

---

# RDT – Radiotransmissão

---

**Prof. Ramon Mayor Martins, MSc.**

ramon.mayor@ifsc.edu.br

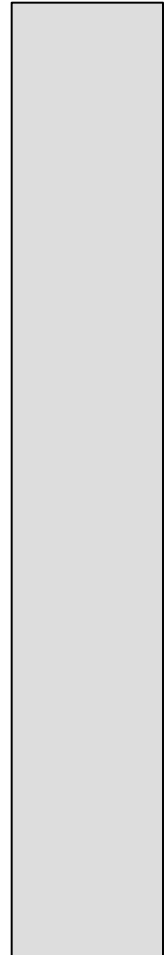


Parte 2.3: Ondas Eletromagnéticas: Espectro Eletromagnético: Ondas de Rádio: MF, HF  
Disponível em: [http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/Radiotransmissão\\_\(2015-1\)](http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/Radiotransmissão_(2015-1))  
Versão 2015

# RDT – Radiotransmissão

## II.1- Ementa Expandida:

- Introdução
- Ondas Eletromagnéticas
  - Fundamentos das Ondas Eletromagnéticas
  - Geração, Transmissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas
  - Espectro Eletromagnético
- Radiopropagação
  - Propagação
  - Radiocomunicações
    - Comunicações LF
    - Comunicações MF (OM)
    - Comunicações HF
    - Comunicações VHF UHF
    - Comunicações SHF EHF (Satélite / Microondas)
- Antenas
- Projetos de Enlaces
- Tópicos Extras



## 3- Radiopropagação

### 3.1 - Propagação

### 3.2 - Radiocomunicações

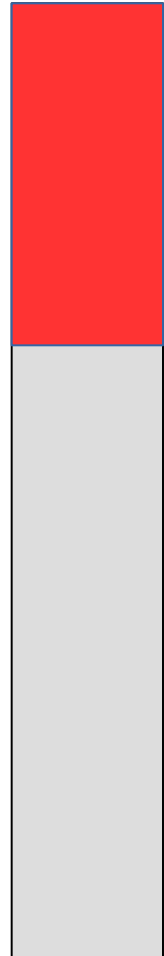
3.2.1 - Comunicações ELF,SLF,ULF,VLF,LF

**3.2.2 - Comunicações MF (OM)**

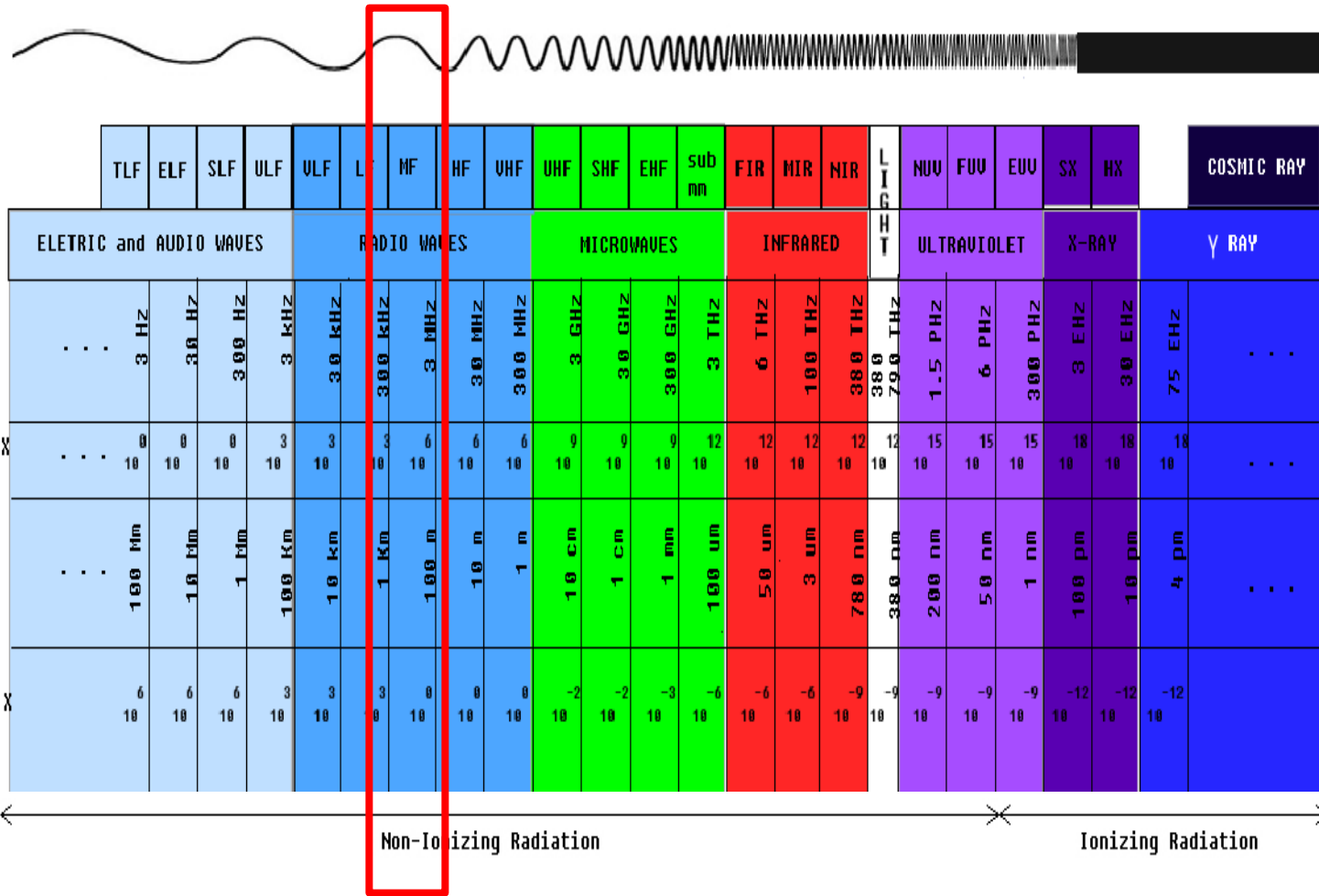
3.2.3 - Comunicações HF

3.2.4 - Comunicações VHF UHF

3.2.5 - Comunicações SHF EHF (Satélite / Microondas)



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.2 - Comunicações MF



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.2 - Comunicações MF

#### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

1.24 neU	0 3	1 Km	10 3	300 kHz	RADIO MF	MF
12.4 neU	10 0	100 m	10 6	3 MHz		

MF é a designação ITU para:

**Frequencias entre:** 300 kHz (0,3 MHz) e 3MHz

**Comprimentos de onda** entre: 1km e 100 m

A Banda MF é tambem conhecida como Banda Hectometro e Ondas Médias.

