*Kipp & Zonen*), Piranômetro CM22 (*Kipp & Zonen*), Pireliômetro NIP (*Eppley Laboratory Inc.*) e a observação das curvas integrais diárias das mesmas em algumas das Estações SONDA instaladas em diferentes sítios brasileiros no período de Agosto/2004 a Dezembro de 2005. Na Estação SONDA SMS, a base de dados analisada foi de Agosto/2004 a Dezembro de 2006 e a seleção de dias de céu claro ainda envolveu a observação de imagens do céu, fornecidas por um imageador TOTAL SKY IMAGER TSI-440 (YES, Inc) totalizando 53 dias de céu claro. Dados de focos de queimadas estimadas por satélite pelo CPTEC/INPE-MCT para todo o território brasileiro foram coletados no site www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas e confrontados com os dias de céu claro pré-estabelecidos para a Estação SMS. Adicionalmente, dados de profundidade óptica de aerossóis, estimados pelos satélites TERRA e AQUA, foram cedidos pela Divisão de Satélites Ambientais (DAS) do CPTEC/INPE para o período de Março/2006 a Março/2007. Visando uma base de dados mais ampla, foram adquiridos junto a NASA dados da rede AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>) cobrindo todo o período analisado. A continuidade do trabalho pretende-se investigar como a profundidade ótica de aerossóis sobre a região da Estação SONDA SMS se relaciona com a irradiação solar e difusa medida na estação SMS em dias de céu claro. Análises similares serão realizadas nas demais estações de referência da rede SONDA. O intuito é determinar uma parametrização dos



aerossóis de queimadas para o aperfeiçoamento dos modelos de transferência radiativa e para uma melhor avaliação dos recursos de energia solar disponíveis.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 2	18
INFRA-ESTRUTURA UTILIZADA.....	18
2.1 – Projeto SONDA	18
2.2 – Estações Coletoras de Dados do Projeto SONDA	19
2.3 – Estação de Referência – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT	19
2.4 – Laboratório de Recursos de Energias Renováveis – LRER/CRS/CIE/INPE – MCT	21
CAPÍTULO 3	24
RADIÇÃO SOLAR E A ATMOSFERA TERRESTRE.....	24
3.1 – Descrição Quantitativa da Radiação	24
3.2 – Radiação Solar e Radiação Terrestre	25
3.3 – Interações da Radiação com a Atmosfera Terrestre	25
3.4 – Modelos Computacionais para Estimativa da Radiação Solar Incidente 29	
3.5 - Iluminância Natural	30
CAPÍTULO 4	31
AEROSSÓIS	31
4.1 - Caracterização dos Aerossóis	31
4.2 - Efeitos dos Aerossóis na Atmosfera	32
4.3 - Caracterização de Aerossóis pelos Satélites Modis	34
CAPÍTULO 5	37
QUEIMADAS	37
5.1 - Efeitos das Queimadas sobre a Radiação Solar	37
5.2 – Efeito das Queimadas na Atmosfera Brasileira	38
5.3 – Identificação de Focos de Queimadas por Satélites	39
5.4 – Monitoramento de Queimadas pelo CPTEC/INPE	40
CAPÍTULO 6	43
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	43
6.1 – Manutenção da Estação de Referência SONDA – SMS	43
6.2 – Coleta e Qualificação dos Dados da Estação de Referência SONDA – SMS	46
6.3 – Seleção de Dias de Céu Claro	49
6.4 – Obtenção de Dados de Queimadas	51
6.5 – Obtenção de Dados de Profundidade Óptica dos Aerossóis	53
CAPÍTULO 7	55
RESULTADOS	55
7.1 – Seleção de Dias de Céu Claro	55
7.2 Estudo de iluminância em dias de céu claro	56



CONCLUSÃO	58
APÊNDICE A	66
TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS APRESENTADOS EM EVENTOS.....	66
APÊNDICE B	70
CERTIFICADOS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição das estações SONDA no Território Nacional Brasileiro. Fonte: SONDA (2007).	20
Figura 2.2 – Estação de Referência SONDA – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra,RS.....	21
Figura 2.3 – Torre Anemométrica instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT. Em destaque o posicionamento dos três anemômetros instalados a 10, 25 e 50 metros.....	22
Figura 3.1 – Espectro solar no topo da atmosfera, comparado com o espectro de um corpo negro a 6000 K e com o espectro solar a nível do mar. Fonte: Modificado de Robinson (1966).	26
Figura 3.2 – (a) Curvas de corpo negro para a radiação solar (6000 K) e radiação terrestre (255 K). (b) Espectro de absorção para toda a extensão vertical da atmosfera. (c) Espectro de absorção para a atmosfera acima de 11 km. (d) Espectros de absorção para vários gases atmosféricos entre o topo da atmosfera e a superfície da Terra. Fonte: Modificado de Peixoto e Oort (1992).....	27
Figura 4.1 – (a) Profundidade Ótica do Aerossol em 550nm, Satélite AQUA; (b) Satélite TERRA. Ambas as imagens para o dia 04 de junho de 2006.	36
Figura 6.1 – Equipamentos instalados junto ao “tracker” Two Axis Positioner – 2AP na Estação SONDA – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra,RS.	45
Figura 6.2 – Datalogger CR23X Micrologger junto ao computador SONDA no Prédio 1 do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.....	47
Figura 6.3 – Diagrama da configuração local dos equipamentos instalados na Estação SONDA – SMS no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT. Fonte: SONDA (2007).	48
Figura 6.4 – Curva diária de radiação solar difusa no dia 26/05/06 medida no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.	49
Figura 6.5 – Curva diária de radiação solar global no dia 24/04/06 medida no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.....	50
Figura 6.6 – Opções de satélites disponíveis para visualização dos focos de queimadas fornecidos pelo CPTEC/INPE – MCT. Fonte: DPI/PROARCO (2007).	51
Figura 6.7 – Tabela eletrônica contendo dados sobre queimadas, disponibilizados pelo CPTEC/INPE – MCT.....	52
Figura 6.8 – Estações AERONET espalhadas através do globo terrestre. Fonte: AERONET (2007).	54
Figura 7.1 – Dispersão das medidas de iluminância natural em função do ângulo zenital solar para o Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra, RS.	57



LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1: Informações relativas à seleção de dias de céu claro nas Estações SONDA....	55
Tabela 7.2: Medidas Estatísticas realizadas (kLux).	57

SIGLAS E ABREVIATURAS

AERONET - AErosol RObotic NETwork

AOD - Aerosol Optical Depth

AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer

BSRN - Baseline Surface Radiation Network

CCD - Charge Coupled Device

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CRS/CIE - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais

DAS - Divisão de Satélites Ambientais

DMA - Divisão de Meio-Ambiente

DPI - Divisão de Processamento de Imagens

DU - Unidades Dobson

ETR - Equação de Transferência Radioativa

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite

GSFC - Goddard Space Flight Center

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

LACESM - Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

LRER - Laboratório de Recursos de Energias Renováveis

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia

MODIS - *MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer*

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NIP - Normal Incidence Pyrheliometer

NIR - Near Infra Red

NOAA - National Weather Service

OES - Observatório Espacial do Sul



PAR - Photosynthetically Active Radiation

PC - Personal Computer

PIR - Precision Infrared Radiometer

PMOA - Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico

PROARCO - Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal

SMS - São Martinho da Serra

SONDA - Sistema de Organização de Dados Ambientais

SWERA - Solar and Wind Energy Resource Assessment

TODA - Topo Da Atmosfera

TOA - Top Of Atmosphere

TSI - Total Sky Imager

UFMS - Universidade Federal de Santa Maria

UV - Ultra Violeta

WMO - World Meteorological Organization

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O crescimento das atividades econômicas e melhoria da qualidade de vida em países em desenvolvimento como o Brasil, tem aumentado a demanda energética e suscitado a necessidade do desenvolvimento de novas formas alternativas de energia. Esta preocupação aumenta ao considerarmos os aspectos ambientais. O esgotamento dos recursos hídricos e a queima de combustíveis fósseis têm causado irreversíveis danos ao meio-ambiente comprometendo a qualidade de vida das gerações futuras.

O estudo e aproveitamento dos recursos energéticos solares e eólicos se apresenta como uma alternativa limpa e de caráter renovável. Porém, a atração de investimentos e realização de ações efetivas ao desenvolvimento tecnológico e científico de novas fontes energéticas requer a realização de estimativa da disponibilidade e distribuição dos seus recursos ao longo do território nacional, além do estabelecimento de um banco de dados acessível e confiável.

No Brasil, o CPTEC/INPE–MCT desenvolve o Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais para o setor de energia) com intuito de realizar medidas solarimétricas, eólicas e de outras variáveis meteorológicas necessárias ao estabelecimento do referido banco dados. Adicionalmente, realiza pesquisa científica para estudo da disponibilidade e previsão dos recursos energéticos solares utilizando modelos de Previsão Numérica do Tempo, e modelos de transferência radiativa específicos.

A parametrização atmosférica dos modelos computacionais abrange diversas variáveis climáticas, além da posição geográfica. Este procedimento, necessário a uma maior concordância entre os valores de irradiação solar estimados pelos modelos e medidas de superfície, visa à minimização das incertezas introduzidas por diferentes aspectos atmosféricos.

As principais fontes de incertezas nos valores de irradiação solar na superfície estimados por modelos computacionais são resultados da variabilidade geográfica dos

aerossóis na atmosfera causados por fenômenos naturais e por queimadas realizadas em florestas, juntamente com incertezas sobre a variabilidade da cobertura de nuvens (Pinker and Laszlo, 1989). Desta forma, informações sobre as propriedades ópticas e a distribuição geográfica dos aerossóis atmosféricos exercem grande influência na confiança das estimativas de irradiação solar (Box et al., 1996).

Os aerossóis provenientes dos eventos de queima de biomassa têm exercido um importante papel em processos radioativos da atmosfera e podem atenuar a radiação solar global incidente na superfície. Estudos mostram que o aumento da profundidade ótica de aerossóis causada pela queima de biomassa pode causar uma diferença radiativa de cerca de -25 W/m^2 na superfície terrestre (Anderson et al., 1996).

Apesar destes importantes efeitos, somente a partir da última década a comunidade científica tem buscado a inclusão de efeitos de aerossóis sobre o clima em modelos numéricos atmosféricos para previsão de tempo, clima e qualidade do ar. A inclusão de propriedades de aerossóis nos modelos atmosféricos traz novos desafios em termos de desenvolvimentos de novas parametrizações que representem apropriadamente os diversos processos através dos quais partículas de aerossóis interagem com outros elementos atmosféricos. (Correia et al., 2006). Nesse contexto, cresce em importância a necessidade de inventários de emissões de aerossóis mais precisos. Para isto, a sociedade científica recomenda a união de técnicas de sensoriamento remoto, observações diretas e modelagem numérica da atmosfera (Charlson, 2001).

Inserido neste contexto, o presente Projeto de Iniciação Científica e Tecnológica tem por objetivo o estudo da relação existente entre a ocorrência de focos de queimadas e o déficit em radiação solar global incidente à superfície. Dados solarimétricos medidos pelas Estações do Projeto SONDA/CPTEC, em especial da instalada no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, pertencente ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais CRS/CIE/INPE – MCT são empregados juntamente com dados de focos de queimadas estimados por satélite pelo CPTEC, estimativas de profundidade ótica de aerossóis.



O presente trabalho contribui para o estudo da influência dos aerossóis sobre a radiação solar favorecendo o aperfeiçoamento dos modelos de transferência radiativa e maior precisão na avaliação da disponibilidade de energia solar.

CAPÍTULO 2

INFRA-ESTRUTURA UTILIZADA

2.1 – Projeto SONDA

O Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais aplicado para o setor de Energia) é um projeto coordenado e executado pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos CPTEC/INPE – MCT e financiado pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, através do Fundo Setorial de Energia – CT – ENER, O coordenador nacional do Projeto SONDA é o pesquisador Dr. Enio Bueno Pereira.

O projeto SONDA visa implementar uma infra-estrutura física e de recursos humanos, destinada à geração e aperfeiçoamento da base de dados de superfície, gerando um banco histórico de dados nacional acessível e confiável, necessário ao levantamento e planejamento do uso dos recursos de energia solar e eólica no Brasil, viabilizando investimentos e projetos para o setor energético.

Os dados coletados pelo Projeto SONDA suprem o Projeto SWERA – “Solar and Wind Energy Resource Assessment” – Projeto do Programa das Nações Unidas, para o Meio Ambiente, criado para promover a utilização de Energias Renováveis, Solar e Eólica, especialmente em países em desenvolvimento, sendo o Brasil o coordenador do Projeto na América Latina e Caribe, através do INPE/MCT.

Os dados coletados pelo Projeto SONDA são necessários ao levantamento e avaliação do Potencial Eólico e Solar do Território Brasileiro. Além disso, são essenciais para a validação e avaliação de confiabilidade de modelos numéricos e desenvolvimento de novas parametrizações a serem incluídas nesses modelos (SONDA,2007).

Maiores informações sobre o projeto SONDA podem ser adquiridas no endereço eletrônico www.cptec.inpe.br/sonda.

2.2 – Estações Coletoras de Dados do Projeto SONDA

A rede SONDA de estações coletoras de dados de superfície implantada e operando em diferentes sítios do território brasileiro está apresentada na Figura 2.1.

As Estações do Projeto Sonda são classificadas de acordo com a instrumentação instalada e o tipo de dados coletados, em Estações de Referência, eólicas, solares e solares avançadas:

As estações de referência são as mais completas do Projeto SONDA possuindo sensores solares, meteorológicos e eólicos que realizam as seguintes medidas:

- Medidas Solares – radiação global horizontal, radiação direta normal, radiação difusa horizontal, radiação de onda longa descendente, radiação fotossinteticamente ativa (PAR), iluminância (Lux);
- Medidas Meteorológicas – temperatura, umidade relativa e pressão do ar atmosférico à superfície, e precipitação;
- Medidas Eólicas – velocidade e direção do vento nas alturas de 10, 25 e 50 metros a partir da superfície, e temperatura nas alturas de 25 e 50 metros.

As estações solares são equipadas somente com sensores solares e meteorológicos, enquanto que as estações eólicas contam somente com torre eólica equipada com os seguintes sensores:

- Medidas Eólicas – velocidade e direção do vento nas alturas de 10, 25 e 50 metros a partir da superfície, e temperatura nas alturas de 25 e 50 metros.

