



ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS IONOSFÉRICAS PARA ONDAS CURTAS UTILIZANDO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE

Ramon Mayor Martins

Introdução

As comunicações via rádio são dependentes das condições de propagação, seja ela terrestre ou ionosférica. Entender os princípios da propagação das ondas de rádio é importante para poder prever as oportunidades e as condições para estabelecer uma conexão de rádio entre dois pontos, realizar uma radiodifusão sonora entre dois pontos da superfície da Terra ou entre a Terra e um satélite. Esse entendimento permite, por exemplo: calcular a potência mínima de uma emissora de radiodifusão com a finalidade de garantir uma recepção cômoda sobre uma área determinada, determinar a posição de um enlace para a rádio telefonia móvel, estimar a oportunidade de estabelecer uma conexão transcontinental através das ondas curtas, estudar os fenômenos de interferência entre as emissoras.

Atualmente os estudos da propagação contam com recursos como Rádio Definido por Software (*Software Defined Radio*, SDR), predições utilizando poderosos sistemas computacionais, dados de satélite e boletins das condições em tempo real disponibilizados por agências e órgãos governamentais.

O objetivo deste resumo é realizar um estudo detalhado das características da ionosfera para melhorar as transmissões e recepções de ondas de rádio ao redor do mundo e contribuir com a comunidade científica, engenheiros e técnicos para a escolha da melhor forma de realizar uma radiodifusão a longa distância nas bandas de HF (*High Frequency*).

As faixas de HF compreendem as frequências de 3 MHz a 30 MHz, são conhecidas como altas frequências e possuem comprimentos de onda entre 100 metros e 10 metros [1]. As ondas em HF são sempre susceptíveis a reflexão na ionosfera, desse modo retornando para a Terra, por esse motivo é uma faixa utilizada para radiodifusão à longa distância. Segundo [2], a qualidade da transmissão nessa porção do espectro depende muito diretamente das características da ionosfera.

Através da sondagem ionosférica determinou-se que existem 4 camadas distintas na ionosfera, classificadas em função da altura e de suas intensidades de ionização. De acordo com [3] estas camadas são denominadas camadas D, E, F1 e F2. A camada D é a mais próxima do solo e a menos energética, compreende as alturas de 50 e 90 km, a densidade de ionização nessa região exibe significativas variações diurnas e um valor muito pequeno durante à noite [4]. A camada E está situada entre 90 e 140 km e sua intensidade varia com o ângulo zenital do Sol [5]. O número de elétrons por unidade de volume é normalmente, bastante grande para refletir de volta à Terra as ondas de rádio de frequências tão altas como 20 MHz. A camada F compreende as alturas entre 140 a 1000 km. Durante o dia divide-se nas camadas F1 (140 até 200 km) e F2 (200 até 1000 km), sendo esta a mais altamente ionizada e a mais utilizada nas radiocomunicações à longa distância. O grau de ionização apresentado por esta camada tem uma variação dia a dia. A intensidade de ionização atinge um máximo à tarde e vai decrescendo gradativamente através da noite. A elevação da densidade de íons pela manhã é muito rápida e, sendo baixa a recombinação, esta alta densidade de íons persiste.

As radiodifusões em HF são popularmente conhecidas como “ondas curtas”. Como vantagem da radiodifusão em ondas curtas pode-se citar: o alcance em diversas áreas do planeta, onde a internet não chega, o baixo custo dos equipamentos em relação aos que utilizam as comunicações via satélite, a portabilidade e miniaturização desses equipamentos e a possibilidade de romper questões de censura governamentais. Diversas estações podem ser sintonizadas ao redor do mundo são: BBC, *Voice of America*, *Deutsche Welle*, *Radio France Internationale*, *China Radio International*, entre outras.

As bandas de frequência para radiodifusão em ondas curtas são alocadas pela WRC (*World Radiocommunication Conference*) e organizadas pela ITU (*International Telecommunication Union*), estas bandas são referenciadas pelo comprimento de onda e a frequência do seguinte modo: 90 metros (3200 Hz até 3400 Hz), 75 metros (3900 Hz até 4000 Hz), 60 metros (4750 Hz até 5060 Hz), 49 metros (5900 Hz até 6200 Hz), 41 metros (7200 Hz até 7600 Hz), 31 metros (9400 Hz até 9900 Hz), 25 metros (11600 Hz até 12220 Hz), 22 metros (13750 Hz até 13870 Hz), 19 metros (15100 Hz até 15800 Hz), 16 metros (17480 Hz até 17900 Hz).

Procurou-se neste resumo fazer uma análise do comportamento da ionosfera de acordo com a frequência, horário e altitude das camadas por densidade de ionização para poder prever as oportunidades de transmissão de ondas curtas em longa distância na Terra.