Nessa banda está a Radiodifusão AM (OM- Ondas Médias)

## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

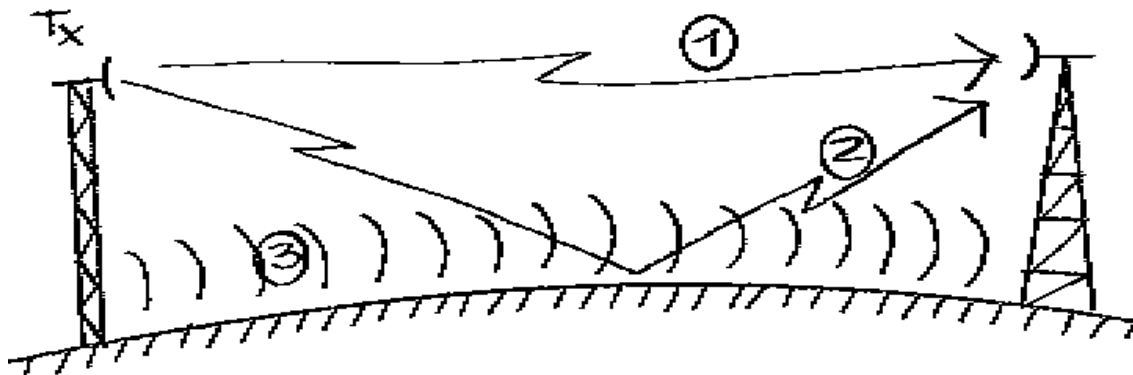
#### >>Propagação

Os sinais na faixa de MF têm dois modos de propagação: por **ondas de superfície e ondas espaciais**.

A onda de superfície é de grande importância prática quando utiliza polarização vertical (campo elétrico aproximadamente perpendicular à superfície da Terra), sendo que sua intensidade só possui valores significativos junto a superfície terrestre e decresce com a frequência.

As ondas de superfície seguem a curvatura da Terra.

Em comprimentos de onda OM (caso da radiodifusão AM) podem difratar sobre montanhas e cobrir um raio de várias centenas de km a partir do transmissor.



### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

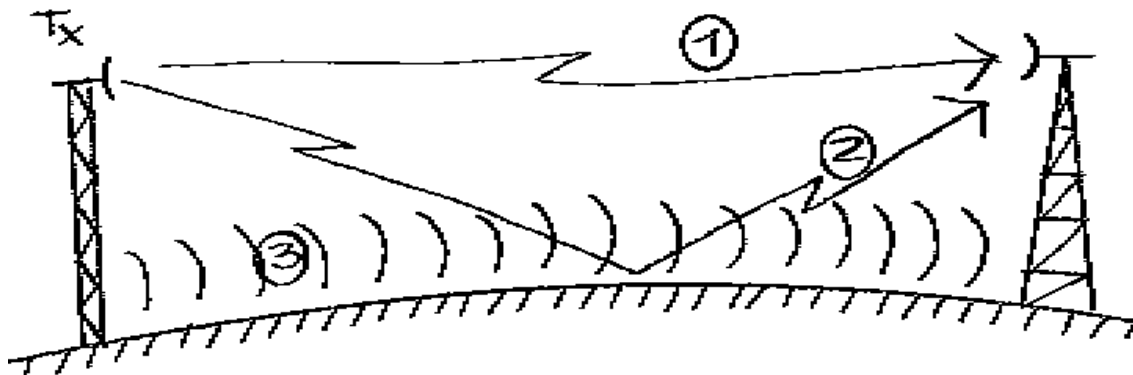
#### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

##### >>Propagação

Os sinais na faixa de MF têm dois modos de propagação: **por ondas de superfície e ondas espaciais.**

A onda espacial compõe-se da onda direta e da refletida, sendo que esta é multiplicada por um fator (coeficiente de reflexão) que leva em conta a condutividade do solo.

Assim, as propagações resultantes são constituídas das componentes: onda direta, onda refletida e onda de superfície:



## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

#### >>Propagação

Consideremos o caso de uma estação de radiodifusão. Neste caso, têm-se a antena de transmissão plantada sobre o solo e a de recepção a baixa altura.

O campo recebido é constituído pela onda de superfície. A componente superficial não se prende, normalmente, à superfície da Terra, estende-se a alturas consideráveis diminuindo, no entanto, a intensidade de campo com a altura.

Uma vez que parte de sua energia é absorvida pela terra, a intensidade da onda superficial será tanto mais atenuada quanto maior for a distância.



Onda de Superfície





### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

#### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

##### >>Propagação

A atenuação será função da condutividade da superfície terrestre por onde a onda se desloca.

A tabela a seguir mostra a condutividade para os diferentes tipos de superfície.

A melhor superfície para transmissão da onda de superfície é água do mar, o que explica porque os contatos de rádio a distâncias relativamente longas são melhores através dos oceanos.