2.3 – Estação de Referência – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT

A estação de Referência SONDA – SMS (Latitude: 29°26'34"S, Longitude: 53°49'23"O), está instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT localizado no município de São Martinho da Serra – RS pertencente ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT .



Figura 2.1 – Distribuição das estações SONDA no Território Nacional Brasileiro. Fonte: SONDA (2007).

A estação foi instalada no mês de Julho/2004 e iniciou a coleta de dados no dia 1º de Agosto de 2004 permanecendo em operação de forma ininterrupta. Ela é composta por uma plataforma com 3 metros de altura aterrada ao lado do Prédio 1 do Observatório Espacial do Sul, onde estão instalados alguns dos diferentes sensores solares e meteorológicos juntamente com os equipamentos do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico (PMOA), conforme apresentado na Figura 2.2.

A Estação possui uma torre anemométrica com 52 metros de altura (Figura 2.3), onde estão instalados 3 anemômetros nas alturas de 10, 25 e 50 metros e medidores de temperatura do ar instalados nas alturas de 1 e 50 metros. Os equipamentos da Estação

estão conectados a um datalogger, situado no interior do prédio 1, que armazena os dados gerados pelos equipamentos, com resolução de 1 e 10 minutos.



Figura 2.2 – Estação de Referência SONDA – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra,RS.

A instalação dos equipamentos e organização dos dados segue normas internacionais, tornando o Observatório Espacial do Sul qualificado a integrar a Rede de Estações de Superfície para Medição de Radiação – “Baseline Surface Radiation Network” – BSRN. A BSRN é um Projeto da Organização Meteorológica Mundial - WMO, que visa avaliar globalmente a interação da radiação solar com outras variáveis climáticas e sua influência sobre mudanças percebidas no clima do planeta.

2.4 – Laboratório de Recursos de Energias Renováveis – LRER/CRS/CIE/INPE – MCT.

O Laboratório Recursos de Energias Renováveis (LRER) foi criado em 2003, pertencente ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT,

localizado junto ao campus da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM em Santa Maria,RS.

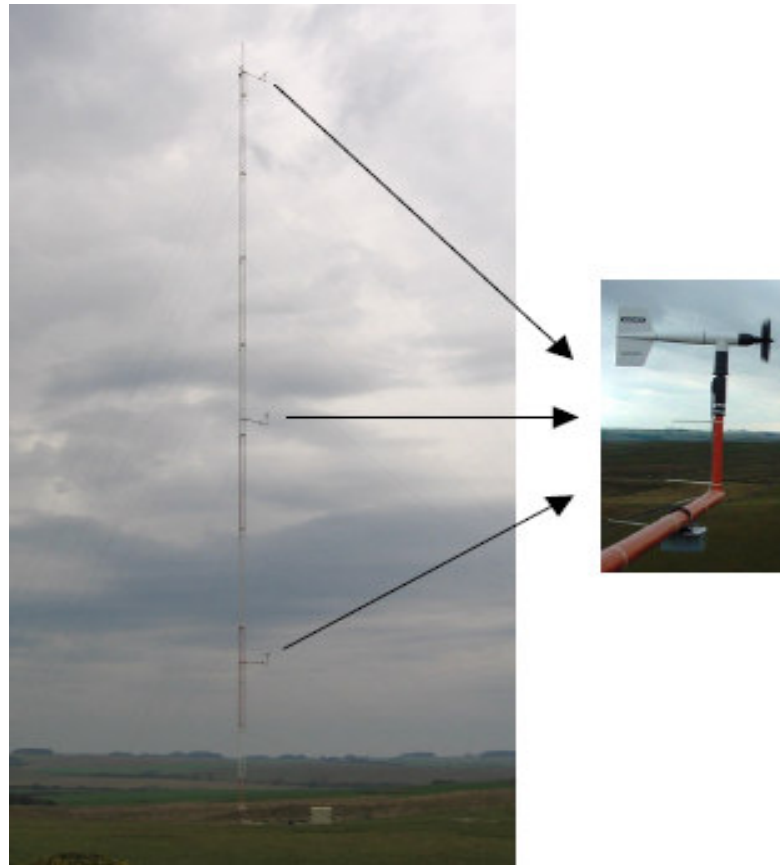


Figura 2.3 – Torre Anemométrica instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT. Em destaque o posicionamento dos três anemômetros instalados a 10, 25 e 50 metros.

O LRER possui uma parceria com o Projeto SONDA, desenvolvendo pesquisas em energias renováveis com objetivo de avaliar os potenciais solar e eólico na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Os alunos são responsáveis pela manutenção da Estação de Referência SONDA - SMS, em operação no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra, RS.

Esta parceria vem propiciando a formação de recursos humanos e o desenvolvimento de pesquisas cujos resultados vem sendo apresentados tanto em eventos



científicos nacionais como internacionais pelos alunos do LRER. Os dados coletados permitiram a obtenção do perfil preliminar dos potenciais eólico e solar da região, além da construção, aprimoramento, e validação de modelos energéticos empíricos.

CAPÍTULO 3

RADIAÇÃO SOLAR E A ATMOSFERA TERRESTRE

A transferência radiativa é o mecanismo pelo qual o sistema Terra-Atmosfera realiza praticamente toda a troca de energia com o resto do Universo (Wallace e Hobbs, 1977). O Sol pode ser considerado como a fonte de toda energia que entra no Planeta, e a radiação solar constitui a força motriz para os movimentos atmosféricos e para outros processos térmicos, dinâmicos e químicos que ocorrem na atmosfera e camadas superficiais da crosta terrestre (Brasseur e Solomon, 1986)

A radiação solar chega até nós na forma de ondas eletromagnéticas, estas exibem uma faixa contínua de comprimentos de onda (λ), sendo o espectro eletromagnético a totalidade de todos os possíveis comprimentos de onda (Wallace e Hobbs, 1977).

3.1 – Descrição Quantitativa da Radiação

A taxa de transferência de energia por radiação eletromagnética é chamada de fluxo radiante, expresso em unidades de energia por unidade de tempo: joules por segundo ($J \cdot s^{-1}$) ou watts (W). A densidade de fluxo radiante é o fluxo radiante que atravessa uma unidade de área, expressa em watts por metro quadrado ($W \cdot m^{-2}$) e sendo também denominada emitância ou irradiância (E) quando representa, respectivamente, o fluxo emergindo ou incidindo em uma área (Kidder e Vonder Haar, 1995).

A irradiância incidente sobre um elemento de área superficial pode consistir de contribuições oriundas de uma infinidade de diferentes direções, sendo necessário, às vezes, identificar a parte da irradiância que provém de direções dentro de um determinado arco infinitesimal de ângulo sólido $d\Omega$. Define-se, assim, a radiância (L), que é a irradiância por

unidade de ângulo sólido, expressada em watts por metro quadrado por esterradiano ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) (Wallace e Hobbs, 1977).

3.2 – Radiação Solar e Radiação Terrestre

O Sol emite um espectro contínuo, com uma distribuição espectral similar a da radiação de um de corpo negro a 6000 K, seguindo aproximadamente a lei de Plank para a emissão de radiação (Coulson, 1975; Brasseur and Solomon, 1986). A radiação solar cobre todo o espectro eletromagnético, mas a porção mais significativa do espectro, associada com transferência de energia radiativa no sistema climático, é compreendida entre o ultravioleta e o infravermelho próximo (Peixoto e Oort, 1992).

A média anual da irradiância solar total, no topo da atmosfera (TOA), é conhecida como constante solar (S). O valor de S, é de aproximadamente $1368 W \cdot m^{-2}$.

Uma vez que as temperaturas da atmosfera e dos materiais da superfície terrestre são bastante menores quando comparadas com a elevada temperatura do Sol, suas emissões de radiação ocorrem em comprimentos de onda maiores, entre 4 e 100 μm (Coulson, 1975). O pico das emissões da superfície terrestre para a atmosfera ou da Terra como um todo para o espaço, ocorre entre 10 e 12 μm . Assim, costuma-se dividir o espectro eletromagnético em aproximadamente 4 μm (Coulson, 1975). A radiação menor que 4 μm é chamada radiação de onda curta e a radiação maior que 4 μm é chamada radiação de onda longa. A radiação de onda longa é a emitida pela Terra para a atmosfera (Iqbal, 1983), embora se utilize também o termo radiação atmosférica.

3.3 – Interações da Radiação com a Atmosfera Terrestre

A radiação solar, após atingir o topo da atmosfera e penetrá-la, sofre processos de absorção e o espalhamento (Liou, 1980).

A Figura 3.1 mostra o espectro de radiação solar que atinge o TDA e o espectro de radiação solar que atinge a superfície da Terra, em termos de irradiância. A área entre as curvas representa a redução sofrida pela radiação solar incidente, durante sua passagem através da atmosfera. Essa redução é dividida em duas partes: a área não sombreada representa o espalhamento sofrido pela radiação e a área sombreada a absorção pelas moléculas do ar, primariamente por H₂O, CO₂, O₃ e O₂ (Robinson, 1966; Wallace e Hobbs, 1977; Liou, 1980). Para comparação é apresentada uma curva de emissão de um corpo negro a 6000 K (linha tracejada).

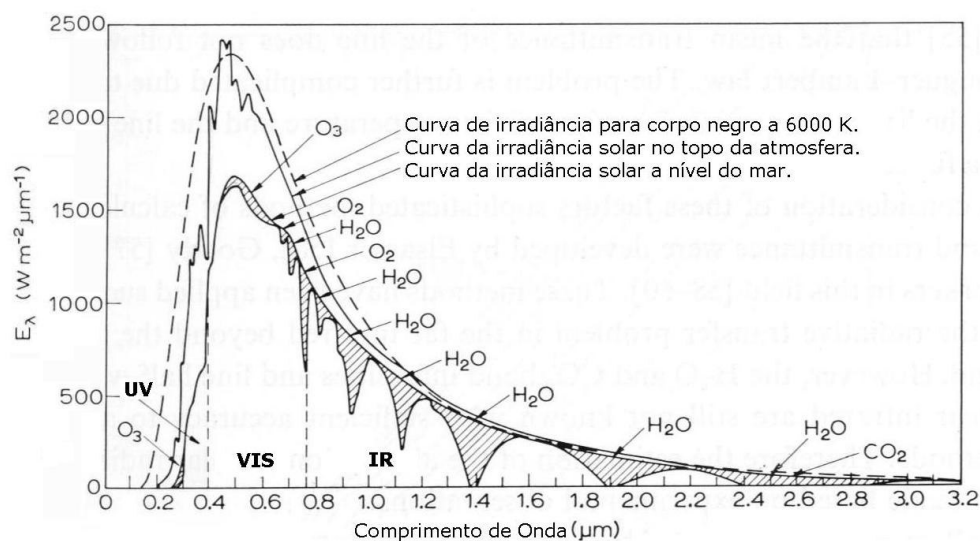


Figura 3.1 – Espectro solar no topo da atmosfera, comparado com o espectro de um corpo negro a 6000 K e com o espectro solar a nível do mar. Fonte: Modificado de Robinson (1966).

Devido à absorção ineficiente em caso de ausência de nuvens, a atmosfera é considerada praticamente transparente à radiação solar, especialmente nos comprimentos de onda do visível.

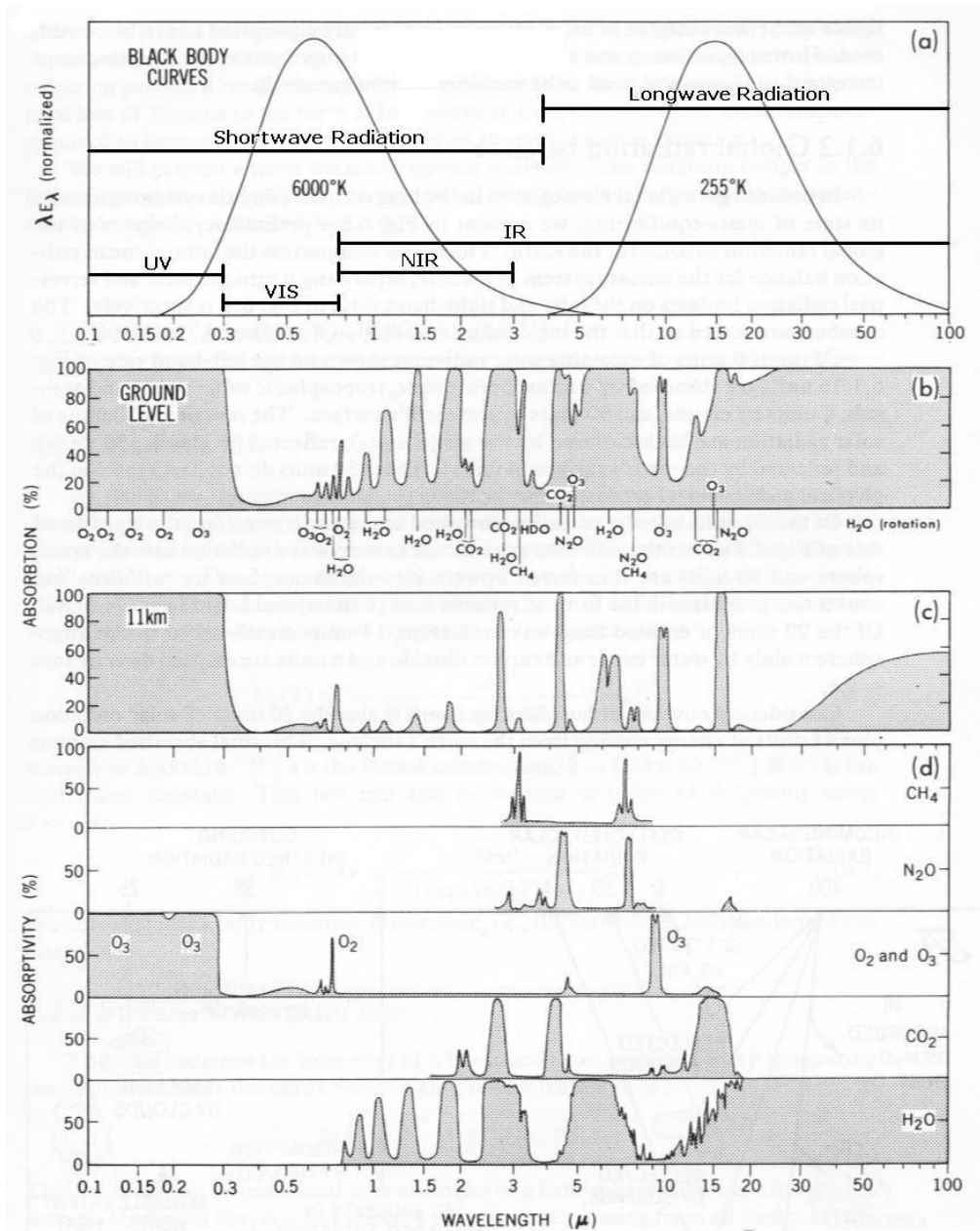


Figura 3.2 – (a) Curvas de corpo negro para a radiação solar (6000 K) e radiação terrestre (255 K). (b) Espectro de absorção para toda a extensão vertical da atmosfera. (c) Espectro de absorção para a atmosfera acima de 11 km. (d) Espectros de absorção para vários gases atmosféricos entre o topo da atmosfera e a superfície da Terra. Fonte: Modificado de Peixoto e Oort (1992).

