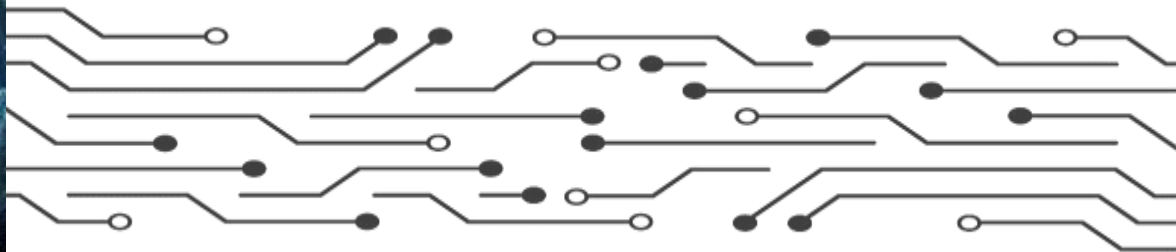




Propagação & Anomalias

No Radioamadorismo
Abordagem Simplificada



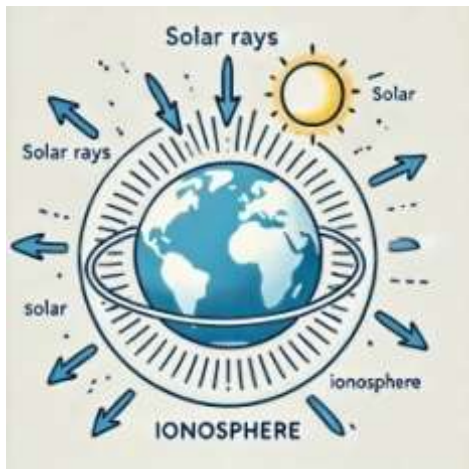
DV BRAZIL

#NetBR Ed.285

Nesta Apresentação

Nesta apresentação lembraremos os conceitos básicos de propagação atmosférica para o radioamadorismo, e abordaremos as anomalias solares e magnéticas recentes, e seus efeitos na propagação.

O conteúdo é direcionado a radioamadores, leigos ou iniciantes em propagação e DX. Não abordaremos aqui conceitos de Meteorologia, Física, Geo-Física e Astrofísica, nem suas fórmulas e teorias. A audiência mais experiente poderá tecer seus comentários e contribuições ao final da apresentação, ou na seção de comentários desta edição ao website dvbrazil.com.br



Antes, um aviso: este conteúdo apesar de ter algumas imagens geradas por AI (Inteligência Artificial), seu texto e abordagem são livres de AI, 100% desenvolvidos e escritos por humanos.

Propagação de Rádio

Nós radioamadores, desde 1923, estudamos e aprendemos a utilizar a ATMOSFERA de nosso planeta para aumentar a distância de nossas comunicações via ondas de rádio, através da reflexão ionosférica ou reflexão troposférica. Ou seja, as camadas da atmosfera podem refletir ondas de rádio, e aprendemos a utilizar esta característica a nosso favor.

Mas as condições atmosféricas apesar de previsíveis, não são estáticas! Fatores internos do planeta, e até mesmo fatores externos ao planeta, podem interferir nas condições atmosféricas, e conseqüentemente na propagação de ondas de rádio.

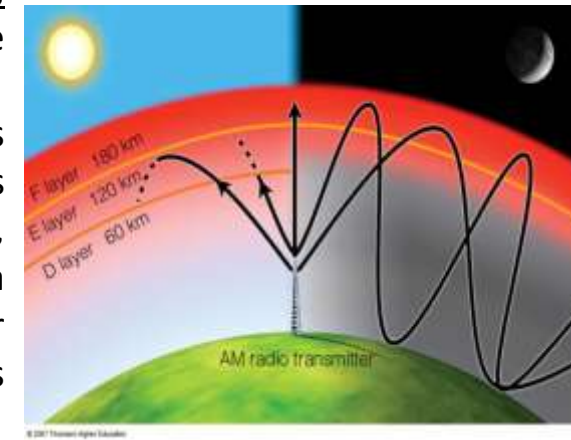
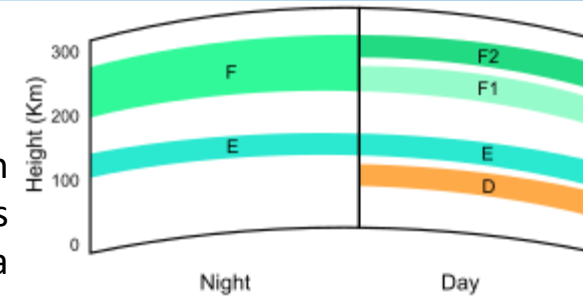
Hoje relembremos as formas de reflexão de ondas de rádio na atmosfera, e como fatores astrofísicos (manchas e explosões solares) e fatores geo-físicos (anomalias magnéticas), podem interferir nestas condições de propagação.



