



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**APRIMORAMENTO DE ALGORITMOS PARA A
DETERMINAÇÃO DE COBERTURA EFETIVA DE NUVENS A
PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO.**

Luciana Machado de Moura

**Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica
(PIBIC – INPE/CNPq)**

Processo no.: 116099/2010-0

Orientador: Fernando Ramos Martins
Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

São José dos Campos

2011

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o aperfeiçoamento dos algoritmos para a determinação da cobertura efetiva de nuvens em imagens do satélite geoestacionário GOES. A cobertura efetiva de nuvens é utilizada para alimentar o modelo de transferência radiativa BRASIL-SR utilizado para o mapeamento de recursos de energia solar no território brasileiro.

A radiação solar fornece energia para todos os seres vivos e para alguns sistemas de sensores (passivos); o homem contribui de forma direta para as constantes mudanças climáticas ao meio ambiente, a utilização de satélites artificiais, vem sendo cada vez mais explorada na utilização em pesquisas científicas, tendo como grande foco as áreas meteorológicas.

As nuvens são o principal fator de modulação da irradiação solar incidente na superfície e desempenham um papel fundamental no balanço energético do planeta. As nuvens, apresentam importância no controle da temperatura na superfície uma vez que está relacionada com a capacidade de reflexão da energia solar. Além disso, a observação das nuvens também são relevantes para observar e obter informações sobre fenômenos meteorológicos como furacões, ciclones, frentes frias.

O modelo Brasil-SR foi desenvolvido no INPE com o apoio da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e do instituto de pesquisa GKSS/Alemanha. O modelo Brasil-SR utiliza informações climatológicas de temperatura, visibilidade atmosférica, albedo de superfície e umidade relativa em conjunto com a cobertura efetiva de nuvens para parametrizar os processos radiativos que ocorrem na atmosfera. O modelo Brasil-SR permitiu a geração de um banco de dados confiáveis sobre o potencial de energia solar no Brasil e resultou na publicação do Atlas Brasileiro de Energia Solar.

As atividades desenvolvidas estão em fase inicial em razão de que a bolsista se integrou ao projeto em Fevereiro/2011. Neste período, foi desenvolvida as competências para desenvolvimento de algoritmos utilizando o pacote computacional MATLAB para o processamento de imagens do satélite GOES. Os primeiros resultados são esperados para o fim de 2011. Dados observados em estações meteorológicas em operação em aeroportos nacionais serão utilizados para validação dos algoritmos em

desenvolvimento. Esta etapa de comparação com dados de superfície deverá ocorrer a partir de Setembro/2011.

Lista de Figuras

Figura 1. Espectro de radiação eletromagnética em função do comprimento de onda (μm)	9
Figura 2. Espectro da radiação eletromagnética emitida pelo Sol.....	10
Figura 3. Espectro eletromagnético da radiação infravermelha emitida pela Terra.	11
Figura 4. Tipos de nuvens observados com frequência e suas principais características como altura da base da nuvem, dimensão da nuvem e conteúdo de água e gelo.	13

Lista de Siglas

CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
ICEA	Instituto de Controle do Espaço Aéreo
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
GOES	Satélite Ambiental de ordem geoestacionária
SCD	Satélites Coletores de Dados
SR	Sensoriamento Remoto
SSR	Sistema de Sensoriamento Remoto
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNITAU	Universidade de Taubaté

Sumário

Resumo do Plano de Trabalho.....	6
Resumo das Atividades realizadas	6
Introdução.....	6
Objetivos Gerais	8
Objetivos Específicos	8
ATIVIDADES REALIZADAS	9
1. Revisão Bibliográfica	9
<i>Radiação Solar</i>	9
<i>Sistemas Multiespectrais de Sensoriamento Remoto</i>	10
<i>Radiação Infravermelha</i>	11
<i>Cobertura efetiva de nuvens</i>	12
<i>Classificação das nuvens</i>	12
<i>Imagens de satélites</i>	13
<i>Modelo de transferência radiativa BRASIL- SR</i>	14
<i>Material e Método</i>	14
Resultados obtidos até o momento	15
Formação acadêmica	15
Referências	17

Resumo do Plano de Trabalho

Este trabalho tem como objetivo o aperfeiçoamento da precisão dos algoritmos para a determinação da cobertura efetiva de nuvens, utilizando o pacote MATLAB, dados de satélites geostacionários e dados de superfície cedidos pelo ICEA e dados coletados nas estações da rede SONDA. Os dados de superfície serão utilizados para a validação dos dados dos algoritmos computacionais desenvolvidos durante a pesquisa.