<b>TIPO DO TERRENO</b>	<b>CONDUTIVIDADE (mS/m)</b>
Água do mar	4500
Água doce	<u>1</u>
Solo úmido	10
Terreno seco ou rochoso	<u>1</u>
Floresta	<u>1</u>
Montanhas	0,75

## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

#### >>Propagação

Os sinais em MF também podem viajar longas distâncias através da propagação ionosférica (**ondas celestes**).

Os sinais são irradiados em um ângulo para o céu, e são refletidos/refratados de volta para a Terra utilizando as camadas E e F.

Durante o dia (quando a ionosfera está fortemente ionizado) essas ondas podem ser absorvidas pela camada D.

Durante a noite (quando a camada D pode desaparecer), as ondas de rádio podem alcançar centenas e até milhares de quilômetros de distância.

## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF**

**FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

**>>Usos e Aplicações**

**Radiodifusão em AM**

**Ondas Curtas:** Banda de Transmissão: 2.3 MHz (120 m)

**Ondas Médias:** Banda de Transmissão: 525 kHz ~ 1.705 kHz

**Ondas Longas:** Banda de Transmissão: 153 kHz ~ 279 kHz

**Ondas Tropicais:** 2300 kHz (120 m)

### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF

**FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

**>>Usos e Aplicações**

**Rádiodifusão em AM**

	Frequências
Onda Média (OM)	525 a 1.605 KHz 1.605 a 1.705 KHz
	2.300 a 2.495 kHz
Onda Tropical (OT)	3.200 a 3.400 KHz 4.750 a 4.995 kHz 5.005 a 5.060 kHz
Onda Curta (OC)	5.950 a 6.200 kHz 9.500 a 9.775 kHz 11.700 a 11.975 kHz 15.100 a 15.450 kHz 17.700 a 17.900 kHz 21.450 a 21.750 kHz 25.600 a 26.100 kHz

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.2 - Comunicações MF

#### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

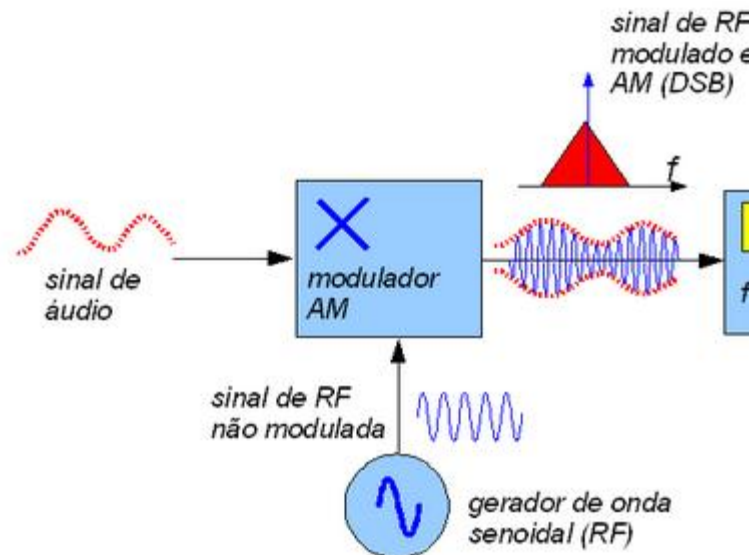
#### >>Usos e Aplicações

#### Rádiodifusão em AM – Ondas Médias - Modulação e Canalização

A faixa de rádiodifusão sonora em ondas médias, se estende de 535 kHz a 1605 kHz e é dividida em 107 canais, cada um com 10 kHz de largura.

Cada canal é identificado por sua freqüência central, que será a freqüência da onda portadora da emissora.

é utilizado a Modulação AM DSB,



## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF**

**FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

**>>Usos e Aplicações**

**Rádiodifusão em AM – Ondas Curtas (120 m)**

A faixa de rádiodifusão sonora em ondas curtas possui uma porção em MF.

Frequências de 2300-2495 kHz.

Propagação Ionosférica

Utilizadas principalmente em áreas tropicais.

## 3.2-Radiocomunicações- 3.2.2 - Comunicações MF

### FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency

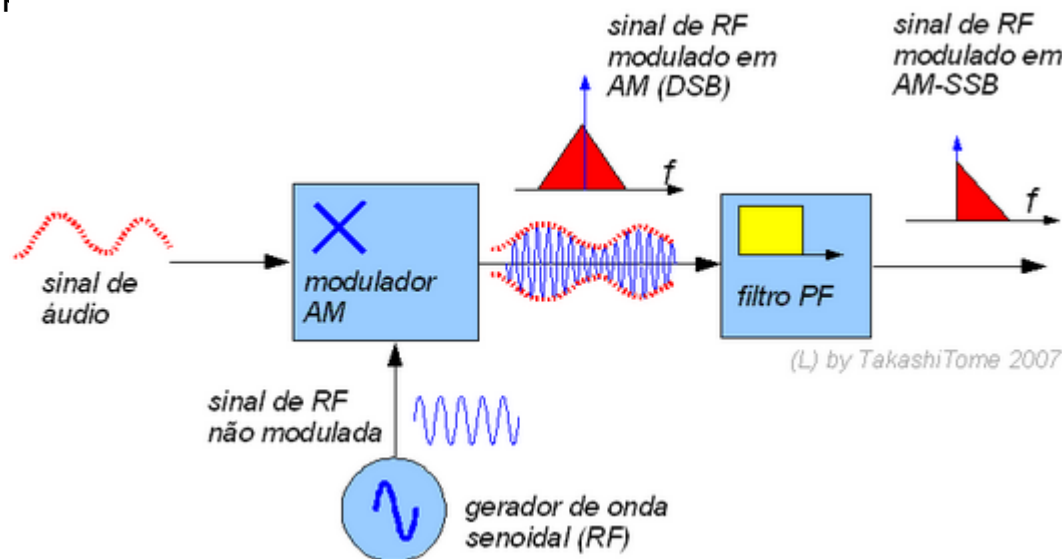
#### >>Usos e Aplicações

#### Radioamadorismo (160 metros)

Utilizada em uma banda de Radio Amador conhecido como “top-band” entre 1800 e 2000 kHz (160 metros)

Radio-operadores transmitem código morse, sinais digitais e SSB sobre esta banda.