Propagação Ionosférica

A ionosfera é uma camada da atmosfera do planeta que vai de 80km a 300km acima do solo, composta por gases leves e rarefeitos (pouco densos). As moléculas e átomos presentes nestes gases podem armazenar energia eletrônica (ions), e dependendo da quantidade e densidade de energia podem: bloquear, refletir, ou deixar passar, as ondas de rádio em diferentes comprimentos de onda.

Vamos imaginar a ionosfera como uma grande nuvem contendo pequeninos espelhos que refletem ondas. Quanto menor a densidade destes espelhos (mais afastados) eles deixam as ondas de menor comprimento passar por entre eles, mas acabam por refletir as ondas de maior comprimento (< freq). Conforme a densidade vai aumentando (mais próximos os espelhos) eles acabam por refletir ondas de menor comprimento (> freq). Em densidades muito altas, absorvem as ondas ou as refletem em um ângulo muito fechado (< dist).



A camada F, a mais alta, entre 180km e 300km acima do solo, é a mais estável e também mais rarefeita, composta por gases nobres e moléculas livres, sua energia independe da atividade solar a noite. Ela consegue refletir comprimentos de onda entre 160m e 40m (1.8~7 mHz), deixando passar comprimentos menores.

A camada E, entre 100km e 180km, apesar de pouco densa, é energizada por raios solares, e dependendo da quantidade de energia absorvida, pode refletir comprimentos entre 40m e 10m (7~30 mHz), atenuando comprimentos maiores (<freq) e absorvendo comprimentos menores (>freq).

A camada D, entre 60km e 100km, é densa e energizada por raios ultra-violeta e raios-x, vindos do sol. Ela é capaz de refletir comprimentos entre 7m e 4m (40~100 mHz) porém em um ângulo muito fechado e altura muito baixa, ou seja, distâncias muito curtas. Atenua comprimentos maiores (<freq) e absorve comprimentos menores (<freq).

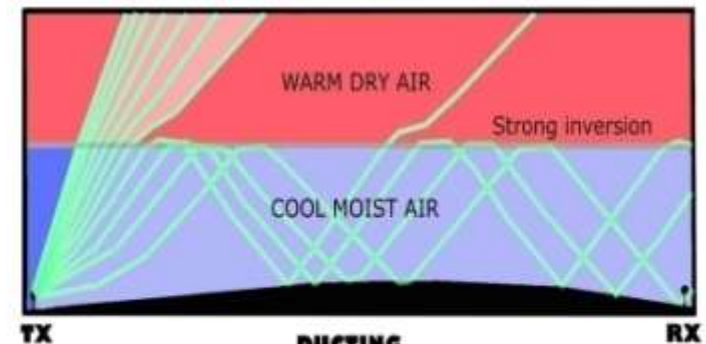
Propagação Troposférica (*Ducting*)

A propagação troposférica é um fenômeno em que as ondas de rádio se propagam através da troposfera, a camada mais baixa da atmosfera, devido a irregularidades na densidade, temperatura e umidade do ar. Essas condições criam superfícies refletoras ou refratoras que permitem que as ondas de rádio viajem além do horizonte. Estas condições apesar de previsíveis, possuem previsões muito curtas, de poucas horas. Não é portanto, uma forma eficiente de propagação por longos períodos, apenas por períodos eventuais e esparsos.

No radioamadorismo, duas condições são conhecidas: a “pré-frontal”, e a “inversão térmica”, situações onde uma fina camada de cristais de gelo ficam presas (ou suspensas) entre camadas de ar com diferentes temperaturas e densidades. Esta camada de cristais de gelo, geralmente em altitude de 12~14km, é capaz de refletir ondas de 4m a 50cm (100mHz~900mHz) dependendo de sua densidade, atenuando as maiores (<freq) e absorvendo as menores (>freq).

Na condição pré-frontal, uma “frente fria” aproxima-se, empurrando uma camada de ar frio e denso por cima da camada quente a frente, carregando uma uma camada de cristais de gelo que ficam em suspensão devido ao ar quente abaixo.

Na condição de “inversão térmica”, uma camada densa de ar frio está presa ao solo por uma camada de ar quente acima, criando uma camada de gelo em constante ascensão que alterna entre vapor e cristais de gelo, conforme “transita” entre as camadas.



Signals bend down and reflect off the ground.
RX receives signal from TX. Radar shows strong ground clutter.