Resumo das Atividades realizadas

A estudante assumiu o projeto de iniciação científica no mês de Fevereiro/2011 em substituição Evandro Faria Lins que solicitou desligamento por razões pessoais ligadas a sua contratação profissional em empresa do setor privado. Foram realizadas atividades de pesquisa bibliográfica de textos e artigos relacionados ao tema de estudo durante os 4½ meses de vigência da bolsa de Iniciação Científica. Em paralelo, iniciou-se o processo de aprendizagem do uso do pacote MATLAB por meio de estudo dirigido com uso de apostilas, realização de pesquisas e execução de exercícios práticos. A bolsista já iniciou a manipulação de imagens de satélite por meio de algoritmos desenvolvidos em MATLAB e está pronta também para trabalhar com os dados coletados pela rede SONDA.

Introdução

O meio ambiente está sofrendo constantes mudanças climáticas devido às causas naturais e antropogênicas que contribuem para o aquecimento do planeta. O homem é hoje um dos seres que mais agride o meio ambiente isto vem ocorrendo desde a revolução industrial quando a utilização de energia cresceu drasticamente aumentando a demanda por carvão e petróleo; a utilização de energias não renováveis, o desflorestamento, emissões de gases poluentes, construções de usinas hidrelétricas que alagam grandes áreas de solos, o crescimento tecnológico, entre outros aspectos que vêm contribuindo diretamente para o impacto ao meio ambiente. A utilização de energia renovável ainda é pouco explorada no Brasil, é preciso investimentos em pesquisa e tecnologia, ações governamentais de incentivo e campanhas de conscientização para que seja utilizada. As energias renováveis como a energia solar e eólica são fontes inesgotáveis e contribuem para a diminuição ao impacto ambiental.

A utilização de satélites artificiais com a finalidade de pesquisa científica nas áreas de meteorologia, astronomia, astrofísica, geofísica espacial entre outras áreas vem crescendo significativamente nas últimas décadas. O uso de imagens de satélite para estudo ambientais destaca uma visão sinóptica e multitemporal, que tem por objetivo visualizar a transformação dos impactos causados pelo homem e causas naturais, devido ao uso e ocupação do solo. Algumas características são mais fáceis de serem interpretadas nas imagens de satélite como relevo, vegetação e a água. O INPE dispõe de satélites coletores de dados (SCD). Estes satélites não coletam dados meteorológicos, mas são responsáveis pela transferência de dados como temperatura, índice de chuvas umidade entre outras entre diversas estações de coleta de dados em superfície para estações centralizadas responsáveis pelo armazenamento e disponibilização dos dados.

O satélite CBERS é uma parceria entre China e Brasil o primeiro lançamento aconteceu em 1999. O satélite CBERS é responsável por mais de 70% das imagens distribuídas gratuitamente pelo INPE e tem por objetivo integrar o sistema brasileiro de coleta de dados ambientais.

Os satélites de comunicação e meteorológicos giram em orbitas geoestacionárias da Terra com raio de aproximadamente 36.000 quilômetros de altitude, permitindo a obtenção de dados com frequência temporal elevada e com grande resolução temporal. Os satélites geoestacionários ficam próximos a linha do equador possuem em média uma rotação de 24h equivalendo a rotação da Terra. A partir dos satélites meteorológicos é possível obter imagens de cobertura de nuvens sobre a Terra, observando fenômenos como: furacões frentes frias ciclones geadas. No Brasil os mais utilizados para obtenção de dados de satélites meteorológicos são os satélites europeu METEOSAT e o norte-americano GOES.

A identificação de nuvens por satélites é obtida muitas vezes em identificações individuais variando de acordo com sua aparência, algumas tendo características únicas identificando-as nas imagens de satélites pelo seu brilho, textura e padrões de organização. As nuvens são reguladoras de temperatura para o planeta Terra; alguns tipos podem provocar o resfriamento da superfície após refletir radiação solar de volta para o espaço, outros tipos de nuvens contribuem para o aquecimento em razão da interação da radiação com as radiações de ondas longas emitidas pela Terra.;A ocorrência e distribuição espacial das nuvens se deve a processos físicos de circulação atmosférica e distribuição dos oceanos e continentes.

A utilização de imagens de satélite na previsão do tempo é muito utilizada devido a sua vasta cobertura espacial, cobrindo grandes áreas territoriais, até mesmo as de difíceis acessos, áreas oceânicas. Além disso, o uso de satélites permite uma alta cobertura temporal. O banco de imagens do satélite GOES disponível para uso neste projeto apresenta resolução temporal de trinta minutos a partir de 2003 até o momento atual.