Dependendo do tipo de transição ou interação, a absorção da radiação pode ocorrer num continuum de comprimentos de onda, ou em comprimentos de onda discretos. Os gases atmosféricos absorvem diferentemente os comprimentos de onda da radiação solar e da radiação terrestre como se observa na Figura 3.2.

Segundo Liou (1980), o espalhamento ocorre em todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Espalhamento é um processo físico no qual uma partícula no caminho da onda eletromagnética continuamente remove energia da onda incidente e dispersa essa energia em todas as direções. Uma vez que parte da energia solar é espalhada para trás e para os lados, a quantidade de energia que atinge a superfície da Terra, após atravessar a atmosfera, é atenuada (Peixoto e Oort, 1992).

No regime Mie a dispersão é menos seletiva ao comprimento de onda (van de Hulst, 1957) e ocorre predominância do pró-espalhamento sobre o retroespalhamento. Ocorre, neste regime, o espalhamento da luz do Sol por aerossóis, neblina, fumaça, smog e poeira (Wallace e Hobbs, 1977; Kidder e Vonder Haar, 1995). Aerossóis são definidos como suspensões de partículas líquidas ou sólidas no ar (excluindo-se as gotículas de nuvem e precipitação).

O espalhamento da radiação visível pelas gotículas de nuvens, gotas de chuva e partículas de gelo, é descrito pelos princípios da ótica geométrica. A ótica geométrica e o espalhamento Rayleigh são tomados como casos-limite da teoria de espalhamento Mie, considerada mais geral.

Após atravessar uma camada com agentes espalhadores, como é a atmosfera, a radiação de ondas curtas que atinge uma superfície pode ser subdividida entre uma componente proveniente da própria direção da fonte e uma componente que engloba a radiação vinda de todas as demais direções devido ao espalhamento. Podem-se definir as seguintes irradiâncias:

- Irradiância difusa: Consiste na irradiância descendente numa superfície horizontal, decorrente do espalhamento do feixe solar direto pelos constituintes atmosféricos (moléculas, material particulado, nuvens, etc.).

- Irradiância normal: Consiste na irradiância direta numa superfície normal à incidência do feixe direto, dada pela irradiância solar incidente no TDA (constante solar) que ainda resta no nível de observação, somados os efeitos de pró-espalhamento atmosférico.
- Irradiância direta: Consiste no produto entre a irradiância normal e o cosseno do ângulo zenital solar.
- Irradiância global: Consiste na irradiância descendente numa superfície horizontal, constituída pelo somatório das irradiâncias direta e difusa.

3.4 – Modelos Computacionais para Estimativa da Radiação Solar Incidente

A utilização de uma rede de radiômetros e de técnicas de interpolação das medidas de radiação obtidas permite o levantamento de diversas informações sobre a radiação solar incidente. Porém, os dados levantados teriam sua confiabilidade dependente da quantidade de radiômetros e das distâncias entre eles (Pereira et al., 2006) , em muitos casos inviabilizando tal metodologia. A adoção de modelos computacionais para obter estimativas da radiação solar por meio de relações empíricas ou pela solução da equação de transferência radiativa (ETR) constitui-se uma alternativa à metodologia anterior. Para mapear a disponibilidade de energia solar no território brasileiro, a adoção de modelos computacionais que utilizam dados de satélite parece ser a melhor alternativa (Martins, 2001).

Os modelos computacionais podem ser classificados em modelos estatísticos e modelos físicos. Os modelos estatísticos caracterizam-se por utilizar expressões empíricas para estimativa da radiação incidente em função de alguma propriedade do sistema Terra-atmosfera medida por satélite ou por instrumentos de superfície. Os modelos físicos caracterizam-se por utilizar métodos matemáticos que visam simular os processos físicos atmosféricos e solucionar a ETR.

Os modelos estatísticos apresentam validade restrita à região para qual as expressões empíricas foram desenvolvidas. Os modelos físicos, por modelarem os processos físicos que ocorrem na atmosfera, podem ser utilizados sem a necessidade de serem adaptados ao local de interesse. Apesar da generalidade espacial dos modelos físicos, estes necessitam de informações confiáveis sobre as condições atmosféricas, sendo que nem sempre tais informações são disponíveis ou apresentam a confiabilidade esperada. O modelo BRASIL-SR, desenvolvido e atualmente em uso pela Divisão de Clima e Meio Ambiente do CPTEC/INPE, utiliza a aproximação de dois fluxos para solucionar a ETR e determinar estimativas da irradiação solar incidente na superfície (Martins, 2001).

3.5 - Iluminância Natural

A iluminância natural é uma medida do fluxo fotométrico por unidade de área, consistindo em uma grandeza física que fornece informações sobre o fluxo de energia eletromagnética na faixa espectral do visível (Ryer, 1998). Contudo, o olho humano não é igualmente sensível a todos os comprimentos de onda da radiação visível. As medidas de iluminância levam em conta esta sensibilidade na curva de resposta de um medidor de iluminância. Desta forma, a iluminância, medida em Lux (lúmens por m²), representa a curva de resposta do olho humano à radiação solar incidente.

O estudo da iluminância tem aplicações em diversas áreas das atividades humanas, entre elas, podemos citar o desenvolvimento de projetos de arquitetura fotometricamente mais eficiente e a otimização da operação do sistema de iluminação pública por meio do estabelecimento dos instantes de ligamento e desligamento do sistema em cada dia (Martins et al, 2004).

O melhor aproveitamento da iluminância natural nos ambientes públicos tem um efeito direto no consumo de energia, reduzindo custos e minimizando o consumo dos combustíveis ou fontes energéticas utilizadas.

CAPÍTULO 4

AEROSSÓIS

4.1 - Caracterização dos Aerossóis

Os aerossóis são partículas finas sólidas ou líquidas em suspensão em um meio gasoso. Eles podem ser classificados como aerossóis naturais, originados em processos naturais, e ainda como aerossóis antropogênicos, produzidos como consequência de atividades humanas.

O material particulado que compõe o aerossol possui em geral tempo de permanência médio na atmosfera da ordem de dias, e ao contrário de poluentes gasosos apresentam grande heterogeneidade espacial (Seinfeld e Pandis, 1998) atribuída à variedade das suas fontes naturais e antropogênicas e ainda ao seu pequeno tempo de vida na atmosfera. Este comportamento torna a sua caracterização e modelamento, necessária no estudo das suas influências sobre os parâmetros meteorológicos, um real desafio (Smirnov et al., 2002; Day et al., 2000; Hänel, 1976; Horvath, 1996).

Aerossóis continentais são constituídos principalmente por poeiras minerais sopradas pelo vento, assim como partículas carbônicas e de enxofre produzidos por queimadas em florestas, uso da terra e atividades industriais. A maior fonte de aerossóis para a atmosfera na América do Sul são as emissões por queimadas de florestas e cerrados, que ocorrem principalmente na estação seca na região amazônica.

Os aerossóis marinhos são, na sua maior parte, partículas de sal do mar produzidas pela quebra das ondas e partículas de enxofre produzidas pela oxidação do dimetilsulfeto liberado pelo phytoplanton. Como a superfície terrestre é coberta por mais de 70% de águas salgadas, os mares e oceanos constituem-se em uma das maiores fontes naturais de aerossóis (Dubovik et al., 2002).

No meio urbano os aerossóis são fisicamente e quimicamente diferentes dos aerossóis em áreas remotas, entre as diferenças mais acentuadas está a alta concentração de enxofre e metais pesados nos aerossóis urbanos. (Latha and Badarinath,2004).

A distribuição de tamanho dos aerossóis, usualmente classificada em partículas finas e partículas grossas, juntamente com a sua composição química, propriedades ópticas e morfologia, afetam diretamente a dinâmica de transporte e deposição dos mesmos. Os principais resultados da existência de diferentes tipos de aerossóis são os diferentes efeitos radiativos e climatológicos resultantes da interação da radiação solar e outros constituintes atmosféricos.

A quantidade total de aerossóis em toda a coluna atmosférica é expressa pela medida da espessura óptica de aerossóis. As partículas finas exercem maior contribuição para o aumento da espessura óptica em comprimentos de onda visíveis do que no infravermelho próximo, enquanto partículas grossas exercem efeitos similares em ambos os comprimentos (Schuster et al, 2006).

Um importante constituinte dos aerossóis gerados por queimadas é o carbono negro, ele caracteriza-se pelo seu distinto baixo espalhamento do albedo que proporciona aos aerossóis gerados pelos eventos de queimadas maior absorção do que os aerossóis de fontes naturais (Artaxo et al., 1998; Eck et al.,1998; Ferek et al., 1998). No Brasil, o carbono negro representa cerca de 4 a 8 % sobre o total de aerossol (Pereira et al., 1996, Reid et al., 1998), apresentando uma larga variabilidade de composições nos aerossóis, mesmo em eventos isolados. Esta variabilidade depende do tipo de vegetação, fase de queima, umidade entre outros fatores. Ela é observada em experimentos de campo e pode variar em diferentes fases do mesmo evento (Ferek et al., 1998).

4.2 - Efeitos dos Aerossóis na Atmosfera

Os aerossóis exercem importante influência na atmosfera. As interações da radiação solar entre diferentes camadas de aerossóis podem modificar o balanço energético na atmosfera, espalhando e absorvendo radiação solar. Desta forma, a superfície terrestre é

resfriada, devido a uma redução do total de radiação solar incidente. Simultaneamente os aerossóis acabam por aquecer camadas da mais baixa atmosfera onde estão localizados (Keil and Haywood, 2003; Pace et al., 2006). É de conhecimento público que os aerossóis diminuem a qualidade do ar e reduzem a visibilidade em áreas urbanas.

A quantidade de radiação solar removida pelos aerossóis é geralmente referida como uma remoção radioativa dos aerossóis, sendo a diferença entre as radiações efetivas que atingem a superfície com e sem a camada de aerossóis. (Martins et al., 2005). Christopher et al. (1996), Anderson et al. (1996) and Eck et al. (1998) encontraram um efeito de resfriamento efetivo na atmosfera causado por camadas de aerossóis sobre as regiões Amazônica e Cerrado no Brasil.

As partículas finas de aerossóis exercem uma grande influência na atenuação da irradiação solar em comprimentos de onda mais curtos (Reid et al., 1998). Elas são especialmente seletivas ao espalhamento, sendo responsável por 82% do espalhamento na atmosfera (Molnàr and Mészáros, 2001).

Por outro lado, uma alta percentagem de partículas grossas absorve menos irradiação em menores comprimentos de onda, absorvendo mais em comprimentos de onda maiores. (Badarinath et al, 2006). A atenuação da irradiação na atmosfera decresce continuamente com o comprimento de onda (Iqbal, 1983), desta forma, no espectro do infravermelho próximo (NIR) as diferenças nos valores de irradiância devido às diferenças da concentrações de aerossóis passam a ser pequenos.

Uma alta carga de aerossóis pode, de maneira benéfica, reduzir em até 50% o fluxo de radiação ultravioleta na superfície (Liu et al., 1991; Kylling et al., 1998). Em uma escala regional, mesmo um decréscimo de 50 DU na quantidade de ozônio em combinação com um aumento na carga de aerossóis pode conduzir a uma diminuição da radiação UV (Balis et al., 2002; Papayannis et al., 1998).

Além dos efeitos radioativos, os aerossóis atuam como núcleo de condensação de nuvens modificando as suas propriedades microfísicas. A densidade do número de aerossóis, composição química, e distribuição de tamanho podem influenciar no albedo e no tempo de vida das nuvens assim como na taxa e quantidade de precipitação. (Abel et al.,

2005; Lohmann and Feichter, 2005). Os aerossóis marinhos são cruciais na formação de nuvens na camada limite e são também importantes para a união radiativa entre oceano e atmosfera.

Os aerossóis podem afetar o clima não só em caráter regional, mas também em escalas globais. Através de interações diretas, atuando como centros espalhadores ou absorvedores de luz solar (Jacobson, 2001) ou indiretamente atuando sobre a formação e o ciclo de vida de nuvens, e assim modificando ciclos hidrológicos (Kaufman, 1995). Os aerossóis podem ser transportados por correntes de ar favorecendo na interferência da química e na física da atmosfera não somente em escala local, mas potencialmente em escalas regionais e até globais (Freitas et al., 2005).

O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) estima que o efeito direto global dos aerossóis no balanço radiativo situa-se entre 0,2 a 1,5 W/m² no sentido de favorecer o resfriamento. Esse efeito é diretamente comparável ao efeito dos chamados gases estufa antropogênicos, tais como CO₂, CH₄, N₂O, CFC. Porém, devida a distribuição espacial não homogênea dos aerossóis no globo terrestre, os efeitos locais chegam a centenas de vezes maiores em locais de elevadas concentrações de aerossóis (*e.g.* Procópio et al., 2004).

4.3 - Caracterização de Aerossóis pelos Satélites Modis

O sensor MODIS (*MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer*) é um instrumento de pesquisa completo que tem como objetivo fornecer contribuições ao conhecimento científico do sistema terrestre, englobando a superfície terrestre (alterações de uso de solo, temperatura de superfície, cobertura de neve, propriedades de vegetações), oceano (temperatura da superfície do mar, clorofila) e atmosfera (aerossóis, propriedades de nuvens, vapor de água e perfil de temperatura) (Remer et al., 2005). Ele foi lançado a bordo do satélite TERRA no ano de 1999. Recentemente, em 2002 o mesmo sensor foi lançado a bordo do satélite AQUA. O MODIS é um radiômetro espectral passivo, caracterizando o primeiro sensor desenhado especificamente para obter observações globais

de aerossóis com resolução moderada. Sua cobertura de largura de observação é de 2330 km, suficiente para realizar uma cobertura global completa de 1 a 2 dias.