W. HEPBURN

Atividade Solar

O Sol pulsa, devagar mas pulsa, em um ciclo de 11 anos entre topos. Este ciclo solar aumenta ou diminui a quantidade de energia liberada pelo Sol. Esta energia chega a nosso planeta através de nuvens de elétrons (plasma), de ondas eletro-magnéticas, e fótons (luz) desde comprimentos pequenos como UV (ultra-violeta) até os longos como o infravermelho. Os elétrons e ondas eletro magnéticas (micro-ondas), e também as ondas em comprimentos muito pequenos como raios-X, são capturados pelo campo magnético do planeta e direcionados aos pólos, onde colidem com os gases da ionosfera e emitem luzes: as chamadas auroras. A radiação que escapa ao campo magnético, é parcialmente absorvida nas camadas D e E da ionosfera, energizando-as. A atividade solar possui um efeito muito grande sobre a camada D (mais baixa).

Do ponto de vista de atividade solar e propagação, temos:

-Fase Ascendente e Máxima: Durante o período de alta atividade solar, a ionização na camada D da ionosfera aumenta, o que absorve mais fortemente as frequências mais baixas (1~14MHz). Isso resulta em menos propagação de ondas longas durante o dia, enquanto as frequências mais altas (18~30MHz) propagam-se melhor durante o dia.

-Fase Descendente e Mínima: Durante períodos de baixa atividade solar, a ionização na camada D é menor, resultando em menos absorção de ondas longas, o que permite melhor propagação dessas frequências (2~14MHz). As frequências mais altas (18~30MHz) podem ter janelas de propagação mais restritas.



Anomalia AR3664 (Maio/2024)

Assim como o planeta Terra, o Sol também possui um campo magnético interno que o circunda. Na Terra, nosso campo magnético desvia radiações e partículas que aqui chegam. No Sol, este campo magnético previne o escape de radiações e partículas. Explosões solares (ejeção de massa coronal, ou escape de plasma) são mais comuns nos períodos de maior atividade do ciclo solar. Porém podem eventualmente ocorrer anomalias magnéticas no interior do Sol, tornando o campo magnético mais fraco em determinadas regiões (chamadas manchas solares), e favorecendo a ocorrência de explosões nestas regiões.

O termo “AR 3664” refere-se a uma região da superfície do Sol, um “quadrante”. Neste quadrante observou-se a abertura de uma gigantesca mancha solar no fim de Abril/2024, com um tamanho de 200.000Km de diâmetro, cerca de 15 vezes o diâmetro do planeta Terra. Nos primeiros dias de Maio esta mancha liberou uma CME (já abordaremos) na direção da Terra, que aqui chegou magnitudes de até X8.7

O que é exatamente o tamanho X8.7???

Explosões solares são categorizadas em A, B, C para as mais fracas, M para as médias, e X para as extremas. O número é um multiplicador. Então, X8.7 indica que esta explosão foi 8.7 vezes mais forte que uma X1. Uma X1 é 10 vezes mais potente que uma M1, e 100 vezes mais potente que uma C1. As erupções de classe X podem liberar energia equivalente a milhões de bombas de hidrogênio.



Anomalia AR3664 (Maio/2024)

Estas explosões são tecnicamente chamadas de **CME** (*Coronal Mass Ejection*, ou Ejeção de Massa Coronal). Essa “massa” é uma nuvem de gases altamente ionizados (Hidrogênio e Hélio) e elétrons livres, que viajam a uma velocidade média de 800Km por segundo. Alguns dias após a explosão, essa CME de classe X8.7 chegou ao planeta Terra. Nas noites de 10, 11 e 12 de Maio, auroras foram observadas em latitudes mais baixas que o comum. Auroras boreais foram vistas em Portugal, Espanha e França, no Canadá, e auroras austrais foram vistas no sul da Argentina, do Chile, e da Austrália.



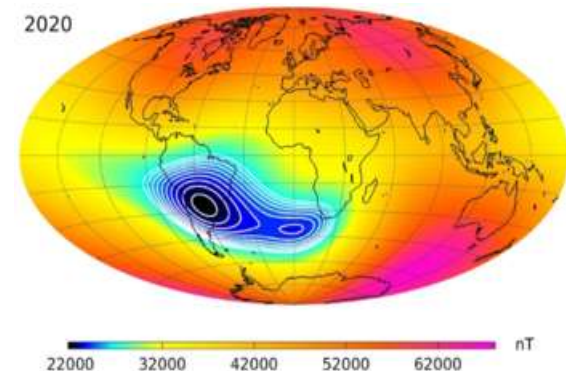
Quais as consequências na propagação?