\*sinal DSB passa então por um filtro que vai deixar passar apenas uma parte das frequências (filtro passa-faixa). Esse filtro vai deixar passar a portadora e a banda lateral superior, mas vai bloquear a banda lateral inferior. E assim se obtém um sinal SSB, que no caso ocupa apenas a banda lateral superior da portadora



## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF**

**FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

**>>Usos e Aplicações**

**Frequencia Internacional de Chamada e de Socorro**

2182 kHz

Para Comunicações Maritimas de Radiotelefoneia – Embarcações e Estações Costeiras

Utiliza a modulação AM SSB

Possui distância de 90 – 280 km (dia) e 280- 560 km (noite)



## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF**

### **FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

#### **>> Antenas**

Antenas de Transmissão:

Comumente se utiliza antenas monopolo, dipolo, L-Antena e T-Antena.

As antenas para este fim, utilizam antena de quarto de onda (25 a 250 metros).

Geralmente se utiliza o próprio mastro como antena.

## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.2 - Comunicações MF**

### **FAIXA MF (300 kHz A 3 MHz): Medium Frequency**

#### **>> Antenas**

Antenas de Recepção:

Para a recepção, não tem a necessidade de ser tão eficiente quanto as de transmissão.

Uma vez que a SNR, o ruído é determinado pelo ruído atmosférico.

Desse modo, pequenas antenas em comparação com o comprimento de onda pode ser utilizado.

A mais comum é a: Antena de Ferrite.

A Antena de Ferrite é feita com uma vareta de ferrite com uma bobina de fio condutor enrolado entorno dele.

Isso torna possível existir receptores AM portáteis.