A detecção de aerossóis com o MODIS é baseada nas radiâncias obtidas pelo sensor, em regiões das imagens não cobertas por nuvem, após a realização de uma calibração radiométrica e geolocalização, também utilizando dados auxiliares para determinar as condições meteorológicas de cada elemento da imagem a ser processada. Há dois algoritmos independentes para obtenção das propriedades de aerossóis sobre continentes e sobre oceanos, mas que se baseiam na mesma estratégia de uso de tabelas pré-computadas de cálculos de transferência radiativa na atmosfera. Sob essa estratégia, várias condições de observação do sensor MODIS e de iluminação da atmosfera são computadas para diferentes níveis de concentração de aerossóis e refletâncias de superfície. As radiâncias espectrais medidas pelo sensor no topo da atmosfera e as estimativas de refletância da superfície são comparadas com os valores pré-calculados até que a melhor solução seja encontrada com ajustes de mínimos quadrados (Correia et al., 2006).

Os dados obtidos a partir dos sensores instalados nos satélites TERRA e AQUA são comparados com resultados obtidos a partir de diversas metodologias. Hoje em dia utilizam-se os produtos obtidos da AERONET (Aerosol Robotic Network), uma rede de radiômetros automáticos concebida e mantida pelo GSFC (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>) para monitorar as propriedades óticas do aerossol em várias regiões do mundo (Holben et al., 1998).

As medidas dos satélites TERRA e AQUA são periodicamente transmitidas para estações de recepção em terra e recebidas pelo sistema do INPE em Cuiabá assim como pela NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) e posteriormente disponibilizadas na internet através do site <http://paraguay.cptec.inpe.br:8080/produto/aerossóis/#>.

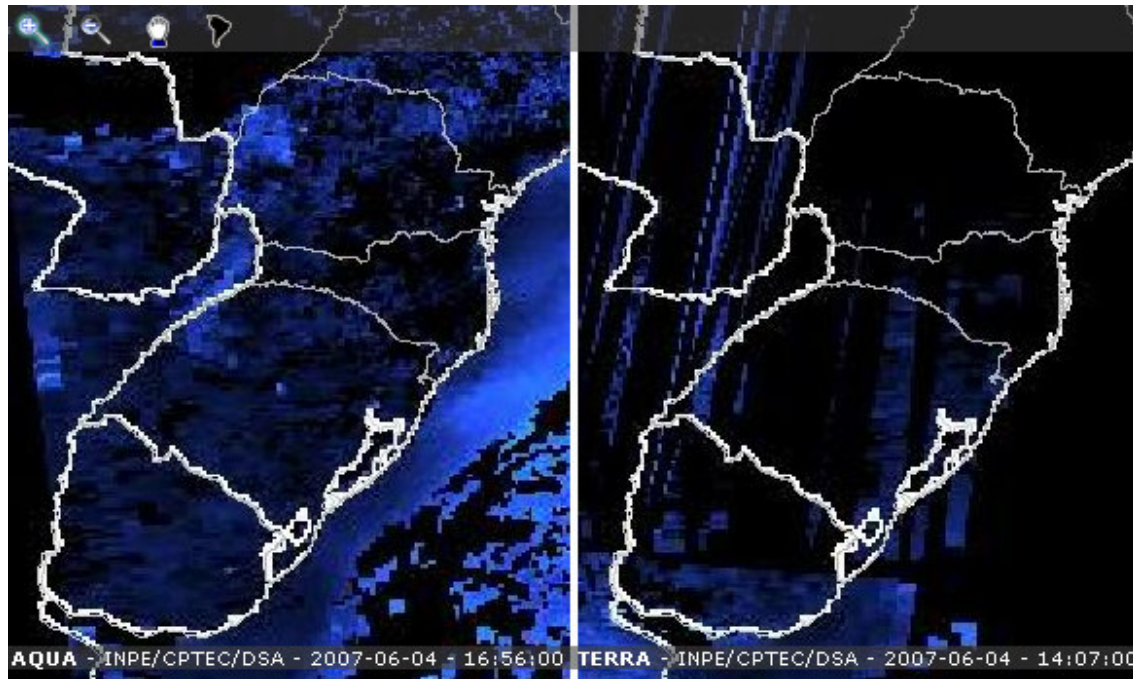


Figura 4.1 – (a) Profundidade Ótica do Aerossol em 550nm, Satélite AQUA; (b) Satélite TERRA. Ambas as imagens para o dia 04 de junho de 2006.

CAPÍTULO 5

QUEIMADAS

5.1 - Efeitos das Queimadas sobre a Radiação Solar

O fenômeno das queimadas é controlado principalmente pelos seguintes fatores: clima, condições da vegetação e atividade humana, os quais estão intimamente ligados (Justice et al., 1993). As queimadas exercem fundamental influência no balanço radioativo terrestre. Os aerossóis da queima de biomassa, especialmente de partículas puras de fumaça são muito absorventes (Reid et al., 1998), ocasionando déficits nos valores de irradiação solar medidos em superfície, e agindo como fator de erro em estimativas fornecidas por modelos numéricos de previsão da radiação solar. Por exemplo, a presença de produtos de queimadas de florestas africanas na atmosfera, incluindo aerossóis, próximas a locais de medidas provocaram superestimativas de até 120 W/m^2 na irradiação solar na superfície Whitlock and Tarpley (1996).

O efeito direto dos aerossóis no clima terrestre consiste em mecanismos que afetam diretamente o fluxo de radiação solar na superfície, podendo levar tanto ao aquecimento quanto ao resfriamento da superfície, dependendo das propriedades intrínsecas das partículas de aerossóis e da refletividade da superfície. A alteração do fluxo de energia solar afeta perfil de temperatura da atmosfera, assim como o calor conservado nos oceanos, na criosfera e na biosfera como um todo (IPCC 2001, Schafer et al., 2002, Yamasoe et al., 1998, 2000).

A ocorrência de queimadas exerce forte influência no ciclo de vida das plantas. Em decorrência das queimadas, as concentrações atmosféricas de partículas de aerossóis e gases traço aumentam por fatores de 2 a 8 em grandes áreas, o que altera o balanço de radiação, com a absorção de até 70% da radiação fotossinteticamente ativa. A redução no fluxo radiativo afeta a taxa fotossintética, a temperatura na superfície e dos fluxos de calor

latente e sensível. Desta forma, a deposição de nutrientes é fortemente afetada pela ação antrópica, ocorrendo aumento significativo da deposição de nitrogênio em áreas alteradas.

As queimadas são precursores de O₃ (ozônio). O gás é formado através de reações fotoquímicas a partir das emissões das queimadas atingindo altos níveis de concentrações, sendo ele fitotóxico, isto se torna danoso à floresta não queimada, danificando a superfície foliar mesmo de florestas situadas a milhares de quilômetros das áreas queimadas. Estudos mostram que uma alta concentração de aerossóis na atmosfera chega a afetar cerca de 3 a 5 milhões de km² de área verde (Artaxo et al., 2006).

Adicionalmente, as queimadas constituem uma das mais significativas fontes globais de vários gases de “efeito estufa” como CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) (Andreae e Crutzen, 1997, Lioussé et al., 2004). Elas contribuem com significativas emissões de CO, NO₂ (dióxido de nitrogênio), HCNM (Hidrocarbonetos não metano) cloreto e brometo de metila, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e dezenas de outros gases (Andreae et al., 2002).

5.2 – Efeito das Queimadas na Atmosfera Brasileira

A queima de biomassa em países tropicais tem ocorrido, provavelmente, desde o último Holoceno (nome dado aos últimos 11.000 anos da história da Terra), uma prática comum, pelo menos numa escala local (Phulpin et al., 2002). Tal prática aumentou nas últimas décadas causando enormes prejuízos, tais como danos à saúde humana e perdas relativas à flora e a fauna. As florestas e os cerrados brasileiros são regiões onde historicamente ocorrem queima de biomassa em função do processo natural do uso do solo pelos agricultores e do uso da lenha como combustível, contudo o número de queimadas tem aumentado significativamente nos últimos anos.

No Brasil, ocorre uma grande variação sazonal da profundidade ótica dos aerossóis, em virtude do aumento de queimadas nas estações secas, principalmente nos meses de agosto e setembro (Eck et al., 2003; Procópio et al., 2003; 2004). Os sensores do satélite AVHRR, nos mostram que as áreas com maiores irradiação solar estão justamente

localizadas na região em que o número de focos de queimadas atinge o máximo na estação seca (Colle and Pereira, 1998; Setzer et al., 1994).

O crescente número de queimadas no território brasileiro, especialmente na Floresta Amazônica durante a estação seca aliada as importantes propriedades óticas das partículas emitidas em queimadas, age por atenuar em até 70 % da radiação solar incidente afetando o funcionamento do ecossistema amazônico (Kaufman et al., 1998; Eck et al., 2003).

Os desvios estatísticos nas previsões de valores de irradiação solar em sítios próximos a regiões de queimadas intensas durante condições de céu limpo, crescem até a ordem dos desvios produzidos pelas nuvens em regiões distantes das áreas de queimadas. (Martins, 2001; Pereira et al., 2000). O mesmo efeito ocorre em menores proporções nas demais partes do território brasileiro.

Os aerossóis introduzidos na troposfera pela queima de biomassa é a principal razão pela maior dispersão e imprecisão das estimativas de irradiação solar em sítios do centro e norte do Brasil (Pereira et al., 2000). Estas estimativas são realizadas principalmente pelo modelo de transferência radiativa BRASIL-SR. Estudos realizados mostraram que as divergências sistemáticas entre medidas de superfícies e modelos de estimativas da irradiância solar em condições de céu claro foram 2,5 vezes maiores próximas a queimadas no território brasileiro (Pereira et al., 2000).

5.3 – Identificação de Focos de Queimadas por Satélites

Os satélites GOES possuem órbita geoestacionária e podem ser utilizados para a detecção e acompanhamento de incêndios em grandes áreas da superfície da Terra. Analisando seus sensores verificamos que eles operam em cinco canais espectrais, sendo um no visível (0,55 a 0,75 μm), três na região do infravermelho (3,8 a 4,0 μm , 10,2 a 11,2 μm , 11,5 a 12,5 μm) e um de vapor d'água (6,5 a 7,0 μm).

Os satélites da série NOAA carregam o sensor AVHRR, bastante utilizado para estudos de vegetação e incêndio. Este sensor possui cinco canais, sendo canal 1 no visível

(0,6 μm), canal 2 no infravermelho próximo (0,9 μm), canal 3 na faixa em torno de 3,7 μm e os canais 4 e 5 no infravermelho termal (10,8 e 12 μm). Outra característica importante do sensor é a largura de imageamento (aproximadamente 2700 km), o que possibilita uma ampla cobertura espacial, de praticamente todo o território brasileiro em apenas uma imagem. Desta forma, os dados do sensor AVHRR se fazem uma importante série histórica para os estudos sobre as queimadas, pois têm sido coletadas pelo NOAA desde o ano de 1978.

Já o sensor MODIS presente tanto no satélite AQUA quanto TERRA utiliza dois algoritmos independentes para obtenção das propriedades de aerossóis sobre continentes e oceanos. Tais algoritmos são baseados em tabelas de dados pré-computados (*look-up tables*) de cálculos de transferência radiativa na atmosfera. Diversas condições de iluminação e observação são computadas para diferentes níveis de concentração de aerossóis e refletâncias de superfície. Sendo assim, as radiâncias espectrais medidas no topo da atmosfera e as estimativas de refletância da superfície são comparadas com os valores pré-calculados até a melhor solução ser encontrada.

5.4 – Monitoramento de Queimadas pelo CPTEC/INPE

O sensoriamento remoto é uma ferramenta importante que nos ajuda a entender a dinâmica do desflorestamento e do uso da terra, bem como seus impactos ecológicos e sociais, devido ao fato desta tecnologia permitir obter dados de áreas muito curtas em intervalos de tempo regular. Assim sendo, pode-se disponibilizar informações espaciais e temporais sobre os acontecimentos de queimadas, dando uma importante contribuição para o estudo de incêndios no meio ambiente e seus efeitos ecológicos, climáticos e na química da atmosfera.

As imagens de satélite têm sido utilizadas para monitorar incêndios em vegetação tanto globalmente (para estudos climáticos) quanto regionalmente (para avaliação de impactos das queimadas). Estes dados têm se mostrado de fundamental importância para

alertar a população local e as autoridades competentes, durante os períodos de queimadas (Phulpin et al., 2002).

No Brasil o monitoramento de queimadas é realizado pelo CPTEC/INPE - MCT, que vem desenvolvendo e aprimorando desde a década de 1980 o sistema operacional de detecção de queimadas. A partir de 1998 o trabalho passou a ser feito conjuntamente com o IBAMA/PROARCO, dando ênfase particular à Amazônia. Os dados são obtidos nas imagens termais dos satélites meteorológicos NOAA quatro vezes ao dia, GOES oito vezes ao dia, e TERRA e AQUA duas vezes por dia, e em seguida integrados a dois sistemas geográficos de informações (SpringWeb-Queimadas e TerraLib-Queimadas) que podem ser utilizados pela Internet. As informações são disponibilizadas operacionalmente aos usuários cerca de 20 minutos após as passagens dos satélites. Todo país e grande parte da América do Sul são cobertos pelas imagens, pois se utiliza recepções das estações do INPE em Cachoeira Paulista, SP e de Cuiabá, MT.

