

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução

Os três últimos séculos foram dominados cada um deles pela tecnologia. O século XVIII foi a época dos grandes sistemas mecânicos que acompanharam a Revolução Industrial. O século XIX foi a época das máquinas a vapor. No final do século XX a tecnologia chave foi a obtenção, processamento e distribuição de informação. Entre estes avanços, temos a instalação de redes telefônicas mundiais, a invenção do rádio, da televisão, o nascimento e crescimento sem precedentes da indústria dos computadores, o nascimento da Internet e o lançamento de satélites de comunicação.

Devido ao rápido progresso tecnológico, os processos de coletar, transportar, armazenar e processar informação são instantâneos. Com a globalização, as corporações ou empresas estabeleceram-se em diferentes cidades do mundo, precisando analisar as informações de todas as filiais em tempo quase real. Ao crescer os sistemas para obter, processar e distribuir informação, também cresce a necessidade de técnicas mais avançadas de processamento de informação (Tanenbaum, 1992).

Dentro deste processo as pessoas devem ter meios para acessar a informação, pois necessitam estar em todo lugar e tempo informados, sem estar vinculados à infraestrutura terrestre de comunicações. Para estes usuários a resposta é a comunicação por meio de ondas eletromagnéticas, as quais se deslocam pelo espaço permitindo o acesso à informação em qualquer lugar da Terra. Um exemplo de um sistema de informação é o *Global Positioning System* (GPS) que proporciona posição e tempo, além de outras informações que são obtidas, sobre quase qualquer ponto da Terra e sob quaisquer condições climáticas.

Os sistemas de comunicações baseados na propagação de ondas eletromagnéticas através do espaço, são afetadas pelo meio onde se propagam, tais como a geografia do terreno ou construções e os diversos fenômenos atmosféricos. Se não levamos em conta estes fatores, a comunicação apresenta pequenos erros e no pior dos casos pode interromper-se, como por exemplo durante a presença da camada E<sub>s</sub>.

A região da atmosfera que mais influi na propagação de ondas eletromagnéticas é denominada ionosfera, a qual é definida como a região compreendida entre 50 a 1000 km de altura aproximadamente, e caracterizada pela alta condutividade, devido ao número elevado de íons e elétrons livres que a compõe. Esta região, afeta as ondas eletromagnéticas que a atravessam, gerando variações de amplitude, fase, absorção, penetração de raios, retardo, etc.

As ondas de rádio na ionosfera são alteradas principalmente pelos elétrons livres, é por isso que necessitamos determinar o Conteúdo Eletrônico Total (*Total Electron Content - TEC*). Este importante parâmetro representa a quantidade de elétrons livres ao longo do caminho da onda eletromagnética no espaço, entre a superfície da Terra e uma determinada altura, os quais afetam diretamente o estabelecimento de canais de comunicação.

Com a determinação deste importante parâmetro físico pode-se modelar em tempo e espaço canais de comunicação em diferentes frequências que possam ser aplicadas para comunicações Satélite-Terra ou Terra-Terra.

O TEC varia em função da posição, hora, estação do ano, fluxo solar, atividade magnética, etc., e como precisamos conhecê-lo devemos gerar um modelo que inclua variáveis que mudem permanentemente. Na atualidade existem várias formas ou métodos para determinar o TEC. Um deles é usando os dados do GPS (Komjathy, 1997, Fedrizzi, 1999) A partir de 1998 vários centros iniciaram a produzir os mapas TEC, CODE, ESA e UPC Espanha. Estes métodos aproveitam os satélites da constelação

GPS, que transmitem dados em forma contínua sobre toda a Terra, para gerar um TEC atualizado constantemente.

A primeira teoria matemática de propagação de rádio na ionosfera na presença de campo magnético foi desenvolvida a partir de 1920 por Appleton. Na atualidade existem modelos matemáticos como o modelo Bent, desenvolvido em 1972 que fazem previsões da propagação de ondas electromagnéticas entre a Terra-Satélite, Satélite-Satélite ou Terra-Terra, com uma base de dados (50000 sondagens da parte superior da ionosfera, 6000 medidas de satélites da densidade de elétrons e 400000 sondagens da parte inferior da ionosfera) compreendida entre 1962-1969, cobrindo um período de atividade solar mínima a máxima (Jursa, 1985).

A maioria destes modelos fazem previsões ionosféricas baseados em dados médios (base de dados fixa), com os quais é impossível determinar anomalias ou perturbações, em cujo caso a previsão não seria confiável. Para melhorar a confiabilidade das previsões, procuramos gerar um modelo que use variáveis atualizadas, que sejam facilmente modificáveis e que possam ser comparadas com outros modelos ou softwares, e por isso vamos usar o *Global Ionosphere Map* (GIM) do TEC já processado, com base nos dados do GPS, para poder determinar o excesso de atrasos tempo em frequências e estabelecer melhores canais de comunicação.