O índice de cobertura de nuvens é um dos dados de entrada mais importante para a obtenção de estimativas de recurso energético solar com uso de modelos de transferência radiativa como exemplo, o modelo BRASIL-SR. A obtenção dessa informação a partir de imagens de satélites é uma tarefa complexa devido à variabilidade das características climatológicas apresentadas no Brasil de modo que um grande esforço científico tem sido desenvolvido para obtenção de valores precisos e confiáveis (MARTINS et al., 2006). Além do índice de cobertura de nuvens, o modelo BRASIL-SR utiliza informações climatológicas de variáveis meteorológicas para parametrizar os processos físicos de interação da radiação solar com os constituintes da atmosfera. É um modelo de transferência radioativa desenvolvido pelo INPE em parceria com a UFSC, a partir do modelo físico GKSS/Alemanha.

Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo geral aprimorar algoritmos para a cobertura efetiva de nuvens a partir de imagens de satélites geoestacionárias.

Objetivos Específicos

- 1- Desenvolver scripts e códigos para manipulação de imagens de satélite com o uso de ferramentas disponíveis no MATLAB;
- 2- Realizar busca de dados para a validação dos algoritmos computacionais;
- 3- Avaliar a qualidade dos dados a serem utilizados na validação de algoritmos utilizando critérios estabelecidos na comunidade científica;
- 4- Organizar a base de imagens de satélite GOES adotada no projeto
- 5- Avaliar e aprimorar algoritmos existentes e desenvolver melhorias para a determinação de cobertura efetiva de nuvens;

ATIVIDADES REALIZADAS

1. Revisão Bibliográfica

Apresenta-se abaixo um resumo dos principais temas abordados na revisão bibliográfica realizada no período de vigência da bolsa.

Radiação Solar

A radiação solar é a fonte de energia para todos os processos físicos, químicos e biológicos que envolvem a superfície terrestre. A radiação solar fornece energia para todos os seres vivos e para alguns sistemas de sensores passivos (JENSEN, 2001).

O Sol é considerado uma estrela de quinta grandeza, possuindo em média 71% de hidrogênio e 26% de hélio devido a sua alta temperatura, transforma-se hidrogênio em hélio havendo perda de massa que é compensada por emissão de energia. (JENSEN, 2001). Essas reações nucleares que ocorrem no Sol são responsáveis pela emissão de radiações eletromagnéticas, com diferentes comprimentos de ondas. A radiação solar são muitas vezes denominadas por radiação de ondas curtas já grande parte da radiação emitida pelo Sol encontra-se na faixa de 0 a 4 μm do espectro eletromagnético. Por outro lado, as radiações de onda longa, com comprimento maiores de 0,4 μm , são resultado da emissão de energia pela Terra, como mostra a figura 01. A intensidade da radiação solar é maior na região dos comprimentos de onda visível e do ultravioleta, conforme mostra a figura 02.

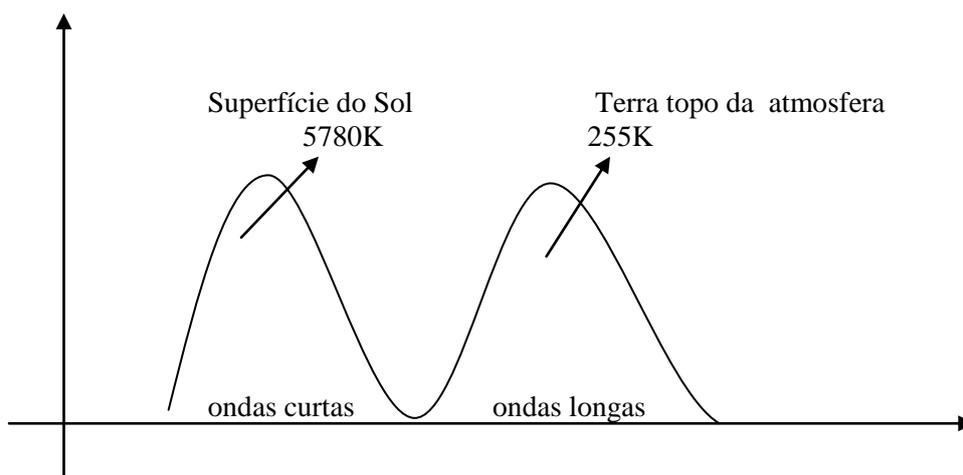


Figura 1. Espectro de radiação eletromagnética em função do comprimento de onda (μm)