Relatório Final de Atividades

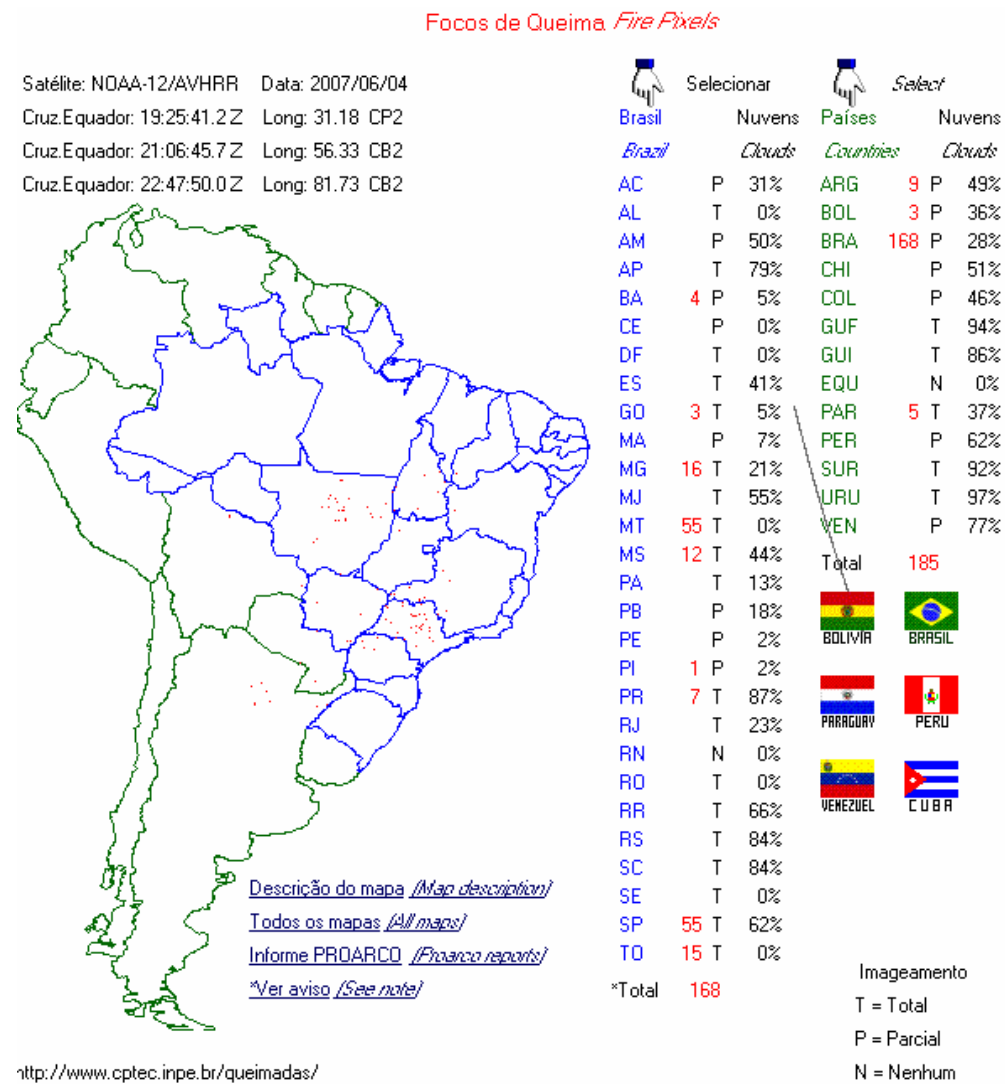


Figura 5.1 – Focos de queimadas na América do Sul detectadas em imagem do satélite NOAA. Os dados são atualizados operacionalmente várias vezes ao dia. Fonte: DAS/CPTEC (2007).

CAPÍTULO 6

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Além do extenso levantamento bibliográfico realizado com o objetivo de introduzir o estudante no tema do projeto de iniciação científica e que permitiu o desenvolvimento dos tópicos descritos anteriormente, o estudante desenvolveu as atividades descritas a seguir no desenvolvimento de seu projeto de iniciação científica.

6.1 – Manutenção da Estação de Referência SONDA – SMS

Os principais sensores instalados na Estação de Referência SONDA – SMS no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra,RS são:

- Piranômetro CM 21 (Kipp & Zonen) – efetua medidas de radiação solar global na faixa de 300 a 2800 nm.
- Piranômetro CM 22 (Kipp & Zonen) – efetua medidas de radiação solar difusa na faixa de 200 a 3600 nm. Possui ocultador do disco solar acoplado a um “*tracker* 2AP”.
- Two Axis Positioner – 2AP (Kipp & Zonen) – este “*tracker*”, posicionador de dois eixos, rastreia o caminho solar permitindo a medida de radiação solar difusa e direta por equipamentos acoplados a ele.
- Pireliômetro NIP (Eppley Laboratory, Inc) – este Pireliômetro de Incidência Normal efetua medidas de radiação solar direta em um plano normal a incidência de radiação, através do acompanhamento do sol com ao ser acoplado ao “*tracker* 2AP”.
- Pirgeômetro PIR (Eppley Laboratory, Inc) – este Radiômetro de Infravermelho de Precisão efetua medidas de radiação de onda longa na faixa de 3500 a 5000 nm. Ele

Relatório Final de Atividades

possui um domo de silicone para separação da radiação de onda longa e radiação de onda curta durante o dia.

- LUX Lite (Kipp & Zonen) – efetua medidas de luz visível expressa em unidades de iluminância, através da simulação da resposta espectral do olho humano a radiação visível incidente.
- PAR Lite (Kipp & Zonen) – efetua medidas da radiação PAR – Fotossinteticamente ativa durante o dia no intervalo de radiação solar visível de 400 a 700 nm.
- Total Sky Imager TSI-440 (YES,Inc) – este imageador do céu possui câmera colorida CCD invertida apontada para o centro de um espelho convexo que reflete a imagem do céu diretamente para a sua lente. Imagens do céu são coletadas a cada 15 minutos durante o dia. As imagens são processadas por um programa que avalia a fração do céu coberta por nuvens.
- Anemômetro Modelo 05106 (R. M.Young Company) – efetua medidas da velocidade horizontal e da direção do vento de 0 a 60 m/s resistindo à rajadas de 100 m/s.
- Barômetro Vaisala PTB 101 – efetua medidas da pressão atmosférica na faixa de 600 a 1060 mbar através de um sensor capacitivo.
- Sensor de Temperatura do ar Model 41342 (R. M.Young Company) – efetua medidas da temperatura do ar através de um sensor de temperatura de platina.
- Sensor de Temperatura do ar/Umidade do ar Model 41372 (R. M.Young Company) – efetua medidas de temperatura e umidade relativa do ar através de um sensor de umidade de alta precisão.

A manutenção periódica dos equipamentos SONDA ocorre através de visitas ao Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra, RS. Esta rotina é importante para a conservação física dos equipamentos, garantindo um bom funcionamento dos sensores, necessária a continuidade e confiabilidade dos dados adquiridos.

As principais atividades de rotina consistem na coleta de dados de cobertura de nuvens, verificação do nível do *tracker*, a troca das sílicas gel dos equipamentos, a limpeza dos domos dos sensores e a limpeza e polimento do imageador.

A verificação do nível do “tracker” é realizada através da observação de marca presente no equipamento, ela se faz necessária para a garantia de que o mesmo continua alinhado ao sol dando confiabilidade das medidas de irradiação solar difusa e direta que são realizadas por sensores acoplados a ele, conforme visualizado na Figura 6.1.



Figura 6.1 – Equipamentos instalados junto ao “tracker” Two Axis Positioner – 2AP na Estação SONDA – SMS instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra,RS.

A limpeza dos domos dos sensores e da câmera do imageador é realizada com uma flâmula e álcool isopropílico, este procedimento visa a eliminação de sujeiras presente nos domos que poderiam absorver a radiação incidente. Desta forma, os sensores mediriam valores de radiação inferiores aos valores reais.

A limpeza e polimento da calota do imageador são realizados com o uso de flâmulas, líquido específico para limpeza de vidros e cera automotiva para o polimento. Este procedimento é importante para não ocorra interferências na imagem refletida a câmara ou até mesmo a presença de sujeiras que possam vir a ser confundidas como nuvens no momento em que o equipamento determina a cobertura de nuvens do céu em cada imagem.

A troca da sílica gel é necessária à manutenção de baixos níveis de umidade no interior dos equipamentos, eliminando possíveis efeitos da umidade aos seus mecanismos eletrônicos. Os principais equipamentos possuem dissecadores no seu interior contendo sílica gel, ou ainda admitem a possibilidade da introdução da mesma em pequenos pacotinhos. A coloração rosada indica elevada quantidade de umidade retida no material, desta forma, a sílica é periodicamente trocada por material seco de coloração azul, enquanto que o material úmido é colocado em uma estufa para secagem e posterior reaproveitamento.

6.2 – Coleta e Qualificação dos Dados da Estação de Referência SONDA – SMS

Os dados solares, eólicos e meteorológicos medidos pelos equipamentos da Estação SONDA – SMS são armazenados em um Datalogger CR23X Micrologger (Campbell Sci.) instalado no prédio 1 do OES (Figura 6.2). Um diagrama com a configuração local dos equipamentos da Estação é apresentado na Figura 6.3. As medidas são armazenadas a cada 1 segundo, sendo fornecido como dados de saída os valores médio, máximo, mínimo e o desvio padrão das medidas em cada minuto ou a cada 10 minutos no caso das medidas eólicas.

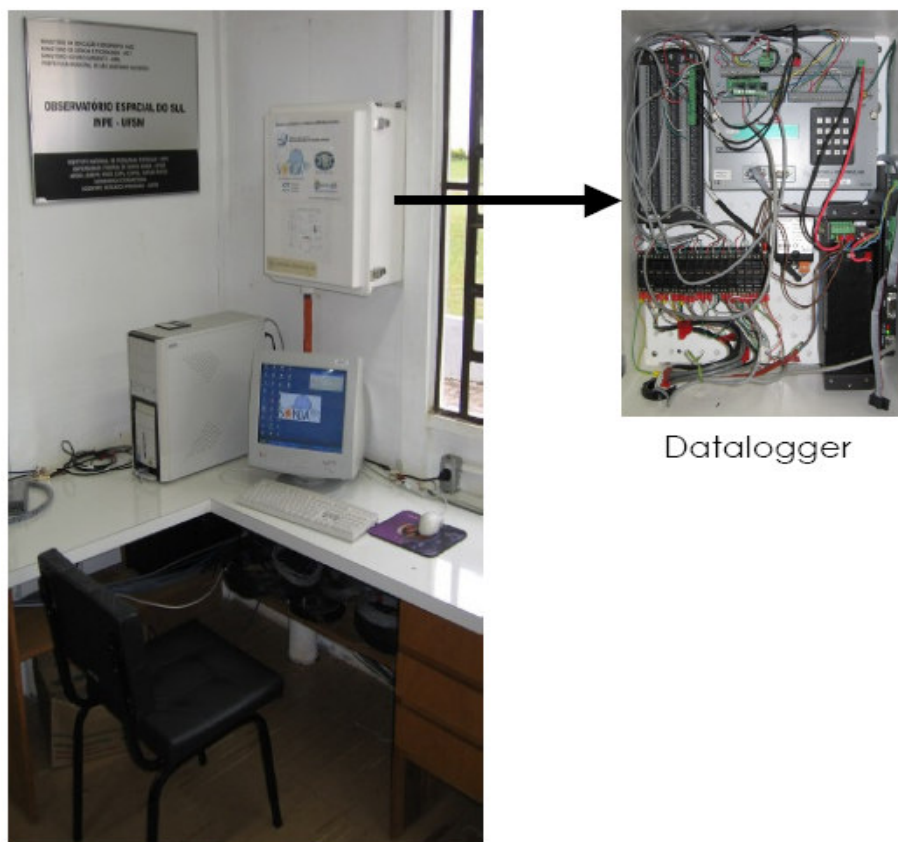


Figura 6.2 – Datalogger CR23X Micrologger junto ao computador SONDA no Prédio 1 do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.

A cada 1 hora, os dados são descarregados para o microcomputador PC SONDA (Prédio 1 do OES) atualizando o banco de dados brutos. Com exceção dos dados do Imageador de nuvens, que representa maior volume de dados, os demais dados podem ser acessados e salvos nos computadores do Laboratório de Energias Renováveis no prédio do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT em Santa Maria,RS via internet através do software *LoggerNet*.

Os dados brutos salvos no LRER são separados em planilhas eletrônicas conforme a classificação em dados solares, eólicos e meteorológicos constituindo os dados semi-tratados.

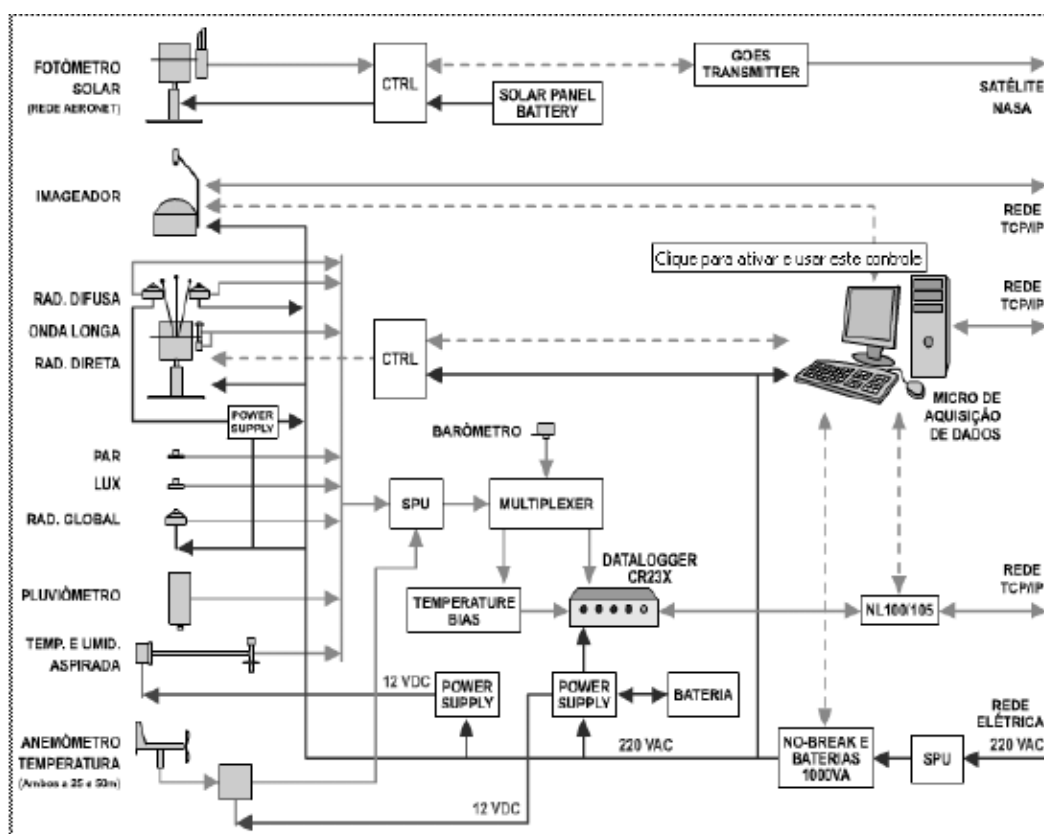


Figura 6.3 – Diagrama da configuração local dos equipamentos instalados na Estação SONDA – SMS no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT. Fonte: SONDA (2007).