## 1.2 Motivação

Com o desenvolvimento das comunicações durante a segunda metade do século XX, a Terra se viu reduzida, e passamos a ser parte de um mundo globalizado. Em qualquer instante e a partir de qualquer lugar (em um navio, submarino, avião, veículo espacial, montanha, etc.) pode-se acessar a informação e estar conectado ao mundo. Muito destes processos, imperceptíveis para nosso dia a dia, se realizam através da propagação de ondas eletromagnéticas pelo espaço, e por isso precisa-se conhecer as melhores condições de propagação

Na década dos 70, quando as radiocomunicações se baseavam em fonia, se desenvolveram uma série de técnicas e programas para efetuar as predições de frequência em HF, com os quais se conseguiram ótimos resultados.

No final da década de 80 e durante a década de 90, com o desenvolvimento da transmissão de dados e vídeo, além das comunicações por satélites, Internet, telefonia móvel, etc., o estabelecimento de canais de comunicação tinha que melhorar, pois precisava transmitir maior quantidade de informação (fonia, data e vídeo) e a perda de enlace durante pequenos intervalos de tempo pode ser vital. A grande diferença é que antigamente era possível por ouvido sintonizar os rádiotransmissores em fonia, entretanto na transmissão de dados é impossível.

Paralelamente, desenvolvia-se o GPS conseguindo enlaçar o mundo. Em fevereiro de 1998 a *International GPS Service* (IGS) inicia um projeto piloto para gerar mapas globais do conteúdo total de elétrons na ionosfera, criando um grupo de trabalho da ionosfera. A função principal deste grupo do IGS, envolvia a modelagem ionosférica e mapeamento para proporcionar um contínuo monitoramento da ionosfera para os próximos períodos de alta atividade solar e estudar o impacto da ionosfera em seus produtos.

Neste projeto trabalharam cinco centros de pesquisas produzindo mapas globais de TEC, usando a rede global de trabalho do sistema GPS com receptores de frequência dupla. Estes foram em 1996 o *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), em 1994 o *Energy Mines and Resources Canadá* (EMR), em 1998 o *European Space Agency* (ESA), em 1997 a *University of Barcelona* (UPC) e em 1999 o *Center for Orbit Determination of Europe* (CODE). Os mapas são apresentados no formato IONEX (*IONospheric EXchange data format*), o qual é o formato padrão de dados entre a comunidade ionosférica. Estes mapas apresentam o conteúdo total de elétrons entre a Terra e o satélite GPS (altitude 20200 km) e são conhecidos como *Global Ionospheric Map* (GIM).

Na atualidade, são produzidos diariamente uma série de GIMs do TEC por várias instituições a cada duas horas, os quais são de fácil acesso pela Internet, e também é possível determinar o TEC com métodos matemáticos ou algoritmos (Fedrizzi, 1999) através de receptores GPS de dupla frequência.

Esta necessidade de mantermos comunicados 24 horas do dia e em qualquer lugar, nos motivou a procurar aplicar as capacidades do sistema GPS no estabelecimento dos melhores canais de comunicação para evitar interferência, reduzir erros e custos. Para isto pretendemos utilizar os avanços obtidos no processamento das observáveis do GPS através dos formatos IONEX, os quais devem permitir-nos atualizar parâmetros dos modelos de predição de frequências ótimas de trabalho.

### **1.3 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é determinar e prever parâmetros importantes para o estabelecimento de canais de comunicação em *High Frequency* (HF) e o excesso de atraso de tempo a ser considerado nas comunicações por satélites, especialmente nas bandas de *Ultra High Frequency* (UHF) e *Super High Frequency* (SHF).

Para isto, vai-se aproveitar o Sistema de Posicionamento Global por Satélites, por ser na atualidade, um sistema que é possível de ser utilizado em quase qualquer lugar do planeta e está permanentemente enviando informação, e o qual se apresenta como uma alternativa útil para efetuar estudos do comportamento das ondas eletromagnéticas ao atravessar a ionosfera. Com esta informação desenvolveram-se técnicas no INPE e no mundo, para determinar o Conteúdo Total de Elétrons (TEC), com o qual serão determinados os atrasos ionosféricos para diferentes frequências e se efetuarão predições de frequências críticas da camada F2, para tentar reduzir perdas de enlace nas radiocomunicações por variações produzidas no meio de propagação.

A seguir se apresentam os principais pontos a serem desenvolvidos na dissertação:

- Geração, análise e interpretação de mapas do Conteúdo Total de Elétrons usando a informação do GPS.
- A partir do mapeamento do TEC, estabelecer parâmetros de propagação para determinar a frequência crítica da camada F2, e o atraso em diferentes bandas (Especialmente UHF e SHF).
- Usando uma base de dados (30 dias anteriores), fazer previsões de mapas TEC para seis (6) dias futuros em diferentes horários (a cada duas horas a partir da 1 hora da manhã).
- Análise de resultados gerados a partir do mapeamento e previsão do TEC, e comparação com resultados obtidos por outras organizações.
- Análise de parâmetros de frequência crítica e comparação com outros softwares ou modelos matemáticos que permitam prever as melhores frequências para a propagação ionosférica.
- Determinação para dias futuros do atraso ionosférico nas comunicações por satélites, que deve ser considerado no estabelecimento de canais, especialmente nas bandas em UHF e SHF.