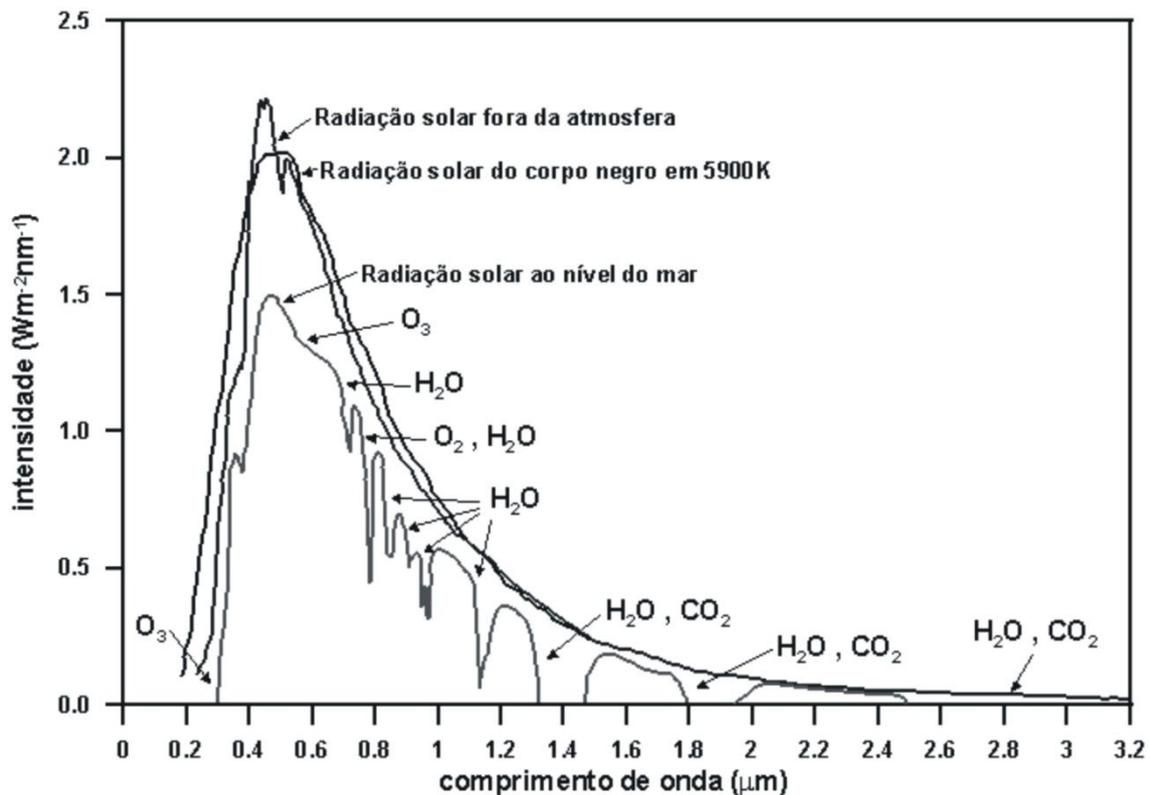


Figura 2. Espectro da radiação eletromagnética emitida pelo Sol.

Sistemas Multiespectrais de Sensoriamento Remoto

Os sistemas multiespectrais consistem de sensores capazes de produzir imagens de um mesmo objeto, tomadas com diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas. (GOMES, 1988). Esses sensores registram a energia refletida ou emitida de um objeto ou área de interesse em múltiplas bandas, do espectro eletromagnético.

O SSR detecta a energia eletromagnética que deixa o fenômeno de interesse e atravessa a atmosfera, fazendo com que a energia seja adquirida como um sinal elétrico analógico que posteriormente é convertido para um valor digital.

A radiação do espectro visível e infravermelho normalmente são registrados por sistemas de sensores remotos passivos que utilizam métodos de varredura como ('scanner') registrando a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos terrestres em vários intervalos de comprimento de onda. Os dados do SSR são armazenados normalmente na forma de matriz numérica; (i) para linha, (j) para coluna. O pixel representa a intensidade da radiação eletromagnética observada pelo SSR por meio de valores numéricos para cada par (coluna, linha).

Radiação Infravermelha

A radiação infravermelha é uma radiação não ionizante na faixa de 4 μm a 12 μm do espectro eletromagnético (SANTOS, 2011). Os raios infravermelhos são constituídos por radiação composta por fótons cuja frequência é maior que 8×10^{11} Hz e menor que 3×10^{14} Hz, isto é, radiação eletromagnética com frequência inferior à da luz vermelha, mas superior à das ondas de rádio (SANTOS, 2011).