Material e métodos



A. Aparato Experimental

Todos os dados e predições foram coletados levando em consideração a localização do equipamento receptor situado na Universidade de Twente, localizada em Enschede, província de Overijssel na Holanda. Para a coleta de dados, é utilizado o Rádio definido por *software* (*Software Defined Radio*, SDR) desenvolvido pelo Radio Clube ETGD da Universidade de Twente. Este sistema retira amostras do espectro de ondas curtas e as envia para um computador através de um link de *Gigabit Ethernet*, onde uma versão especial de servidor de *software* SDR, chamado WebSDR, processa essas informações e as disponibiliza na internet. O espectro observado por esse sistema contempla todas as bandas de HF, ou seja, de 3 até 30 MHz, isto é comprimentos de onda de 100 metros até 10 metros. Este espectro é visualizado através de um espectrográfico em cascata. Este resumo focará as atenções nas bandas utilizadas para radiodifusão comercial em ondas curtas, que equivale as bandas de 16, 19, 22, 25, 31, 41, 49 metros, correspondendo as frequências de aproximadamente 18.750 kHz á 5.000 kHz.

As condições de propagação ionosférica para HF são obtidos a partir de dados e boletins disponibilizados pela *IPS Radio and Space Services* da Agência de Meteorologia do Governo Australiano [6].

B. Índices de atividades solares

Os dados dos índices de atividades solares que afetam as radiocomunicações em HF são obtidos a partir de dados disponibilizados pela SWPC (*Space Weather Prediction Center*) da NOAA (*National Oceanic And Atmospheric Administration*) com base em monitoramentos e observações provenientes dos conjuntos de satélites GOES (*Geostationary Satellite Server*) e da sonda SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), esses dados são sintetizados por [7]. Os índices levados em consideração são o SFI (*Solar Flux Index*) que mede a quantidade de partículas solares e campos magnéticos que alcançam a atmosfera terrestre, o índice SN (*Sunspots Number*) que se refere aos números de manchas solares, o índice K (*Boulder K*) que mede a atividade geomagnética, os índices PTN FLX e ELC FLX que medem a densidade de prótons e elétrons respectivamente carregados no vento solar e o índice 304A, que mede é a força relativa da radiação solar total em um comprimento de onda de 30,4 nm.

Com base nos dados divulgados no mês de dezembro de 2014, os índices SFI, SN, A e K apresentaram ótimas condições para propagação, propiciando as comunicações em HF. O índice 304A indica boa ionização na camada F da ionosfera. Por fim, os valores dos índices PTN FLX e ELC FLX não representaram impacto significativo na ionosfera.

Resultados

A. Observação espectrográfica

Com as ferramentas e processos descritos nesse capítulo para a predição, cálculos e recepção das ondas curtas, são obtidos os resultados a partir da observação de espectrográficos cascata disponível no webSDR. Na Fig. 1 é possível observar que durante a noite, no horário observado de 00:00, as bandas mais ativas são 31, 41, 49 metros, com a bandas de 25 com fraca atividade, as bandas 22, 19 e 16 praticamente sem uso. Durante o amanhecer, no horário observado de 06:00, as bandas mais ativas continuam sendo 31, 41 e 49 metros, porem com menor intensidade. Nesse período as bandas de 25, 22 e 19 começam a ser utilizadas, enquanto a banda de 16 continua praticamente sem uso. Durante a manhã e tarde, no horário observado de 12:00, as bandas 31,41 e 49 metros são fracamente utilizadas. Nesse período, as bandas de 25, 22, 19 e 16 metros são fortemente utilizadas e esse formato permanece até o pôr do Sol. Durante o fim da tarde, no horário observado de 18:00, as bandas de 31, 41 e 49 metros são fortemente utilizadas, a banda de 60 metros tem uma razoável utilização e as bandas de 25, 22, 19 e 16 metros começam a perder a intensidade de utilização. As 00:00 do dia seguinte, as bandas de 49, 41 e 31 metros voltam a ser mais utilizadas. Enquanto as demais bandas ficam entre fracamente utilizadas até quase sem utilização.