## 3- Radiopropagação

### 3.1 - Propagação

### 3.2 - Radiocomunicações

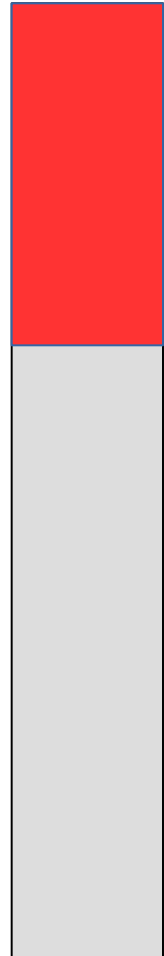
#### 3.2.1 - Comunicações LF

#### 3.2.2 - Comunicações MF (OM)

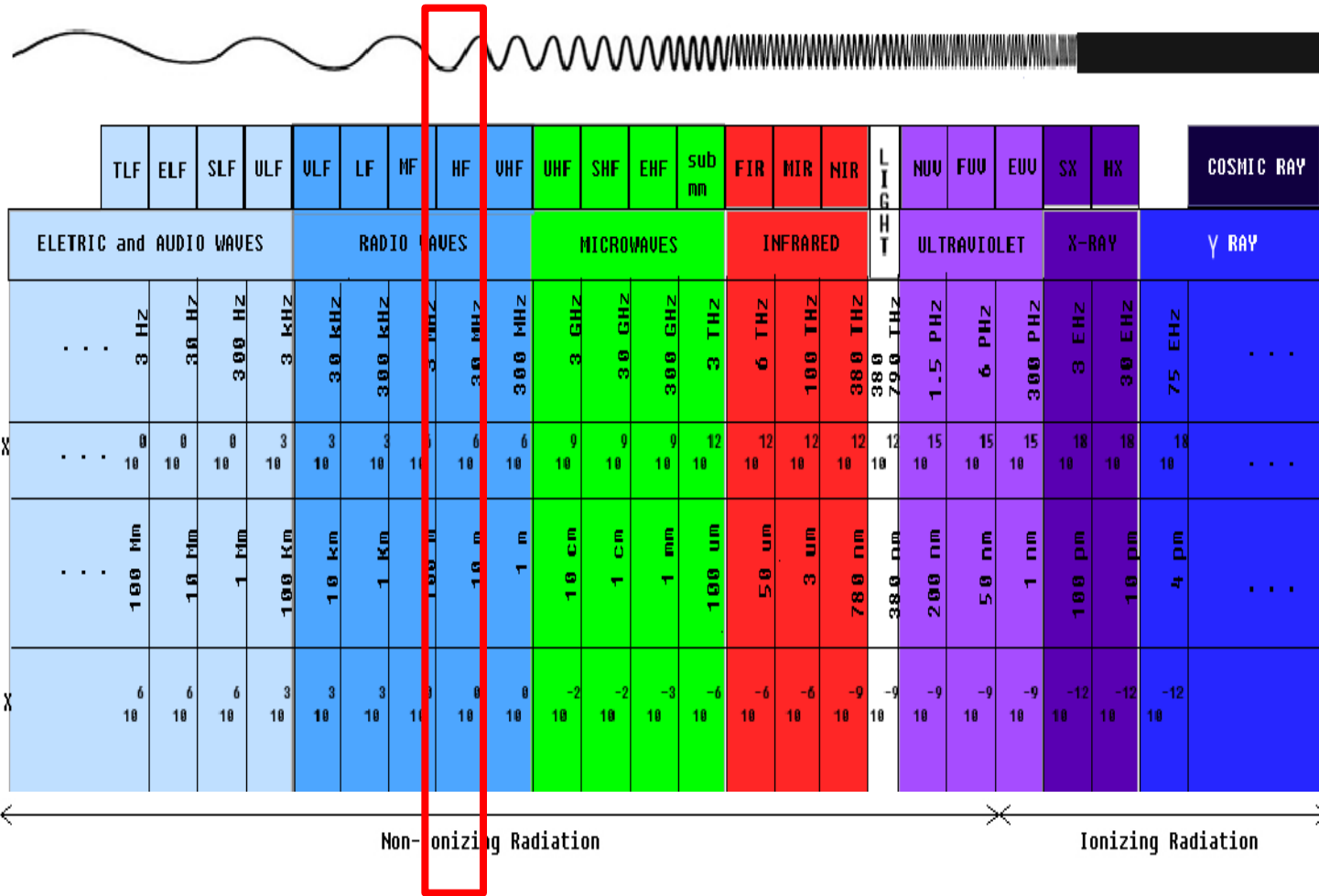
#### 3.2.3 - Comunicações HF

#### 3.2.4 - Comunicações VHF UHF

#### 3.2.5 - Comunicações SHF EHF (Satélite / Microondas)



## 2-Ondas Eletromagnéticas – 2.3 Espectro Eletromagnético



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

12.4 neU	100 m	3 MHz	WAVES	HF
124 neU	10 m	30 MHz		

HF é a designação ITU para:

**Frequencias entre:** 3 MHz e 30 MHz

**Comprimentos de onda** entre: 100 m e 10 m

A Banda HF é também conhecida como Ondas Curtas

podem ser utilizadas para atingir grandes distâncias e utilizam da refração na ionosfera e na reflexão no solo. No entanto, esta modalidade de propagação está sujeita à influências das variações da ionosfera que ocorrem ao longo do dia.

Representam importante papel nas transmissões de rádio tanto para radiodifusão, como para fins utilitários (comunicações com aviões, embarcações, etc) civis, militares ou comerciais

## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação:

Devido a característica do comprimento de onda, as transmissões em ondas curtas se propagam até grandes distâncias através de saltos por deflexão nas **camadas da ionosfera**.

A propagação das transmissões de rádio em ondas curtas estão sujeitas a fenomenologia própria das camadas ionosféricas.

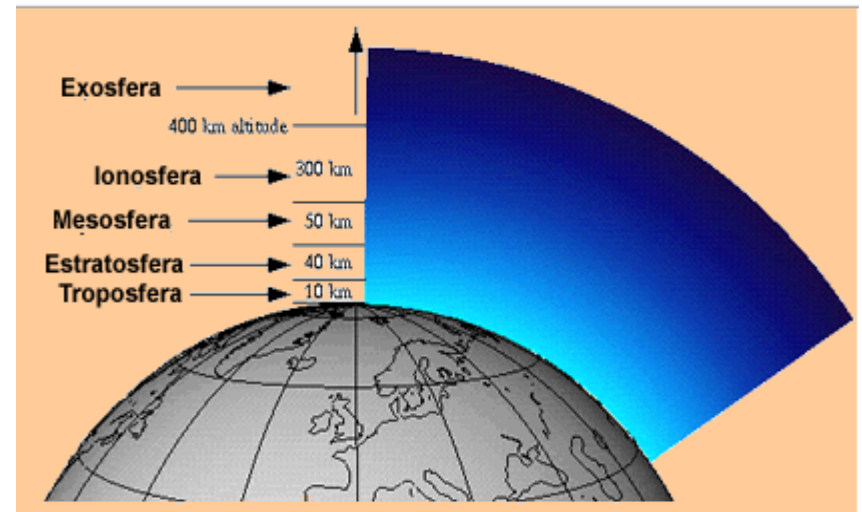
### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: Regiões da Atmosfera

A propagação geralmente ocorre dentro da atmosfera terrestre.

Esta região “consiste de gases Oxigênio e Nitrogênio e é dividida em várias camadas, cada uma possuindo características únicas, sendo elas: **Troposfera**, **Estratosfera**, **Mesosfera**, **Ionosfera** e **Exosfera**”.



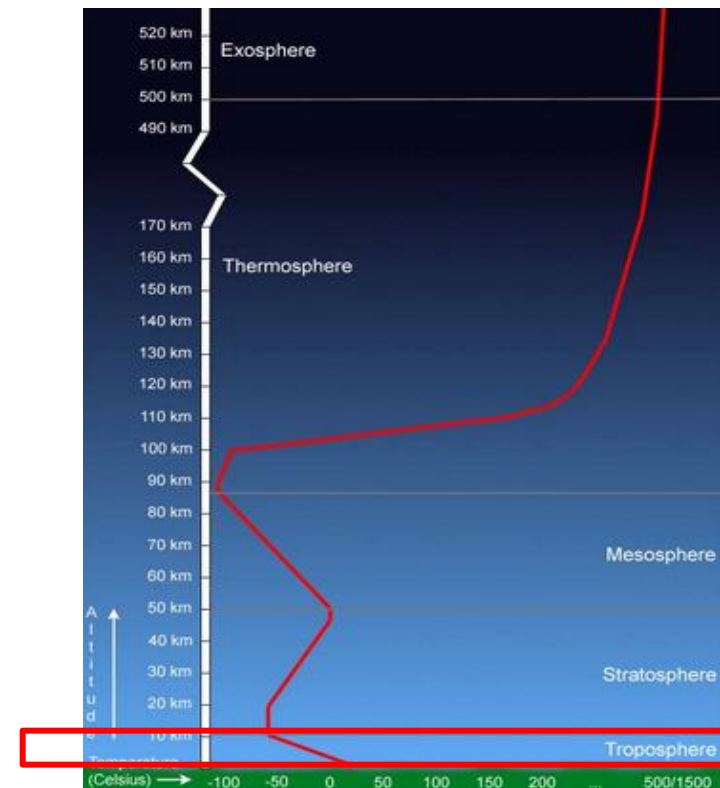
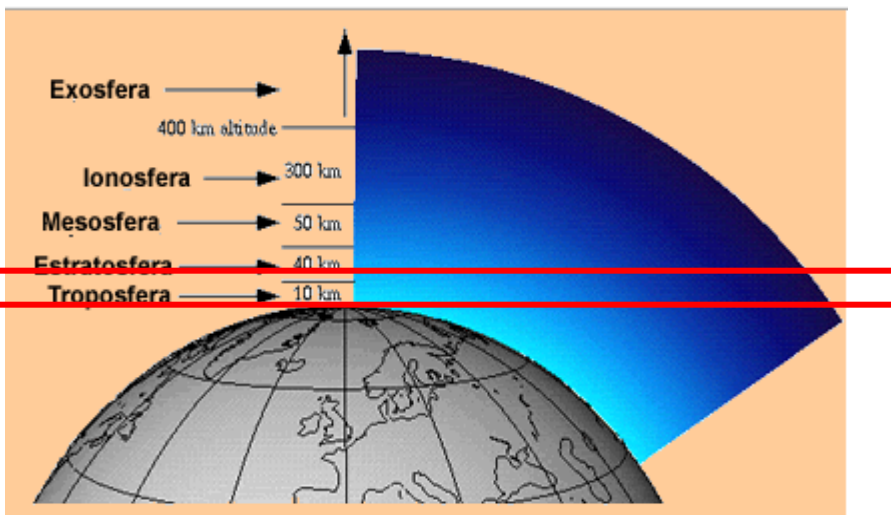
### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: Regiões da Atmosfera - Troposfera