A radiação infravermelha é responsável pela troca de energia térmica (SANTOS, 2011). Se não houvesse esse tipo de radiação não ocorreria troca de calor entre corpos diferentes no espaço. É por meio de emissão de radiação infravermelha que o corpo mais quente acaba cedendo energia para o corpo mais frio atingindo uma temperatura de equilíbrio.

Utiliza-se a radiação infravermelha para aquecer ambientes, em usos terapêuticos na área da medicina. Todo corpo emite radiação infravermelha associado a sua temperatura. Esse fenômeno permite a utilização de equipamento para visão noturna, quando a quantidade de luz (radiação eletromagnética na faixa do visível). A emissão de radiação infravermelha pela Terra é observada por satélites meteorológicos para obtenção de informações sobre o estado da atmosfera e da superfície do planeta. A figura 3 apresenta o espectro eletromagnético de emissão da Terra.

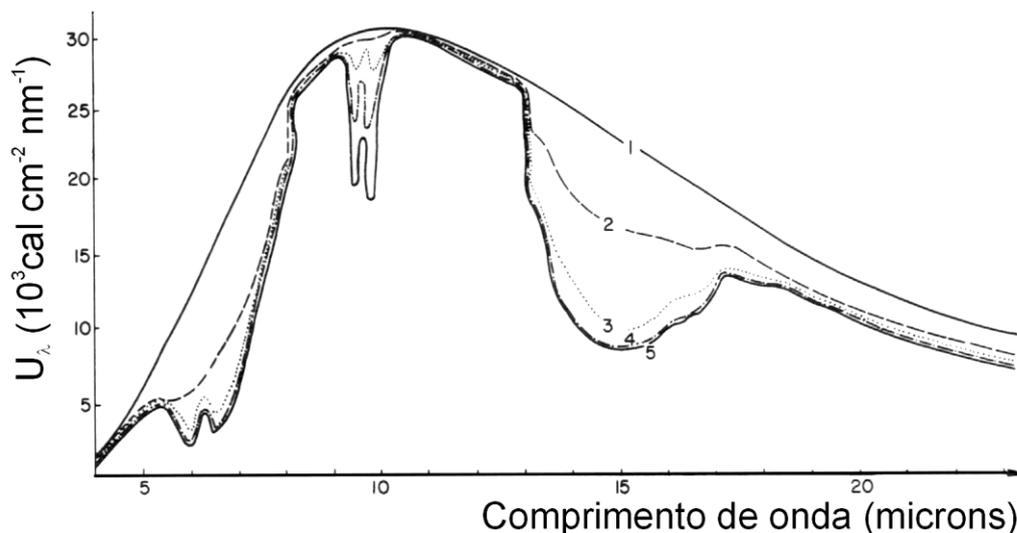


Figura 3. Espectro eletromagnético da radiação infravermelha emitida pela Terra.

Cobertura efetiva de nuvens

A formação de nuvens ocorre devido à evaporação da água de rios, lagos e oceanos. As radiações solares causam a evaporação nas partículas de água passando de líquido para gasoso. Por convecção, as moléculas gasosas sobem na atmosfera e ao encontrar altitudes elevadas pressões atmosféricas e temperaturas baixas a água se condensa na forma de gotículas ou em pequenos cristais de gelo; ocorrendo a formação de nuvens,

Quanto maior a quantidade de vapores de água presente no ar, maior será a sua capacidade de formação de nuvem. Na ausência de núcleos de condensação, a atmosfera poderá atingir um estado de supersaturação não havendo formação de nuvens (SOUZA et al., 2006).

As informações sobre a cobertura efetiva das nuvens tem aplicações em diversos setores da economia, por exemplo, na construção civil conhecendo a dinâmica da luz natural os projetos podem oferecer maior conforto térmico e melhor aproveitamento da luminosidade natural de modo a aumentar a eficiência energética nas construções. A luminosidade natural varia de acordo com as condições da cobertura de nuvens (SOUZA et al., 2006),.

Classificação das nuvens

Os tipos de nuvens são classificadas de acordo com as características físicas como, altitude, forma, cor. Atualmente são considerados dez tipos, no entanto os dados são revisados constantemente. A figura 4 ilustra os tipos de nuvens mais comuns observados.

As nuvens são caracterizadas pela altura onde se formam, quantidade de água, estado físico. A interação da radiação solar com a nuvem depende das características físicas por ela apresentadas.