A partir dos dados semi-tratados, cada equipamento tem os seus valores médios dos minutos separados em planilhas diárias, que por sua vez são agrupadas em meses e anos, constituindo os dados reduzidos. Os dados solares são plotados temporalmente ao longo do dia em softwares gráficos, obtendo-se a sua curva diária, ao integrar esta curva obtêm-se os seus valores integrais diários. Por outro lado os dados eólicos após serem reduzidos, recebem tratamento estatístico característico.

6.3 – Seleção de Dias de Céu Claro

A seleção dos dias de céu claro é necessária para eliminação das incertezas nas estimativas de irradiação solar associadas à nebulosidade.

As medidas de radiação solar global (Piranômetro CM 21 da *Kipp & Zonen*) e difusa (Piranômetro CM 22 *Kipp & Zonen*) são plotadas temporalmente ao longo de cada dia obtendo-se as curvas diárias de radiação solar global e difusa. Ao observar as curvas diárias, caracteriza-se um dia de céu claro por uma curva suave de traço contínuo, sem variações abruptas, tais como ilustrada na Figura 6.4, que indiquem a presença e/ou passagem de nuvens, formando uma curva com simetria perfeita com pico máximo próximo ao meio-dia do horário solar local conforme ilustrado na Figura 6.5.

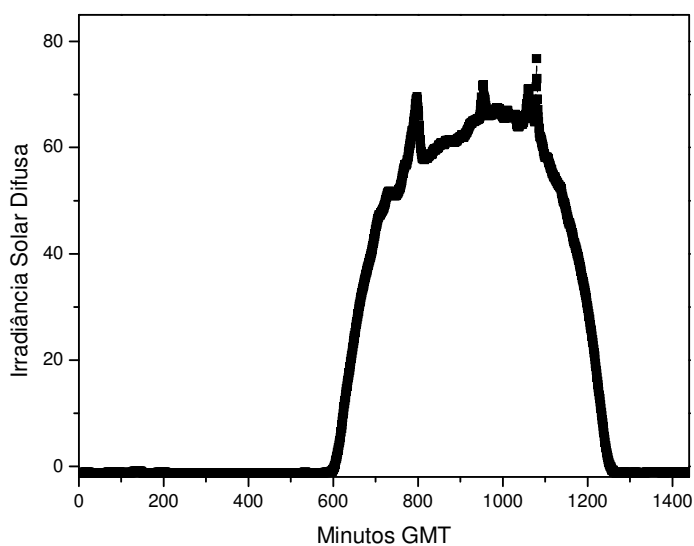


Figura 6.4 – Curva diária de radiação solar difusa no dia 26/05/06 medida no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.

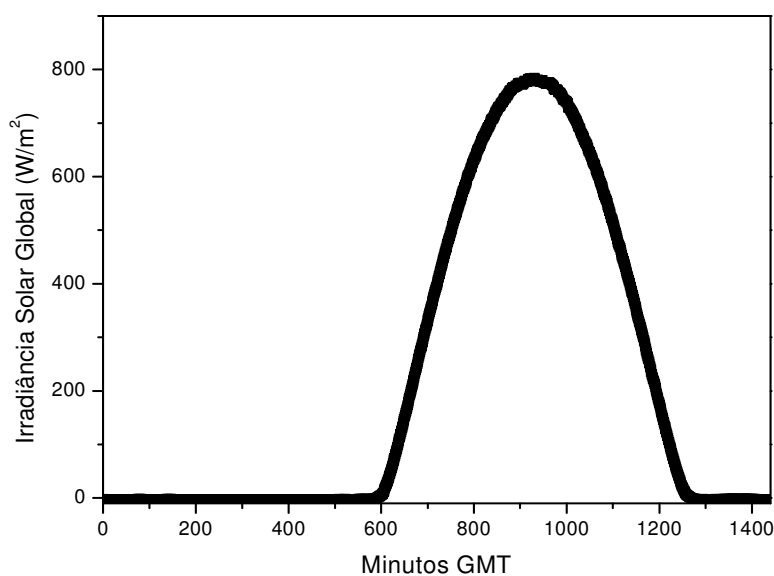


Figura 6.5 – Curva diária de radiação solar global no dia 24/04/06 medida no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.

Os dias pré-selecionados têm seus índices de nebulosidade K_T e parâmetro de radiação difusa K_d calculados de acordo com Iqbal (1983):

$$K_T = \frac{H}{H_0} \quad (6.1)$$

$$K_d = \frac{H_d}{H_0} \quad (6.2)$$

onde H é a integral diária de radiação solar global, H_d é a integral diária de radiação solar difusa, e H_0 é a integral diária de radiação incidente no topo da atmosfera (TDA).

Valores de K_T relativamente inferiores aos dos demais dias pré-selecionados aliados a valores de K_d relativamente superiores aos demais, indicam a ocorrência de uma cobertura de nuvens constante, originando curvas de radiação com comportamento semelhante às curvas características de um dia de céu claro. Neste caso, este dia deve ser excluído do grupo de dias pré-selecionados como dias de céu claro.

Na seleção de dias de céu claro utilizando dados da Estação SONDA – SMS ainda existe uma etapa posterior, que consiste na observação das imagens do céu, registrada pelo Total Sky Imager TSI-440 (YES, Inc) durante os dias pré-selecionados. Caso verificada a

presença de nuvens em alguma imagem, este dia é excluído do grupo de dias pré-selecionados como dias de céu claro.

6.4 – Obtenção de Dados de Queimadas

Os dados de queimadas foram fornecidos pelo CPTEC/INPE – MCT diretamente do site <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>. A primeira etapa consistiu na coleta de focos de queimadas referentes aos anos de 2004, 2005 e 2006, para o Estado do Rio Grande do Sul, contemplando todos os satélites disponíveis (Figura 6.6).

The screenshot shows the 'BD Queimadas' web interface. The title is 'BD Queimadas' in blue. Below it is the section 'Parâmetros Básicos'. The form includes the following fields and options:

- Data Inicial (aaaa-mm-dd): 2005-01-01
- Data Final (aaaa-mm-dd): 2005-12-31
- Pais: BRASIL (dropdown)
- Estado/Região: RS (dropdown)
- Satélite: TODOS (dropdown menu is open, showing a list of satellite options)
- Vegetação: (empty field)
- Por Região: (empty field)
- Norte: 25 (input field)
- Oeste: -90.0 (input field)
- Sul: -40 (input field)
- Clique em: (empty field)
- Gráfi: (empty field)
- Tipo: Político (radio button), Histog (radio button)
- Procurar: (button)
- Nome: (empty field)
- Pais: BRASIL (dropdown)
- Estado/Região: Todos (dropdown)
- Ordenar: Alfabeticamente (dropdown)
- Procurar: (button)

The dropdown menu for 'Satélite' is open, showing the following options:

- TODOS
- NOAA 12 Noite
- NOAA 12 Manhã
- NOAA 14 Noite
- NOAA 16 Tarde
- NOAA 16 Madrugada
- NOAA 15 Manhã
- NOAA 15 Noite
- NOAA 17 Noite
- NOAA 18 Manhã
- NOAA 18 Tarde
- GOES 08 Noite
- GOES 10 Todos
- GOES 12 Todos
- AQUA 01 Todos
- TERRA 01 Todos
- METEOSAT-02 Todos
- MMODIS 01 Tarde
- TODOS (highlighted in red)

Figura 6.6 – Opções de satélites disponíveis para visualização dos focos de queimadas fornecidos pelo CPTEC/INPE – MCT. Fonte: DPI/PROARCO (2007).

As medidas foram obtidas em tabelas eletrônicas, contendo os seguintes dados (Figura 6.7): Número, Latitude, Longitude, Latitude GMS, Longitude GMS, Data, Hora,

6.5 – Obtenção de Dados de Profundidade Óptica dos Aerossóis

Os dados sobre a profundidade óptica dos aerossóis da região caracterizam uma das etapas mais importantes e fundamentais deste trabalho. Com o apoio da Divisão Ambiental de Satélites – DAS/CPTEC/INPE – MCT e do Serviço de Atendimento ao Usuário do CPTEC/INPE – MCT foram obtidos dados de aerossóis para toda a América Latina do sensor MODIS a bordo dos satélites AQUA e TERRA disponibilizadas através do endereço eletrônico <http://paraguay.cptec.inpe.br:8080/produto/aerossóis/#>.

Os dados compreenderam 14 meses de medidas da profundidade óptica de aerossóis referentes ao período de Fevereiro/2006 a Março/2007. Entretanto, mostrou-se necessária a utilização de uma base de dados mais ampla para maior confiabilidade e abrangência do trabalho.

O AERONET (Aerosol Robotic Network) possui 132 radiômetros distribuídos pelo globo conforme demonstrado na Figura 6.8. Estes sensores realizam diversas medidas relacionadas à radiação solar, gases atmosféricos, aerossóis entre outros parâmetros atmosféricos. Neste trabalho, se mostram de maior interesse, dados relativos à atenuação da radiação solar direta em comprimentos de onda específicos e profundidade óptica de aerossóis (AOD).

Os produtos AERONET são disponibilizados em diferentes níveis de confiança, sendo eles: 1.0, obtidos quase em tempo real e sem processamento prévio contra erros comuns como a contaminação por nuvens; 1.5, analisados a partir de um algoritmo que elimina eventuais resultados contaminados por nuvens (Smirnov et al., 2000); 2.0, certificados quanto a eventuais variações de calibração de instrumentos. Maiores informações sobre a Rede AERONET pode ser encontrada no endereço eletrônico <http://aeronet.gsfc.nasa.gov> junto a NASA.

Ao consultar a localização das diferentes Estações da Rede AERONET, identificaram-se as localizações que poderiam contribuir de forma mais significativas para o estudo do perfil de aerossóis em diferentes regiões brasileiras, especialmente próximas as Estações SONDA.

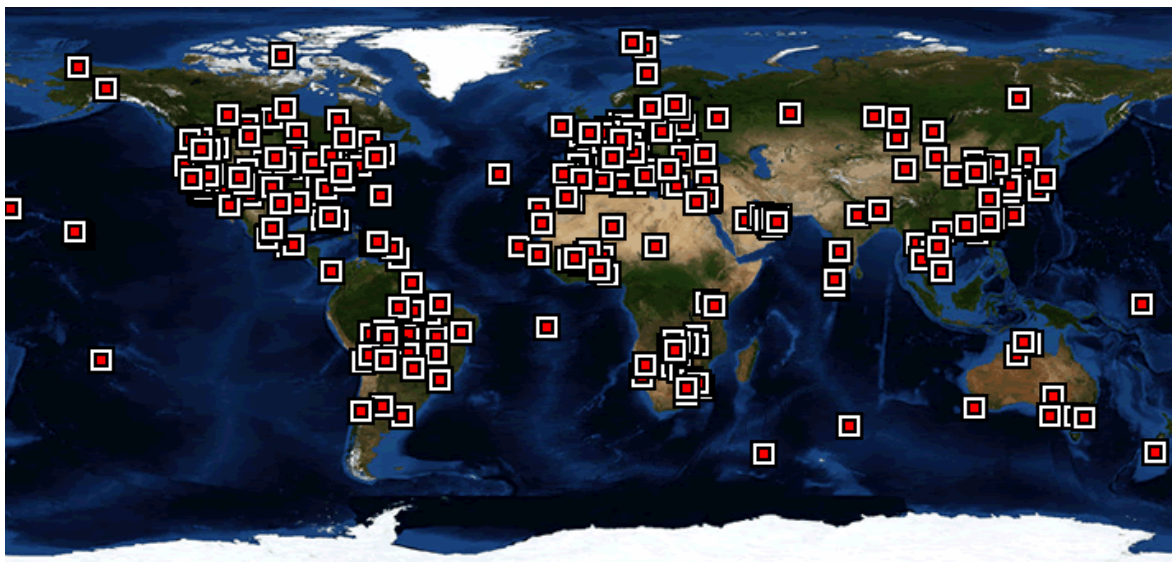


Figura 6.8 – Estações AERONET espalhadas através do globo terrestre. Fonte: AERONET (2007).

Em um primeiro momento selecionou-se as Estações brasileiras localizadas nas cidades de São Paulo-SP e Campo Grande-MS (SONDA) e ainda as Estação argentinas Ceilap-BA localizada em Buenos Aires, e Córdoba-CETT como sítios disponíveis que podem contribuir para a investigação do perfil de Aerossóis da Região Central do Rio Grande do Sul onde está localizada a Estação de Referência SONDA – SMS no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra, RS.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1 – Seleção de Dias de Céu Claro

Os bolsistas realizaram a seleção de dias de céu claro utilizando dados de radiação solar global e radiação solar difusa coletados em diferentes períodos nas Estações SONDA localizadas nos seguintes sítios brasileiros:

- São Martinho da Serra (RS) - Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT), Lat.:29,44°S Lon.: 53,82°O;
- Petrolina (BA), Lat.:9,07°S Lon.:40,32°O;
- Brasília (DF); Lat.:15,60°S Lon.:47,71°O;
- Florianópolis (SC); Lat.:27,60°S Lon.:48,50°O.

Conforme apresentado na Tabela 7.1, a Estação de Referência SONDA – SMS obteve um maior número de dias de céu claro selecionados devido a uma melhor continuidade dos dados e maior período de dados analisado.

Tabela 7.1: Informações relativas à seleção de dias de céu claro nas Estações SONDA

Estação SONDA	Período de dados analisados	Número de dias de céu claro
São Martinho da Serra	Agosto/2004 a Dezembro/2006	53
Florianópolis	Agosto/2004 a Dezembro/2005	13
Brasília	Agosto/2004 a Dezembro/2005	13
Petrolina	Agosto/2004 a Dezembro/2005	7

7.2 Estudo de iluminância em dias de céu claro

Paralelamente as atividades desenvolvidas e descritas anteriormente neste relatório, o bolsista realizou o estudo da iluminância natural em dias de céu claro em função do ângulo zenital solar. Foram empregados dados de radiação solar global e difusa além de medidas da iluminância natural realizadas nas Estações SONDA citadas na Tabela 7.1. A seleção de dias de céu claro foi realizada de acordo com a metodologia apresentada no item 6.3.

Em um primeiro momento, dados de iluminância natural medidos pelo luxímetro LUX LITE (Kipp& Zonen) instalado na Estação de Referência SONDA no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT foram comparados com o modelo empírico de Brown (Seildeman,1992), conforme observado na Figura 7.1 o modelo apresentou boa concordância com os valores observados pela Estação SONDA – SMS, porém foram observados desvios estatísticos na ordem de $MBE = - 147,8\text{Lux}$ e $RMSE = 0,419\text{kLux}$ (Fiorin, et al 2006a) que poderiam ser minimizados pelo desenvolvimento de novos modelos empíricos específicos para as condições atmosféricas brasileiras.