É a camada mais baixa e está em contato com a superfície da Terra, indo até 16 km de Altitude. Nela ocorrem todas as tempestades e a maioria dos fenômenos meteorológicos.

A Troposfera exerce grande influência nas condições de propagação de ondas eletromagnéticas do tipo terrestre.





### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

##### >>Propagação: Regiões da Atmosfera – Estratosfera

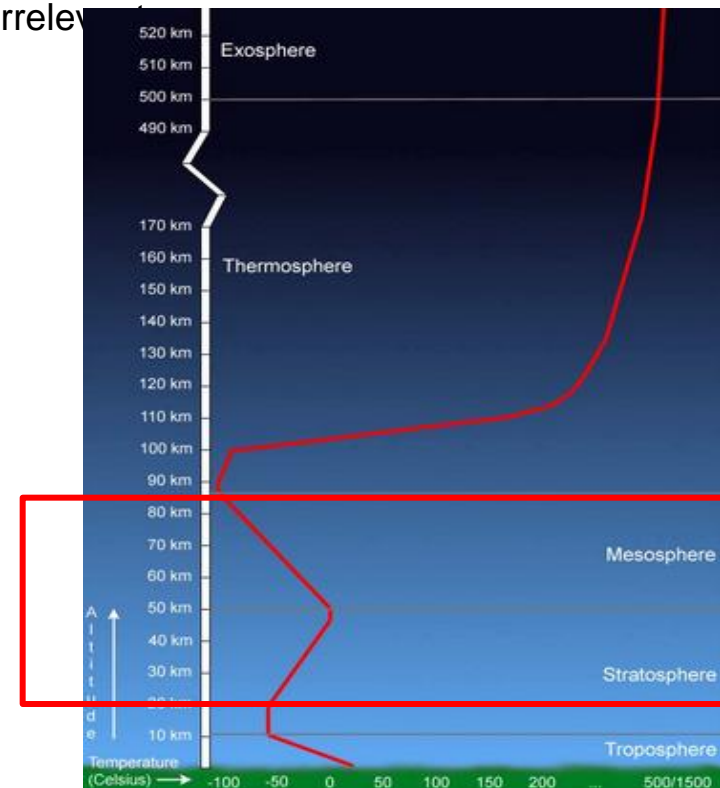
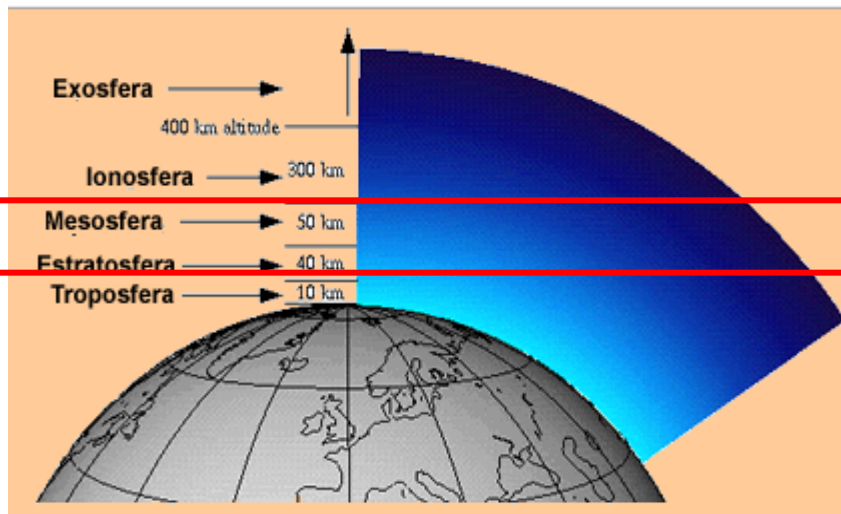
A estratosfera se estende desde 18 km de altura até, aproximadamente, 50 km. Nela não há umidade e a temperatura sobe de 2 a 4°C por quilômetro.

Não existem nuvens devido à reduzida quantidade de vapor d'água.

Sua influência na propagação das ondas eletromagnéticas é irrelevante.

##### >>Propagação: Regiões da Atmosfera – Mesosfera

É a terceira camada e alcança os 80 km.



