

# **Monitoramento remoto da ionosfera para estudos e aplicações em clima espacial e condições atmosféricas**

## **Introdução**

A energia liberada pelo Sol de forma radiativa ou corpuscular e que chega até a Terra e suas vizinhanças pode causar tanto efeitos benéficos e vitais como efeitos que podem acarretar perdas econômicas decorrentes de danos sofridos por sensores de satélites de telecomunicações, geodésia, navegação e pesquisa científica, bem como problemas em linhas de distribuição elétrica e gasodutos, para citar alguns exemplos. Nesse contexto, os fenômenos solares podem representar um fator de risco para as aplicações tecnológicas atuais.

A ionosfera é uma camada de gases atmosféricos ionizados que constituem um plasma. Localiza-se entre aproximadamente 60 e 1000 km de altitude. Radiação solar das faixas de extremo ultravioleta e raios-X é responsável pelos processos de produção de pares íon-elétron, sendo as maiores fontes de ionização. Devido às suas propriedades elétricas, a ionosfera acaba atuando como um sensor de radiação solar ou de outras fontes. Entretanto, tem demonstrado também grande potencialidade para estudos de variação climática e geomagnética.

Para investigar os efeitos de origem solar, entretanto, é importante complementar as observações de parâmetros ionosféricos, com observações de parâmetros atmosféricos e geomagnéticos, pois, a ionosfera, a termosfera e a magnetosfera formam um sistema autoconsistente. Mais recentemente, estudos mostram que a alta e a baixa atmosfera possuem interrelações de natureza eletrodinâmica, havendo possíveis conexões com a baixa ionosfera.

Propõem-se atividades de pesquisa e desenvolvimento para realizar monitoramento e estudos de efeitos ionosféricos causados pela atividade solar de longa e curta duração, utilizando-se dados obtidos numa plataforma multi-instrumental, em diferentes setores longitudinais e latitudinais do globo e modelagem computacional. Conta-se para tanto com cooperações científicas e bancos de dados de instituições no país e no exterior, bem como com as instalações e funcionalidades do Centro de Rádio-Astronomia e Astrofísica do Mackenzie, Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie (CRAAM/EE), para a parte de desenvolvimento e onde as colaborações se farão com o intuito de elaborar instrumentação científica.

## **Objetivos Científicos**

Pretende-se contribuir com os estudos internacionais e aplicações nas áreas de Física Solar e clima espacial. O monitoramento ionosférico, nesse contexto é de vital importância porque a ionosfera, conforme já mencionado, atua como um sensor da atividade solar, a qual, por sua vez, é um dos principais fatores de determinação das condições do clima espacial. Variações de longa e curta duração no nível de atividade solar são detectáveis através de variadas técnicas de medidas. Estudos a respeito dessas variações se justificam pela importância de aprimorar o nosso conhecimento das interações que ocorrem no meio-ambiente Sol-Terra, bem como dos processos de geração de energia solar e sua possível ação sobre variações climáticas terrestres.

Contribuir para aperfeiçoar o conhecimento a respeito do possível acoplamento eletrodinâmico da baixa ionosfera com baixa atmosfera (estratosfera e troposfera) e, se possível, definir um índice associado às variações na concentração de ozônio. Este estudo global trará subsídios para a melhor modelagem da ionosfera sobre a América do Sul, e avaliar seu papel nas condições e nas variações climáticas, na região brasileira.

### **Objetivos Tecnológicos**

O trabalho proposto visa contribuir também com desenvolvimento e elaboração de instrumentação científica, integrando a programação da proposta de trabalho para o plano estratégico da área de Física Solar no país. Justifica-se a importância de instalação de um transmissor de ondas em VLF no país, bem como de mais sistemas receptores nessa faixa de frequência, porque trará benefícios em várias áreas de cunho científico e de aplicações tecnológicas (instrumentação, geração de patentes, produção de conhecimento e formação de quadros humanos).

### **Metodologia**

Propõe-se efetuar o monitoramento da ionosfera através de técnicas baseadas em radiossondagem, entre as quais, destacamos: o rastreamento de sinais de VLF sensíveis a variações de densidade da baixa ionosfera; a ionossonda digital, que é um radar de HF capaz de medir variações de densidade eletrônica, altura e velocidade do plasma ionosférico; o radar de espalhamento incoerente, o qual mede densidade, composição, altura e velocidade do plasma ionosférico; o cálculo de conteúdo eletrônico total e cintilação, a partir de sinais de satélites do sistema de posicionamento global (GPS); o receptor de VHF, o qual também mede cintilação ionosférica.

Para investigar os efeitos de origem solar, entretanto, é importante complementar as observações de parâmetros ionosféricos com observações de parâmetros atmosféricos e geomagnéticos, pois, a ionosfera, a termosfera e a magnetosfera formam um sistema autoconsistente. Serão utilizadas redes de monitoramento, já em operação, de: (a) sinais de rádio de frequência muito baixa (VLF, rede SAVNET, ver Raulin et al., 2009a e 2009b), (b) TEC obtido a partir de medidas GPS (receptores da rede RBMC e IGS), (c) ionossondas, (d) monitoramento e localização de relâmpagos (rede STARNET) e (e) dados de absorção de ruído cósmico por riômetros (rede SARINET).

As redes atuais serão ampliadas pela aquisição de novos instrumentos. Nesse sentido, propõe-se a instalação de um transmissor de ondas de rádio em VLF, no país, cuja importância já salientada em termos de desenvolvimento tecnológico e científico nacional, tem finalidade de contribuir com a comunidade científica internacional, pois, gera informação importante para sondagem da baixa ionosfera e também, como sistema de navegação e comunicação.

### **Considerações Finais**

Dentro do cenário atual das pesquisas em Física Espacial, Solar e Atmosférica com finalidade de estudos científicos, recomenda-se maior uso do meio natural ionosférico, no diagnóstico da variabilidade das condições do clima espacial. O monitoramento contínuo da ionosfera será efetuado de forma multiinstrumental, utilizando-se técnicas de radiossondagem.

As ações recomendadas, nesta proposta, envolvem pesquisas científicas multidisciplinares e, portanto, propiciará grande interatividade de pesquisadores e instituições com diferentes linhas de trabalho e especialidade. As atividades propostas serão naturalmente vinculadas a programas internacionais de geração e difusão do conhecimento científico, tais como o International Space Weather Initiative (ISWI) e International Living With a Star (ILWS).

**Instituições participantes**

CRAAM/EE/UPM, ROI, INPE, CRS/INPE, IAG/USP, UNIVAP, UFSM, CEULP, CASLEO, CONIDA, UNMSM, UNICA, UDEP, IGP/ROJ, UNAM, NASA, CNRS, Otago University, Eötvös University