Discussão

Através dos experimentos e dos conhecimentos da estrutura ionosférica, foi possível concluir que nas bandas de 41 e 49 metros durante o dia possibilitam a recepção de estações de curtas distâncias através da camada E, e debilita as comunicações a longa distância devido à alta densidade da camada D, requerendo muita potência das emisoras de radiodifusão nessas faixas de frequência. No entanto, durante a noite, os íons da camada D se recombina rapidamente fazendo com que essa camada desapareça possibilitando os sinais alcançarem as camadas E e F e serem refletidas, e assim tendo um alcance muito grande. A banda de 31 metros teve boa atividade durante o dia e a noite. Isso aconteceu, pois os sinais nesse comprimento de onda tem energia suficiente para romper a camada D durante o dia, sendo refletida



pelas camadas F1 e F2, mas ainda assim, sofrendo absorção da camada D. Durante a noite, com as camadas F unidas possibilita recepções de emissoras a longas distâncias. As bandas de 25 e 22 metros proporcionaram os melhores resultados durante o dia, os sinais nessa banda ultrapassam as camadas D e E que se formam durante o dia e alcançam as camadas F1 e F2. Nesse período possibilitam a recepção de emissoras a alguns milhares de quilômetros. Essas bandas durante o entardecer ficam menos ativa e durante a noite quase sem uso. Nas bandas de 19 e 16 metros, observou-se que as atividades são exclusivamente diurna. O desempenho dessas bandas são fortemente influenciadas pela atividade solar nas camadas da ionosfera. Durante o máximo de atividade solar foi possível recepção de sinais de longa distância.

Conclusões

Conclui-se a partir dos resultados observados que as bandas de 41 e 49 metros são mais utilizadas no período noturno, a banda de 31 metros é utilizada tanto no período noturno quanto diurno e as bandas de 25, 22, 19 e 16 metros são fortemente utilizadas no período diurno. Isso se deve ao motivo de que quanto menor a frequência (ou maior o comprimento de onda) na faixa do HF mais atenuação sofrerá nas camadas inferiores, principalmente a camada D, que só existe no período diurno, e assim sendo, são faixas úteis no período noturno quando a camada D desaparece. E quanto mais alta a frequência (ou quanto menor o comprimento de onda) maior será a densidade de ionização necessária para refletir as ondas de volta à Terra. Nesse caso, as camadas mais altas, são as mais ionizadas e, portanto, refletem as frequências mais altas. Quanto maior for a atividade solar, maior será a ionização e melhores serão as condições de propagação para as altas frequências em HF, desse modo o período diurno favorece a propagação para essa faixa de frequência.

Em suma, através dos resultados obtidos, foi possível examinar as características da ionosfera para as principais bandas de HF para radiodifusão, contribuindo com a comunidade científica, engenheiros, técnicos e entusiastas apresentando dados sobre a oportunidade de comunicações a longa distância a partir das ondas curtas.

Referências

- [1] BRAGA, N. Telecom-I Radiocomunicações. São Paulo, 2012.
- [2] RIBEIRO, J. A. J. Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações, 2008.
- [3] POOLE, I. Understanding Solar Indices. 2002. Disponível em: <<http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/0209038.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- [4] ARAUJO, V. F. **Transmissão Digital em HF**. 2008. (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Telecomunicações) – UFF, Niterói, 2008.
- [5] AMENDOLA, G. V. **Análise do Comportamento da Ionosfera a Partir de Medidas em HF**. 2014. (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Telecomunicações) – IME, Rio de Janeiro, 2014.
- [6] IPS RADIO AND SPACE SERVICE. Introduction to HF Radio Propagation. 2014. Disponível em: <<http://www.ips.gov.au/Educational/5/2/2>> Acesso em 22 dez. 2014.

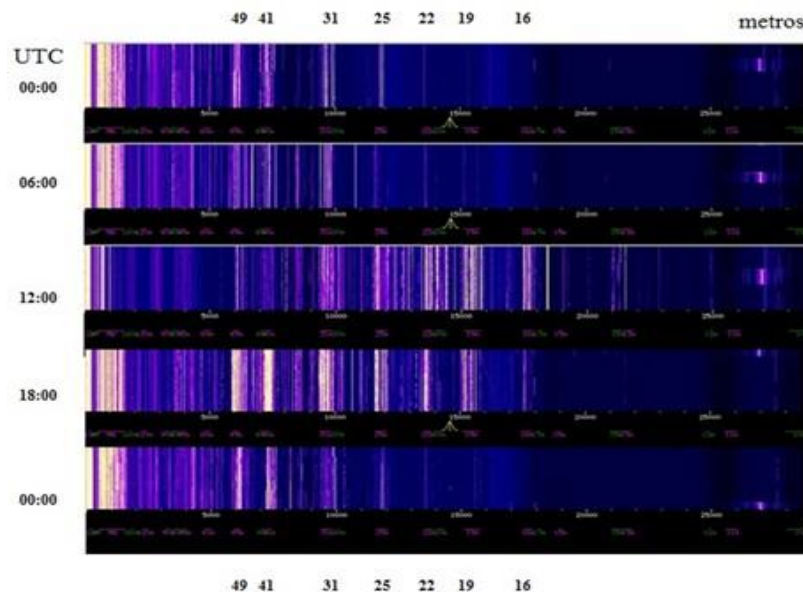


Figura 1. Espectrográfico cascata das atividades nas bandas HF em um período de 24 horas de Dezembro de 2014.