Observando esta questão, foram desenvolvidos modelos empíricos locais com parte dos dados de iluminância natural em dias de céu claro, coletados nas Estações SONDA disponíveis, além de um modelo representativo para todo o território natural (BR) (Fiorin, et al 2006b). O restante dos dados foi utilizado na validação dos modelos locais desenvolvidos, verificando-se baixos desvios estatísticos conforme apresentado na Tabela 7.2. Porém o modelo BR somente apresentou desvios equivalentes para medidas realizadas na Estação SONDA – SMS em São Martinho da Serra,RS e em Brasília,DF. Os maiores desvios estatísticos observados nas demais Estações são atribuídos aos diferentes números de dias de céu claro utilizados de cada local e uma provável alta concentração de aerossóis na cidade de Florianópolis, SC.

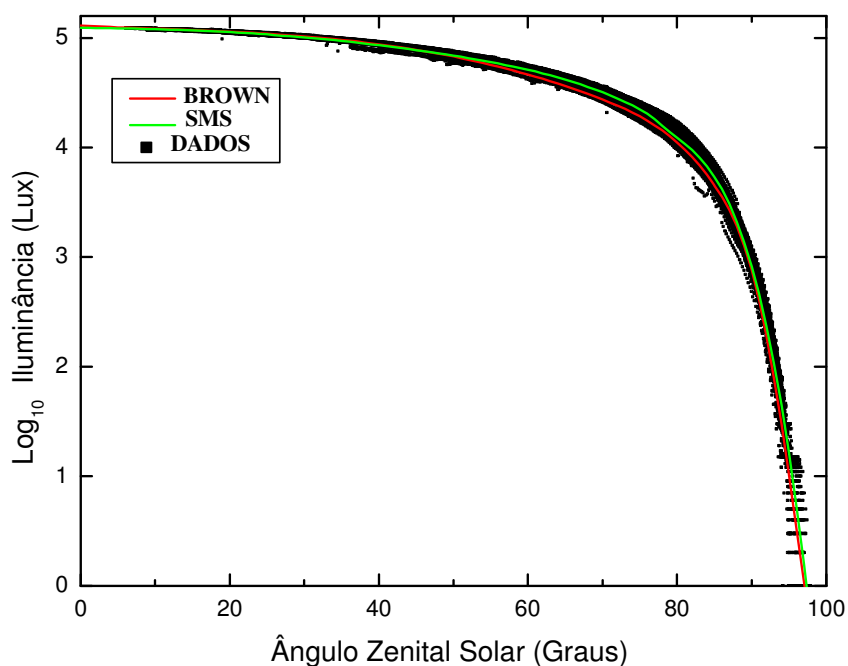


Figura 7.1 – Dispersão das medidas de iluminância natural em função do ângulo zenital solar para o Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT em São Martinho da Serra, RS.

Tabela 7.2 – Medidas Estatísticas realizadas (kLux).

Estação	Desvio	Modelo local	Modelo BR
SMS	MBE	-0,01257	-0,024
	RMSE	0,05374	0,0581
FLN	MBE	-0,0169	0,06636
	RMSE	0,06932	0,09405
BRB	MBE	0,00712	-0,00692
	RMSE	0,04897	0,06074
PTR	MBE	-0,014	-0,07896
	RMSE	0,06993	0,16669

A continuidade do estudo contemplará uma maior série de dados, com uma distribuição mais uniforme do número de dias de céu claro utilizados entre as Estações anteriormente estudadas e novas Estações do Projeto SONDA. A influência da nebulosidade e da espessura óptica dos aerossóis sobre o comportamento da iluminância natural em função do ângulo zenital solar será estudada na continuidade do trabalho

CONCLUSÃO

Durante o período de atividades desta bolsa de iniciação científica os alunos realizaram uma ampla revisão bibliográfica objetivando a introdução ao tema do projeto de iniciação científica permitindo o desenvolvimento dos tópicos descritos anteriormente.

A análise de dados de radiação solar e seleção de dias de céu claro foram realizadas paralelamente com o estudo da iluminância natural em dias de céu claro em diferentes Estações SONDA

Realizou-se a coleta de dados de focos de queimadas em todo o território brasileiro, bem como a aquisição de dados de profundidade ótica dos aerossóis voltados para a região Central do Estado do Rio Grande do Sul.

As análises iniciais não mostraram boas correlações entre as medidas de irradiação solar global e difusa em dias de céu claro realizadas pela Estação de Referência SONDA e o número de focos de queimadas na região. No entanto, esperam-se melhores resultados com a construção modelos empíricos que abordem novos parâmetros como o campo de ventos da região, espessura ótica dos aerossóis e o transporte de aerossóis oriundos de outras regiões da América Latina.

No período de realização deste projeto de pesquisa não foi possível o desenvolvimento destes modelos empíricos, porém a continuidade deste projeto, partindo-se dos dados adquiridos e análises feitas neste período, possibilitará a determinação da influência que as queimadas e profundidade ótica dos aerossóis sobre a região da Estação SONDA – SMS exercem sobre as medidas de irradiação solar global e difusa em dias de céu claro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abel, S.J., Highwood, E.J., Haywood, J.M., Stringer, M.A., 2005. The direct radiative effect of biomass burning aerosols over southern Africa. **Atmospheric Chemistry and Physics** 5, 1999–2018

AERONET, Aerosol Robotic Network. National Aeronautics and Space Administration. Goddard Space Flight Center. Disponível em: <<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>>. Acessado em 10 de maio de 2007.

Anderson, B.E., Grant, W.B., Gregory, G.L., Browell, E.V., Collins Jr., J.E., Sachse, W.G., Bagwell, D.R., Hudgins, C.H., Blake, D.R., Blake, N.J., 1996. Aerosols from burning over the tropical South Atlantic region: distributions and impacts. **J. Geophys. Res.**101(D19) (24), 117–137.

Andreae, M.O.; Almeida, S. S. De; Artaxo, P.; Brandão, C.; Carswell, F. E.; Ciccioli, P.; Culf, A.; Esteves, J. L.; Gash, J.; Grace, J.; Kabat, P.; Lelieveld, J.; Malhi, Y.; Manzi, A. O.; Meixner, F. X.; Nobre, A.; Nobre, C.; Ruivo, M. A. De L.; Silva-Dias, M. A. F.; Stefani, P.; Valentini, R.; Jouanne, J. Von; Waterloo, M. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.D20, p.8.066 – 8.091, 2002. doi:10.1029/2001JD000524.

Andreae, M. O.; Crutzen, P. J. Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. **Science**, v. 276, p.1.052-1.058, 1997.

Artaxo, P., Fernandes, E.T., Martins, J.V., Yamasoe, M.A., Hobbs, P.V., Maenhaut, W., Longo, K.M., Castanho, A., 1998. Large-scale aerosol source apportionment in Amazonia. **J. Geophys. Res.** 103 (D24), 31837–31847.

Artaxo, P., Oliveira, P. H., Lara, L.H., Pauliquevis, T.M., Rizzo, L.V., Junior, C.P., Paixão, M.A., Longo K.M., Freitas, S. e Correia, A.L. 2006. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, 168-22, 2006.

Badarinath, K.V.S., Kharol, S.K., Kaskaoutis, D.G., Kambezidis, H.D., 2006. Influence of atmospheric aerosols on solar spectral irradiance in an urban area. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics** 69 (2007) 589–599.

Balis, D.S., Zerefos, C.S., Kourtidis, K., Bais, A.F., Hofzumahaus, A., Kraus, A., Schmitt, R., Blumthaler, M., Gobbi, G.P., 2002. Measurements and modeling of photolysis rates during the PAUR II campaign. **Journal of Geophysical Research** 107.

Box, M.A., Beck, S., Trautmann, T., 1996. Computational techniques to incorporate aerosol variability in climate models. **J. Geophys. Res.** 101 (D14), 19293–19297.

Brasseur, G. and Solomon, S. **Aeronomy of the Middle Atmosphere**, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 452p. 1986.

Charlson, R.J. Extending atmospheric aerosol measurements to the global scale, **IGAC Newsletter**, v.25, 2001.

Christopher, S.A., Kliche, D.V., Chou, J., Welch, R.M., 1996. First estimates of the radiative forcing of aerosols generated from biomass burning using satellite data. **J. Geophys. Res.** 101, 21256–21273.

Colle, S.; Pereira, E. B. **Atlas de irradiação solar do Brasil (primeira versão para irradiação global derivada de satélite e validada na superfície)**. Brasília: INMET, Outubro, 1998.

Correia, A. L.; Castanho, A.D.A.; Martins, J.V.; Longo, K.; Yamasoe, M.; Artaxo, P. Interferência de Aerossóis. In: Rudorff, B.F.T.; Shimabukuro, Y.E.; Ceballos, J.C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, Bookimage, ISBN 85-8739929-4, p. 297-314, 2006.

Coulson, K. L. **Solar and Terrestrial Radiation: Methods and Measurements**, New York, Academic Press, 1975, 322 p.

Day, D.E., Malm, W.C., Kreidenweis, S.M., 2000. Aerosol light scattering measurements as a function of relative humidity. **Journal of Air and Waste Management Association** 50, 710–716.

DPI/PROARCO, Divisão de Processamento de Imagens. Banco de Dados de Queimadas, Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acessado em 06 de abril de 2007.

DSA/CPTEC, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Divisão de Satélites Ambientais. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acessado em 04 de junho de 2007.

Dubovik, O., Holben, B.N., Eck, T.F., Smirnov, A., Kaufman, Y.J., King, M.D., Tanre` , D., Slutsker, I., 2002. Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations. **Journal of Atmospheric Science** 59, 590–608.

Eck and Coauthors, 2003: Variability of biomass burning aerosol optical characteristics in southern Africa during the SAFARI 2000 dry season campaign and a comparison of single scattering albedo estimates from radiometric measurements. **J. Geophys. Res.**, 108, 8477, doi:10.1029/2002JD002321.

Eck, T.F., Holben, B.N., Slutsker, I., Setzer, A., 1998. Measurements of irradiance attenuation and estimation of aerosol single scattering albedo for biomass burning aerosols in Amazonia. **J. Geophys. Res.** 103 (D24), 31865–31878.

Ferek, R.J., Reid, J.S., Hobbs, P.V., 1998. Emission factors of hydrocarbons, halocarbons, trace gases and particles from biomass burning in Brazil. **J. Geophys. Res.** 103 (D24), 32107–32118.

Fiorin, D.V., Guedes, M., Bertagnolli, R.F., Pes, M.P., Guarnieri, R.A., Martins, F. R., Pereira, E. B., Schuch N. J. 2006a. **Análise de Dados da Iluminância Natural em Dias de Céu Claro e sua Relação com o Ângulo Zenital Solar.** Anais do XVI Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica, Ijuí, 2006.

Fiorin, D.V., Pes, M.P., Guedes, M., Bertagnolli, R.F., Guarnieri, R.A., Martins, F. R., Pereira, E. B., Schuch N. J. 2006b. **Estudo da Iluminância Natural em Dias de Céu Claro em Estações da Rede SONDA.** Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006

Freitas, S., Longo, K., Silva Dias, M., Silva Dias, P., Chatfield, R., Prins, E., Artaxo, P., Grell, G., Recuero, F. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America, **Environmental Fluid Mechanics**, doi:10.1007/s1065200502437, v.5, n.12, p.135–167, 2005.

Horvath, H., 1996. Spectral extinction coefficients of rural aerosol in southern Italy- a case study of cause and effect of variability of atmospheric aerosol. **Journal of Aerosol Science** 27, 437–453.

IPCC2001 – Intergovernmental Panel on Climate Change. A plan for a Research Program on Aerosol Radiative forcing and climate change. **National Academy Press**, Washington, D.C., 2001.

Iqbal, M. **An Introduction to Solar Radiation**, Toronto, Academic Press Canada, 390p., 1983.

Jacobson, M. Z. Strong Radiative Heating due to the Mixing State of Black Carbon in Atmospheric Aerosols. **Nature**, v.409, p.695697, 2001.

Kaufman, Y. J. Remote sensing of direct and indirect aerosol forcing. In: **Aerosol forcing of climate**. Ed. por R. J. Charlson e J. Heintzenberg, John Wiley & Sons, 1995.

Kaufman, Y.J. e Tanré, D. Algorithm for Remote Sensing of Tropospheric Aerosol from MODIS. MODIS ATBD02, NASA/GSFC, 1998. Disponível online em: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod02.pdf.

Kidder, S. Q.; Vonder Haar, T. H. **Satellite Meteorology: an introduction**, San Diego, Academic Press, 466p. 1995.

Kylling, A., Bais, A.F., Blumthaler, M., Schrede, R.J., Zerefos, C.S., Kosmidis, E., 1998. Aerosols on solar UV irradiances during the photochemical activity and solar ultraviolet radiation campaign. **Journal of Geophysical Research** 103, 26051–26060.

Latha, M.K., Badarinath, K.V.S., 2004. Characterization of aerosols and its radiative impacts over urban and rural environments-a case study from Hyderabad and Srisaïlam. **Environmental Pollution** 132, 463–468.

Liou, K. N. **An Introduction to Atmospheric Radiation**, New York, Academic Press Inc., 392p., 1980.

Liousse, C.; Cachier, H.; Grégoire, J.M.; Penner, J.; Lavoué, D.; Hobbs, P.; Scholes, M.; Barbosa, P.; Andreae M. O.; Artaxo, P. Deriving global quantitative estimates for spatial and temporal distributions of biomass burning emissions. In: Granier, C.; Artaxo, P.; Justice, C; Malingreau, J.; Setzer, A. W. Satellite remote sensing of fires: potential and limitations. In: **Ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires**. John Wiley and Sons, 1993. p. 77-88. Publicado como: INPE-7607-PRE/3458.

Liu, D.C., McKeen, S.A., Madronich, S., 1991. Effect of anthropogenic aerosols on biologically active ultraviolet radiation. **Geophysical Research Letters** 8, 2265–2268.

Lohmann, U., Feichter, J., 2005. Global indirect aerosol effects: a review. **Atmospheric Chemistry and Physics** 5, 715–737.

Martins, F.R., 2001. Influência do processo de determinação da cobertura de nuvens e dos aerossóis de queimada no modelo físico de radiação BRASIL-SR. **PhD thesis**. Brazilian Institute for Space Research. São José dos Campos, Brazil.

Martins, F.R., Bueno, E.B., 2005. Parameterization of aerosols from burning biomass in the Brazil-SR radiative transfer model. **Solar Energy** 80, 231-239.