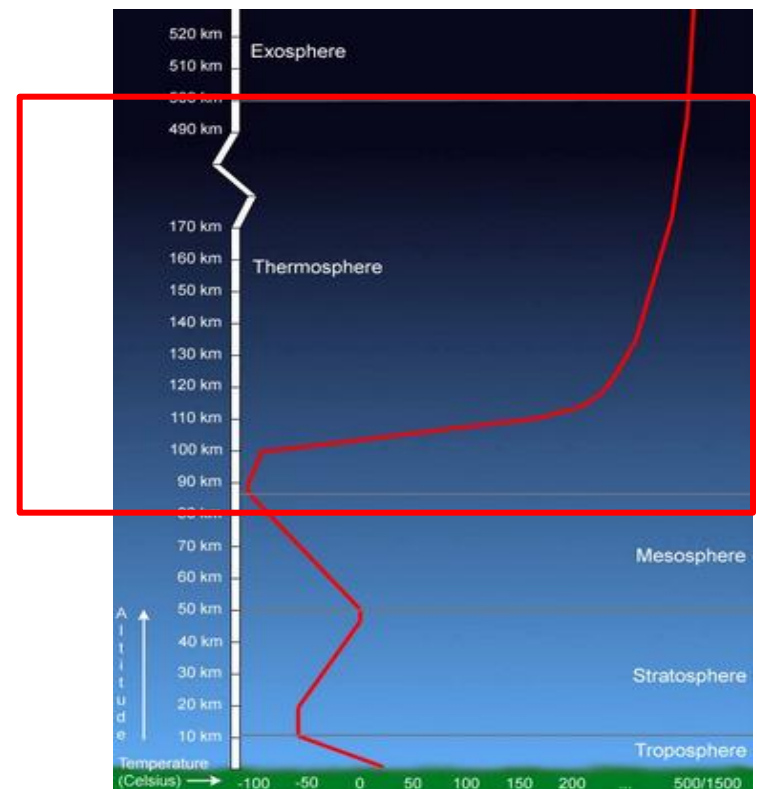
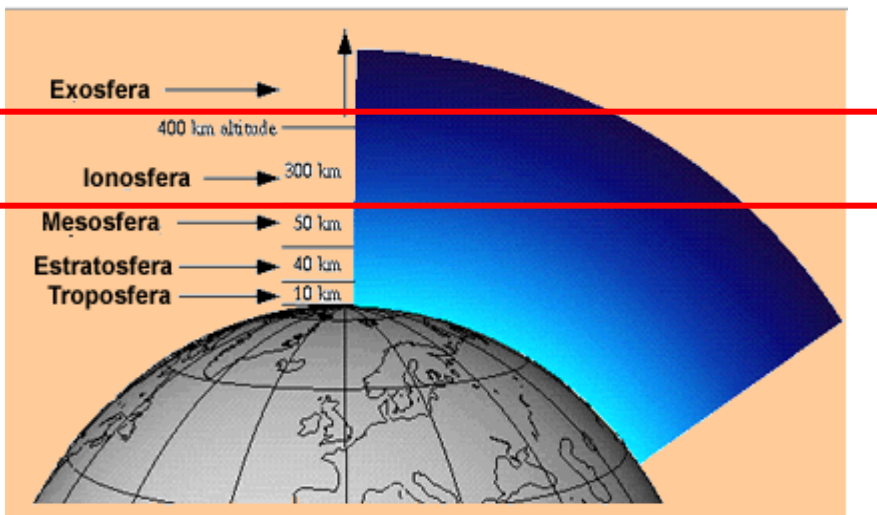
## 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: Regiões da Atmosfera - Ionosfera

Localizada na parte mais elevada, estendendo-se desde cerca de 50km até aproximadamente 600km de altura.

Essa região costuma ser dividida em camadas, nas quais a densidade de elétrons livres é aproximadamente estável.



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

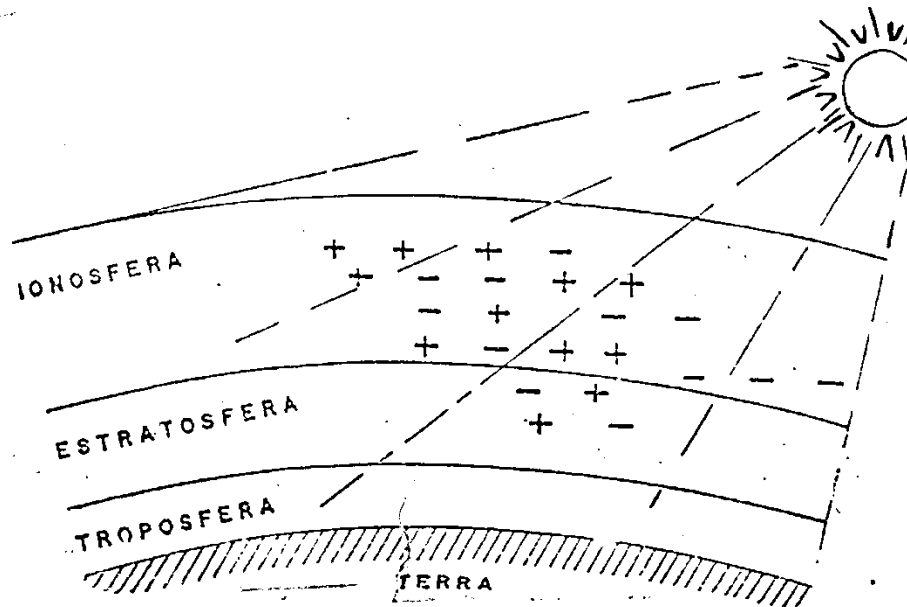
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

##### >>Propagação: Ionização

Ionização é a criação de cargas elétricas através da separação do elétron do átomo.

A ionosfera, como o nome diz, é composta de partículas carregadas eletricamente chamadas íons.

Íons nada mais são do que átomos ou moléculas que ganharam ou perderam elétrons apresentando, portanto carga elétrica negativa (chamados ânions) ou carga elétrica positiva (chamados cátions).