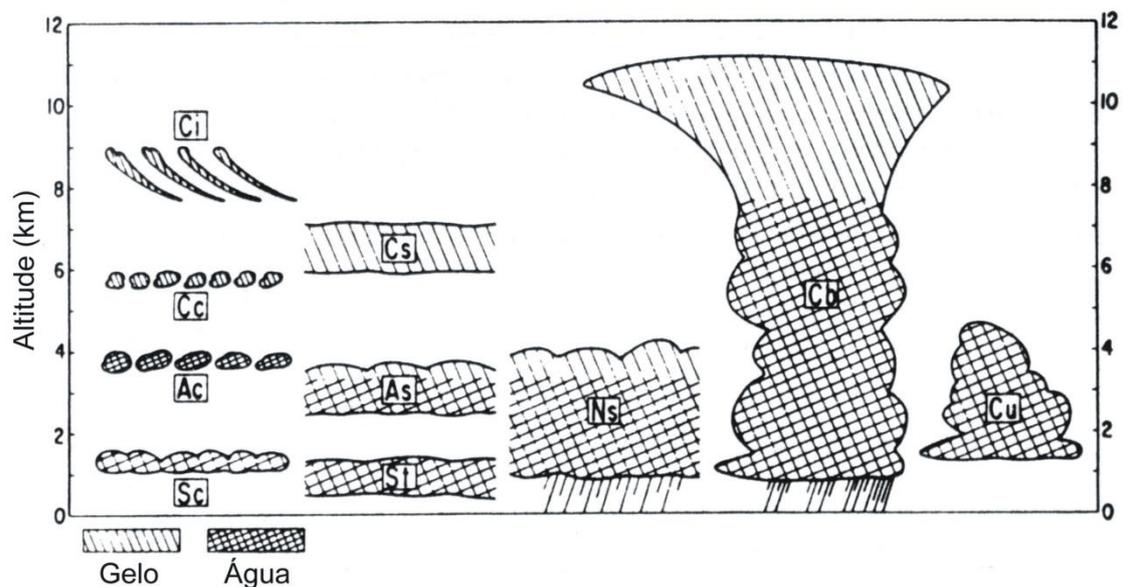


Figura 4. Tipos de nuvens observados com frequência e suas principais características como altura da base da nuvem, dimensão da nuvem e conteúdo de água e gelo.

Os tipos de nuvens são, stratus (St), stratocumulus(Sc), cumulus(Cu), cumulonimbus (Cb – nuvens baixas); nimbostratus (Ns), altostratus (As), altocumulus (Ac - nuvens médias); cirrus (Ci), cirrocumulos (Cc) e cirrostratus (Cs - nuvens altas) (SOUZA; MARTINS; PEREIRA, 2006).

Imagens de satélites

Os dados das imagens de satélites possibilitam a visualização, estudo e o monitoramento das áreas da superfície da Terra. Alguns países investem mais na área de meteorologia para a prevenção de catástrofes. Um satélite geostacionário fica próximo a linha do Equador, com uma altitude de aproximadamente 36000 km, possuindo uma rotação próxima a rotação da Terra. O Brasil ainda não possui um satélite geostacionário os satélites que o Brasil possui são de baixa altitude utilizados para observar a Terra e coletar dados ambientais.

As imagens de satélites mostram a transformação de uma paisagem, os impactos causados ao longo do tempo. Dificilmente encontramos um lugar onde não há interferência humana. As imagens de satélites são utilizadas na detecção de monitoramento de incêndios, áreas queimadas, desmatamento, erosão, escorregamento de encostas, inundações, previsão do tempo entre outras atividades.

A imagem na faixa do visível representa a quantidade de radiação solar que será refletida pela superfície da Terra. Essas imagens do visível não fornecem informações quando há ausência de luz solar (período noturno). As nuvens e neves são representadas pelas cores brancas (maior intensidade de radiação refletida observada pelo satélite). Quando há ausência de nuvem, a imagem se apresenta mais escura em razão de que a superfície reflete a radiação solar em menor proporção.

As imagens do infravermelho representam a radiação infravermelha emitida pelas nuvens ou pela superfície terrestre. A imagem captura na faixa da radiação infravermelha fornece informações sobre a temperatura dos objetos observados. A intensidade da imagem está associada à temperatura. Valores menores de radiação infravermelha é observada para o topo das nuvens que estão em temperaturas menores que a superfície da Terra. Dessa forma, valores maiores de radiação infravermelha está associado a observação da superfície sem presença de nuvens.

Modelo de transferência radiativa BRASIL- SR

O modelo BRASIL-SR foi desenvolvido, a partir do modelo alemão IGMK, pelo INPE em colaboração com a UFSC/LABSOLAR para elaboração do Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al, 2006).