Toda esta energia acaba afetando a camada F da ionosfera, tornando-a altamente carregada energeticamente. Com a camada F (mais alta), os comprimentos mais longos de ondas que, antes eram refletidos, passam a ser absorvidos ou destruídos. A consequência prática é inicialmente um “apagão” nas comunicações HF em regiões localizadas, e “apagão” generalizado de HF em todo o planeta nos dias seguintes.

Quem acompanhou os boletins DX de 11 a 14 de Maio deste ano, pode observar o “*Band Closed*” em todas as bandas durante as noites, com raros “*Poor Conditions*” em frequências mais altas durante o dia. Foram quase 6 dias de “apagão” na propagação HF.



Anomalia Magnética (SAA / AMAS)



A anomalia magnética do Atlântico Sul (AMAS) é uma região onde o campo magnético do planeta é consideravelmente mais fraco. Isto deve-se ao dipolo magnético do planeta não ser exatamente concêntrico, mas não iremos aqui entrar em detalhes físicos e geo-físicos. Esta região vai do norte do Chile e Argentina, centro-sul do Brasil, Uruguai, e latitude sub-tropical do Oceano Atlântico até próximo a África do Sul. Seu epicentro está no centro-sul brasileiro.

As consequências práticas

Esta região possui um escudo magnético mais fraco, o que resulta em maior exposição à radiação ionizante nas camadas da atmosfera e no espaço. Satélites que operam nessa região devem possuir blindagem adicional; aqueles que não possuem essa proteção frequentemente apresentam falhas eletrônicas ao passar pela AMAS. Astronautas são aconselhados a não realizar atividades extraveiculares (saídas da estação) enquanto passam por essa região. Na região centro-sul do Brasil, a radiação de fundo durante o dia tem uma média de $0.16 \mu\text{Sv}$ (microSieverts), enquanto no resto do planeta é de $0.10 \mu\text{Sv}$.

As consequências práticas no radio-amadorismo

Todas as camadas da ionosfera – nesta região e durante o dia – recebem mais energia. Para as ondas mais longas ($160\sim 30\text{m}$ / $1.8\sim 10\text{MHz}$) a camada F mais energizada significa dificuldade adicional para reflexão. Isto não necessariamente afeta os radioamadores brasileiros que estão diretamente abaixo dela, mas torna mais difícil a comunicação que precisa ser refletida por ela. Por exemplo entre sul da Argentina e Europa, ou, entre sul da África e Pacífico. Já para os sul-americanos na região tropical e abaixo, nota-se uma grande facilidade em contatos nos $10\sim 12\text{m}$ ($24\sim 28\text{MHz}$) com a América Central e Norte, e com oeste Europeu, especialmente próximo ao ocaso (pôr-do-sol). Isto deve-se a uma maior energização da camada E da ionosfera acima desta região.



Considerações Finais

Curiosidade: A radiação ionizante na atmosfera (e espaço) não é perigosa apenas a astronautas e satélites, mas também para aeronaves em grandes altitudes, e seus passageiros.



Nesta apresentação revimos os princípios de propagação de ondas de rádio na atmosfera, incluindo as características de propagação ionosférica em camadas, e propagação troposférica. Na sequência abordamos as questões sobre atividade solar, e algumas anomalias que podem interferir na atmosfera e sua propagação.

Atividade solar e anomalias podem trazer impactos positivos ou negativos para a propagação no radioamadorismo. Mas o radioamadorismo não é o mais relevante durante a ocorrência de condições extremas.

Condições extremas podem afetar as telecomunicações por satélites ou até mesmo danificar os satélites, e possuem grande potencial de causar panes elétricas e de telecomunicações, em solo.



AGRADECEMOS PELA ATENÇÃO

#NetBR Ed.285

Bibliografia sugerida:

https://en.m.wikipedia.org/w/index.php?title=Ionosphere&diffonly=true#D_layer
<https://www.dxinfocentre.com/propagation/tr-modes.htm>
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-01394-4_3
<https://super.abril.com.br/ciencia/como-uma-mancha-solar-gigante-desencadeou-auroras-por-todo-o-planeta>
<https://www.hamqsl.com/>
https://en.wikipedia.org/wiki/South_Atlantic_Anomaly

•O Autor deste artigo (PY2UTU) e seus divulgadores (DVBrazil) não assumem responsabilidade sobre atos ou omissões de terceiros que venham mencionar o conteúdo deste artigo em outros conteúdos e materiais e meios. Algumas imagens presentes são de domínio público, as demais imagens presentes neste conteúdo foram geradas por AI e cedidas a DVBrazil. Reprodução ou divulgação, ainda que parcial, requer prévia autorização da DVBrazil.