Martins, F.R., Pereira, E.P., Longo, K. **Níveis de Iluminância do céu no alvorecer e no ocaso**. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, 2004.

Molnár, A., Mészáros, E., 2001. On the relation between the size and chemical composition of aerosol particles and their optical properties. **Atmospheric Environment** 35, 5053–5058.

Papayannis, A., Balis, D., Bais, A., Van Der Berch, H., Calpini, B., Durieux, E., Fiorani, L., Jaquet, L., Ziomias, I., Zerefos, C.S., 1998. Role of urban and suburban aerosol on solar UV radiation over Athens, Greece. **Atmospheric Environment** 32, 2193–2201.

Peixoto J. P.; Oort, A. H. **Physics of Climate**, American Institute of Physics, AIP Press, 520p., 1992.

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** 68 (1), 91–107.

Pereira, E.B., Setzer, A.W., Gerab, F., Artaxo, P.E., Pereira, M.C., Monroe, G., 1996. Airborne measurements of burning of biomass aerosols in Brazil related to “TRACE-A” experiment. **J. Geophys. Res.** 101 (D19), 23983–23999.

Pereira, E.B., Martins, F.R., Abreu, S.L., Ruther, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: UNEP, 2006.

Phulpin, T.; Lavenu, F.; Bellan, M.F.; Mougnot, B.; Blasco, F.; Using SPOT-4 HRVIR and VEGETATION sensors to assess impact of tropical forest fires in Roraima, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 10, p. 1943-1966, 2002. Publicado como: INPE-4503-TDL/326.

Pinker, R.T., Laszlo, I., 1989. Derivation of surface solar radiation on a continental scale with the ISCCP B3 data. **IRS_88 Current Problems**, 272–274.

Procópio, A., Remer, L.A., Artaxo, P., Kaufman, Y.J., Schafer, J.S. Multiyear analysis of Amazonian Biomass Burning Smoke Radiative Forcing of Climate. **Geophysical Research Letters**, v.31, doi:10.1029/2003GL018646, 2004.

Reeves, C. (eds). **Emissions of trace gases and aerosols into the atmosphere**, London, Kluwer Academic Publishers, 2004, ISBN: 1-4020-2166-6.

Reid, J.S., Hobbs, P.V., Ferek, R.J., Blake, D.R., Martins, J.V., Dunlap, M.R., Liousse, C., 1998. Physical, chemical and optical properties of regional hazes dominated by smoke in Brazil. *J. Geophys. Res.* 103 (D24), 32059–32080.

Remer, L.A.; Kaufman, Y.J.; Tanré, D.; Matoo, S.; Chu, D.A.; Martins, J.V.; Li, R.R.; Ichoku, C.; Levy, R.C.; Kleidman, R.G., Eck, T.F.; Vermote, E.; Holben, B.N. The MODIS aerosol algorithm, products and validation. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.62, (CLAMS Special Section), p. 947-973, 2005.

Robinson, N. (Ed.) **Solar Radiation**, Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 347p., 1966.

Ryer, A., 1998. **Light measurement handbook**. ISBN 0-9658356-9-3, International Light Inc. Newburyport, USA, 64p.

Schafer, J. S.; Holben, B. N.; Eck, T. F.; Yamasoe, M. A.; Artaxo, P. Atmospheric effects on insolation in the Brazilian Amazon: Observed modification of solar radiation by clouds and smoke and derived single scattering albedo of fire aerosols. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.D20, p.8074, 2002. doi:10.1029/2001JD000428.

Schuster, G.L., Dubovik, O., Holben, B.N., 2006. Ångström exponent and bimodal aerosol size distributions. **Journal of Geophysical Research** 111, D07207.

Seidelmann P.K.(ed.) **Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac**. ISBN 0-935702-68-7, University Science Books, 1992.

Seinfeld, J.H. e Pandis, S.N. **Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change**. Wiley, New York, U.S.A., 1998.

Setzer, A.W., Pereira, M.C., Pereira, A.C., 1994. Satellite studies of biomass burning in Amazonia—some practical aspects. **Remote Sensing Rev.** 10, 91–103.

Smirnov, A., Holben, B.N., Eck, T.F.; Dubovik, O., Slutsker, I. Cloud-screening and quality control algorithms for the AERONET database. **Remote Sensing of the Environment**, v.73, p.337-349, 2000.

Smirnov, A., Holben, B.N., Kaufman, Y.J., Dubovik, O., Eck, T.F., Slutsker, I., Paitras, C., Halthore, R.N., 2002. Optical properties of atmospheric aerosol in maritime environments. **Journal Atmospheric Science** 59, 501–523.

SONDA, Sistema Nacional de Organização Nacional de Dados Ambientais. Estações do Projeto SONDA. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/sonda/>>. Acessado em 10 de junho de 2007.

Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. **Atmospheric Science: an introductory survey**, San Diego, Academic Press, 467p. 1977.

Whitlock, C.H., Tarpley, D. 1996. Satellite-Based solar radiation data archives and new data. In: **Proceedings of the workshop: Satellites for Solar Energy Resource Information**, Washington, DC, April 10–11.

Yamasoe, M. A.; Kaufman, Y. J.; Dubovik, O.; Remer, L. A.; Holben, B. N.; Artaxo, P. Retrieval of the real part of the refractive index of aerosols from sun/sky radiometers during SCAR-B. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n.D24, p.31893-31902, 1998.

Yamasoe, M. A.; Artaxo, P.; Miguel, A. H.; Allen, A. G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of biomass burning in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, v.34, p.1.641-1.653, 2000.

APÊNDICE A

TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS APRESENTADOS EM EVENTOS

Neste Apêndice estão enumerados os trabalhos de autoria e co-autoria dos bolsista, apresentados em eventos científicos durante o período de vigência da bolsa PIBIC/INPE – CNPq/MCT no CRS/CIE/INPE – MCT.

EVENTO: XXI Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE 2006, 04 a 06 de outubro de 2006 – Ijuí – RS.

1 – ANÁLISE DE DADOS DA ILUMINÂNCIA NATURAL EM DIAS DE CÉU CLARO E SUA RELAÇÃO COM O ÂNGULO ZENITAL SOLAR

Autores: Daniel V. Fiorin, Marcus Guedes; Rafael F. Bertagnolli; Marcelo P. Pes; Ricardo A. Guarnieri; Fernando R. Martins; Enio B. Pereira; Nelson J. Schuch.

2 – DETERMINAÇÃO DA ILUMINÂNCIA NATURAL A PARTIR DE DADOS DA IRRADIAÇÃO GLOBAL INCIDENTE NA SUPERFÍCIE TERRESTRE.

Autores: Marcus Guedes; Rafael F. Bertagnolli; Daniel V. Fiorin; Marcelo Pizzuti Pes; Ricardo A. Guarnieri; Fernando R. Martins; Enio B. Pereira & Nelson J. Schuch.

3 – ESTUDO PRELIMINAR DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO EÓLICA PARA A REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL.

Autores: Rafael F. Bertagnolli; Marcus Guedes; Daniel V. Fiorin; Marcelo P. Pes; Ricardo A. Guarnieri; Fernando R. Martins; Enio B. Pereira & Nelson J. Schuch.

EVENTO: Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia – SBGEA, 23 a 26 de outubro de 2006 – São José dos Campos – SP.

1 – ESTUDO DA ILUMINÂNCIA NATURAL EM DIAS DE CÉU CLARO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE – MCT.

Autores: Fiorin D. V.; Pes, M. P.; Guedes, M.; Bertagnolli, R. F.; Guarnieri, R. A.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J.

2 – ESTUDO DE CASO DA INTERFERÊNCIA DO VENTO NORTE SOB A RADIAÇÃO SOLAR DIFUSA NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Autores: Guedes, M.; Pes, M. P.; Bertagnolli, R. F.; Fiorin D. V.; Arbage, M. C. A.; Guarnieri, R. A.; Acevedo O. C.; Degrazia G. A.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J.

3 – ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA DA REDE NACIONAL SONDA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, SÃO MARTINHO DA SERRA, RS.

Autores: Pes, M. P.; Guedes, M.; Bertagnolli, R. F.; Fiorin D. V.; Guarnieri, R. A.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J.

EVENTO: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 27 de novembro a 01 de dezembro de 2006 – Florianópolis – SC.

1 – ESTUDO DA ILUMINÂNCIA NATURAL EM DIAS DE CÉU CLARO EM ESTAÇÕES DA REDE SONDA.

Autores: Fiorin, D. V.; Pes, M. P.; Guedes, M.; Bertagnolli, R. F.; Guarnieri, R. A.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J

2 – DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO EMPÍRICO PARA ESTIMATIVA DE RADIAÇÃO SOLAR DIFUSA A PARTIR DE DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Autores: Guedes, M; Pes, M. P.; Bertagnolli, R.; **Fiorin, D.V.**; Guarnieri, R. A.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J.

3 – RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – ESTIMATIVAS DETERMINADAS ATRAVÉS DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL E OZÔNIO ATMOSFÉRICO.

Autores: Pes, M. P.; Guedes, M.; Bertagnolli, R. F.; **Fiorin, D. V.**; Guarnieri, R. A.; Martins, F.R.; Pereira, E. B.; Schuch, N. J.

EVENTO: XXI Jornada Acadêmica Integrada – JAI, 28 a 30 de novembro de 2006 – Santa Maria – RS.

1 – ESTUDO DO POTENCIAL SOLAR DO SUL DO BRASIL.

Autores: Marcus Guedes; **Daniel V. Fiorin**; Marcelo P. Pes; Rafael F. Bertagnolli; Ricardo A. Guarnieri; Fernando R. Martins; Enio B. Pereira; Nelson Jorge Schuch.

2 – ANÁLISES DOS DADOS DE VENTOS UTILIZANDO O MODELO WASP NA REGIÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL.

Autores: Rafael Fettermann Bertagnolli; Marcelo Pizzuti Pes; Marcus Guedes; **Daniel Fiorin**; Ricardo André Guarnieri; Fernando Ramos Martins; Enio Bueno Pereira; Nelson Jorge Schuch.



EVENTO: XVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Química – CONEEQ, 20 a 28 de janeiro de 2007 – Curitiba – PR.

1 – A ENGENHARIA E TECNOLOGIAS SOFISTICADAS APLICADAS NA PESQUISA DE RECURSOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.

Autores: D.V.Fiorin; N.J.Schuch; F.R.Martins; M.P.Pes; M.Guedes; R.A.Guarnieri; E.B.Pereira.



APÊDICE B

CERTIFICADOS

Este Apêndice apresenta os certificados dos trabalhos apresentados pelos bolsistas em eventos científicos na qualidade de autor durante o período de vigência da Bolsa PIBIC/INPE –CNPq/MCT, no Laboratório de Energias Renováveis do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria.RS.

Certificamos que o(a) aluno(a) **Daniel Vinicius Fiorin** apresentou o trabalho

A engenharia e tecnologias sofisticadas aplicadas na pesquisa de recursos de energias renováveis

e obteve a **Terceira Colocação** na avaliação da **Mostra de Iniciação Científica do 16º CONEEQ**, realizado na **Universidade Federal do Paraná**.



CONEEQ 2007

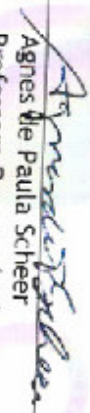
petróleo auto-suficiência e sustentabilidade

XVI CONEEQ

Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Química

Curitiba, 20 a 27 de janeiro de 2007

Certificada


Agnes de Paula Scheer
Professora Responsável


André Fabre Ballalai Ferraz
Coordenador Geral





SBGE 2006 CERTIFICADO

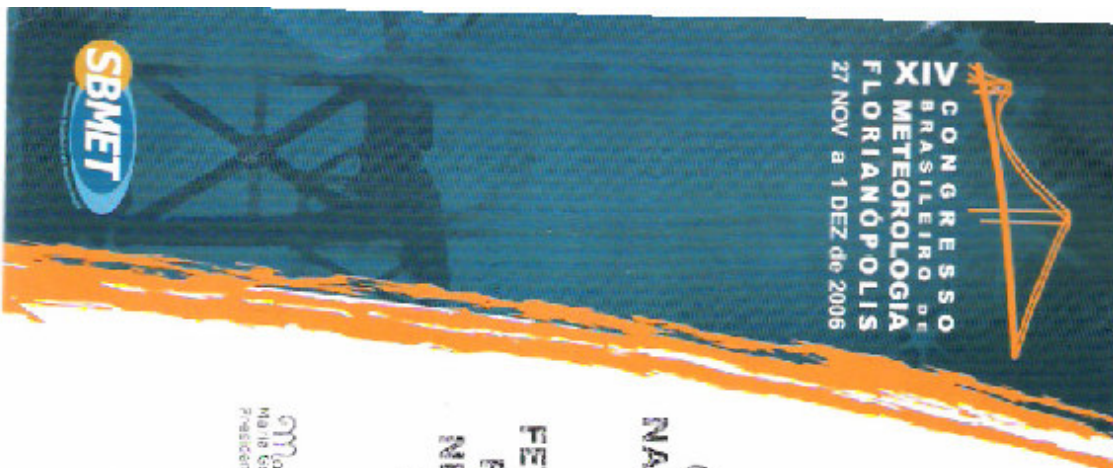
Certificamos que **DANIEL VINICIUS FIORIN** participou do **Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronômia**, realizado em São José dos Campos de 23 a 26 de outubro de 2006, na qualidade de apresentador.

Hisao Takahashi
Presidente do Comitê Organizador

Inez Saebarahi Batista
Vice-Presidente do Comitê Organizador Local

PROMOÇÃO **PATROCÍNIO** **APOIO**

Logos of sponsors: INPE, SBGE, CNPq, SBGE, Unifap, Alcatel, TAPESP.



CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho "ESTUDO DA ILUMINÂNCIA NATURAL EM DIAS DE CÉU CLARO EM ESTAÇÕES DA REDE SONDA", de autoria de: DANIEL VINICIUS FIORINI; MARCELO PIZZUTI PES; MARCUS GUEDES; RAFAEL FETERMAN BERTAGNOLI; RICARDO ANDRÉ GUARNIERI; FERNANDO RAMOS MARTINS; ENIO BUENO PEREIRA; NELSON JORGE SCHUCH, foi apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, em 28 de novembro de 2006.

Marcia G. A. Faust
Márcia Garcia de Azevedo Faust
Presidente

Samuel Roberto Xavier
Samuel Roberto Xavier
Diretor Científico

PARCELOS

FORO