O BRASIL-SR fornece estimativas de irradiação solar incidente na superfície a partir da cobertura de nuvens obtida em imagens de satélite geoestacionário. No modelo, a cobertura de nuvens é considerada o principal fator de modulação da transmitância atmosférica. As demais propriedades óticas da atmosfera são consideradas como fatores secundários e são parametrizadas a partir de seus valores climatológicos (MARTINS, 2001). O modelo BRASIL-SR faz uso de dados climatológicos como, temperatura do ar, albedo de superfícies, umidade relativa, visibilidade atmosférica.

Material e Método

Para o desenvolvimento dos códigos computacionais para determinação da cobertura de nuvens e manipulação das imagens de satélite será utilizado o pacote MATLAB. O MATLAB possui uma linguagem de programação própria para o desenvolvimento de scripts e rotinas e vem sendo bastante utilizado na resolução de problemas envolvendo cálculos com matrizes. Ao longo dos anos transformou-se em

um sistema computacional flexível capaz de resolver qualquer problema matemático e possui uma comunidade de desenvolvedores que disponibiliza diversas ferramentas de análise de dados e séries temporais (CHAPMAN et al., 2002).

Durante os cinco meses em que a estudante esteve envolvida com o desenvolvimento deste projeto de Iniciação científica, foram desenvolvidas atividades no MATLAB como: cálculos numéricos, manipulação de dados matriciais, gráficos, abertura de dados binários com o intuito de adquirir conhecimento e experiência no uso do pacote. A linguagem de programação adotada no MATLAB é similar com a qual escrevemos no nosso cotidiano, o programa possui ajuda on-line, livros, e apostilas com o objetivo de complementar a aprendizagem.

Resultados obtidos até o momento

No processo de aprendizagem do uso do pacote MATLAB por meio de estudo dirigido e com a utilização de apostilas e livros, desenvolveu-se a aprendizagem para a abertura de arquivos binários, a utilização de alguns comandos como o `laço for`, `fwrite`, `fread`, conversão de bytes da matriz de little-endian para big-endian. Até o momento não foram alcançados os objetivos do projeto em razão do curto período que a bolsista está participando do projeto. Espera-se que no transcorrer de um novo período de bolsa já se possam ter os resultados esperados e seja possível a participação em eventos científicos voltados para estudantes de iniciação científica.

Formação acadêmica

A estudante é acadêmica do quarto ano curso de “Engenharia Ambiental e Sanitária” oferecido pela Universidade de Taubaté (UNITAU). O curso tem a duração de cinco anos e a previsão de conclusão é Dezembro de 2012.

É uma engenharia que estuda problemas ambientais promovendo um desenvolvimento sustentável, ou seja, tem o objetivo de desenvolver-se sem agredir o meio ambiente visando à qualidade do ar da água e do solo.

O curso engloba matérias nas áreas de exatas e biológicas. No primeiro e segundo ano a área de exatas é mais focada, aulas como química, cálculo, desenho, física, biologia, português, resistência dos materiais, topografia, probabilidade e estática formam a grade dos primeiros anos.

A partir do terceiro ano é mais direcionado à formação profissional tendo matérias como, comportamento e degradação ao meio ambiente, direito ambiental, energia, ambiente e física da atmosfera, sistemas de informações geográficas, transporte e meio ambiente, geologia, e uma base sobre metodologia científica onde o aluno desenvolve uma iniciação científica.

No quarto ano aulas como geotecnia ambiental, hidráulica, hidrologia, política ambiental, sistemas estruturais está matéria acho irrelevante para o curso é muito focada na área de civil e pouco focado ao meio ambiente, sistema de tratamento e distribuição de água, estudo do ambiente construído.

As aulas de laboratório são em todos os anos possuindo laboratórios de física experimental, química e laboratório de águas para avaliar a portabilidade da água. Aulas de campo como visitação em parques, praças visando à percepção ambiental e elaboração de relatórios.

A minha iniciação científica deste ano na universidade é sobre os impactos causados ao longo dos anos no Rio Paraíba do Sul.

O estágio é obrigatório para complementar o curso podendo ser feito no quarto ou quinto ano.

A previsão para conclusão do curso é em dezembro de 2012, complementando com um trabalho de conclusão do curso, matérias como recuperação de áreas degradadas, relatórios de impactos ambientais, sistemas de coletas, sistemas de drenagem e irrigação encerram a grade curricular do curso de engenharia ambiental e sanitária da UNITAU.

Referências

CHAPMAN, Stephen et al. **Programação em Matlab para engenheiros**. 2. ed. Austrália: Afiliada, 2002. 482 p.

COSTA, Rodrigo Santos; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. EFEITOS DA VARIABILIDADE DA VISIBILIDADE HORIZONTAL NA QUANTIFICAÇÃO DO RECURSO ENERGÉTICO SOLAR: AS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 3., 2010, Belém. **EFEITOS DA VARIABILIDADE DA VISIBILIDADE HORIZONTAL NA QUANTIFICAÇÃO DO RECURSO ENERGÉTICO SOLAR**. São José Dos Campos: Inpe, 2010. v. 1, p. 1 - 8. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/eventos/CBENS2010_Rodrigo_etal.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2011.

Influência da altitude e do tamanho das cidades nas previsões de radiação solar do modelo "IGMK" no Brasil. Revista Brasileira de Geofísica: Scielo, v. 16, n. 1, mar. 1988. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X1998000100002&script=sci_arttext>. Acesso em: 01 jun. 2011.

Infravermelho. In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2011. Disponível em : <[http://www.infopedia.pt/\\$infravermelho](http://www.infopedia.pt/$infravermelho)>. Acesso em: 13 jun. 2011.

JACK, Little; MOLER, Cleve. Matlab: pesquisa. Disponível em: <<http://www.mathworks.com>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Brinde: Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Parêntese, 2001. 15-24 p.

KONTE, Joana Figueiredo; TEIXEIRA, Jorge Luís Pinheiro; FALETTI, Luciana. Curso de MATLAB 5.1: Introdução à Solução de Problemas de Engenharia. 2 Rio de Janeiro: Programa Prodenge, 2001. 174 p.

MANAGÓ, Bruna Luiza; DOMICIANO, Sandra Mara. **A INFLUÊNCIA DAS NUVENS NO CLIMA DO PLANETA.** VII Semana de Engenharia Ambiental. Disponível em: <http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_09/A%20INFLU%20ANCIA%20DAS%20NUVENS%20NO%20CLIMA%20DO%20PLANETA.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2011.

MARTINS, Fernando Ramos et al. MAPEAMENTO DOS RECURSOS DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL UTILIZANDO MODELO DE TRANSFERÊNCIA RADIATIVA BRASIL-SR. In: I CBENS - I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, Fortaleza. CPTEC / INPE. São José Dos Campos: Abens - Associação Brasileira de Energia Solar, 2007. v. 1, p. 1 - 10. Disponível em: <http://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/2007/CBENS/martins_pereira.pdf>. Acesso em: 31 jun. 2011.

MARTINS, Fernando Ramos. **MODELO BRASIL-SR:** Divisão de Clima e Meio Ambiente . Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/eventos/Workshop_Modelos_CPTEC_2005_FRMartins&EBPereira.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2011.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; ABREU, Samuel Luna de. INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE COBERTURA DE NUVENS OBTIDO A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE NA PRECISÃO DAS ESTIMATIVAS DE ENERGIA SOLAR INCIDENTE NA SUPERFÍCIE. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO METEOROLOGIA FORTALEZA, 8., 2004, Fortaleza. **INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE COBERTURA DE NUVENS OBTIDO A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE NA PRECISÃO DAS ESTIMATIVAS DE ENERGIA SOLAR INCIDENTE NA SUPERFÍCIE.** São José Dos Campos: Inpe/ufsc, 2004. v. 1, p. 1 - 20. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/eventos/XIIICongBrasMeteorologia_Fortaleza_FRMartins_etal_CloudCover.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2011.

SANTOS, Ana Rita. **Raios Infravermelhos.** Disponível em: <http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/fisico_quimica/fisico_quimica_trabalhos/raiosinfravermelhos.htm>. Acesso em: 13 jul. 2011.

SHIMABUKURO, Yosio; RUDORFF, Bernardo; PONZONI, Flávio. **A COBERTURA VEGETAL VISTA DO ESPAÇO: UMA FERRAMENTA PARA A PRESERVAÇÃO.** São José Dos Campos: Inpe, 1998. 4 p. Disponível em:

<<http://www.if.ufrj.br/revista/pdf/Vol5%20195A198.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

SOUZA, Marisa Echer; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. **Revista Brasileira de Física**, São José Dos Campos, v. 23, n. 3, p.341-352, 2006.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (São Paulo) (Org.). **METEOROLOGIA POR SATÉLITE: IDENTIFICAÇÃO DE NUVENS POR SATÉLITE**. Site. Disponível em: <<http://www.icesb.ucsb.edu/gem/nuvens.htm>>. Acesso em: 25 maio 2011.

ZERI, Luis Marcelo de Mattos. **Apostila de Matlab**. São José Dos Campos: Inpe, 2001. 12 p.