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

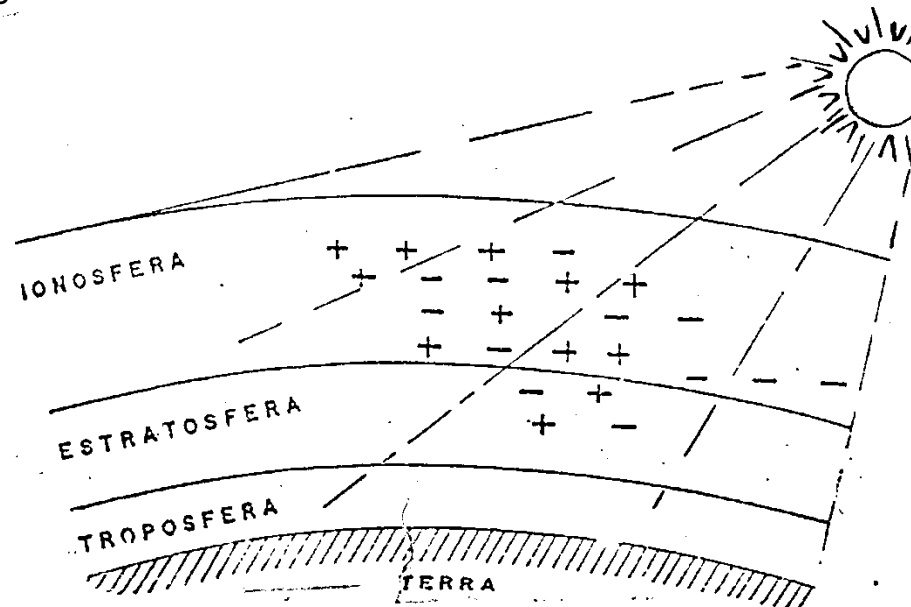
##### >>Propagação: Ionização

O processo de transferência de elétrons (perda ou ganho) envolve energia, e essa energia tem de vir ou ir para algum lugar.

Na Ionosfera, é provocada pelas radiações ultravioleta provenientes do Sol.

É essa a fonte da energia necessária para arrancar os elétrons das moléculas do topo da atmosfera e transformá-las em íons.

Assim o estado da ionosfera está ligado diretamente às condições do sol e de que ângulo os raios solares atingem a Terra.

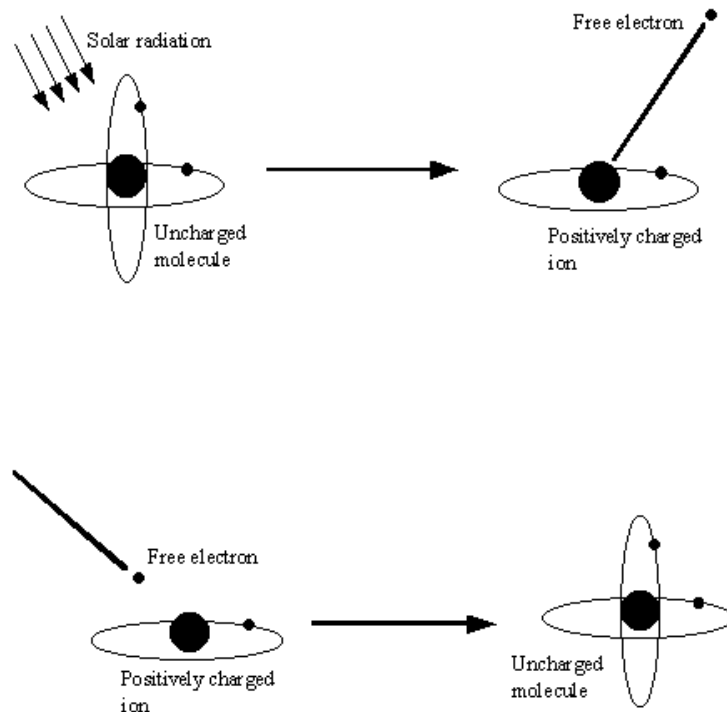


### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

##### >>Propagação: Ionização

A radiação solar causa a ionização no que chamamos de ionosfera. Os elétrons são produzidos quando esta radiação colide com átomos e moléculas não carregadas ( neutras eletricamente ). Desde que este processo requer radiação do Sol, a produção de elétrons apenas ocorre durante o hemisfério iluminado de dia da ionosfera.



Produção (topo) e perdas (em baixo)

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

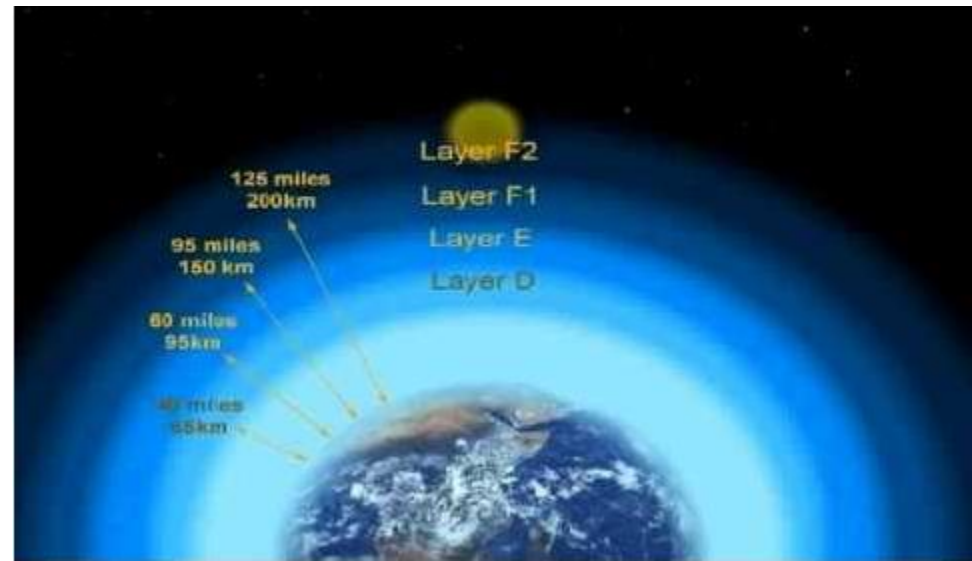
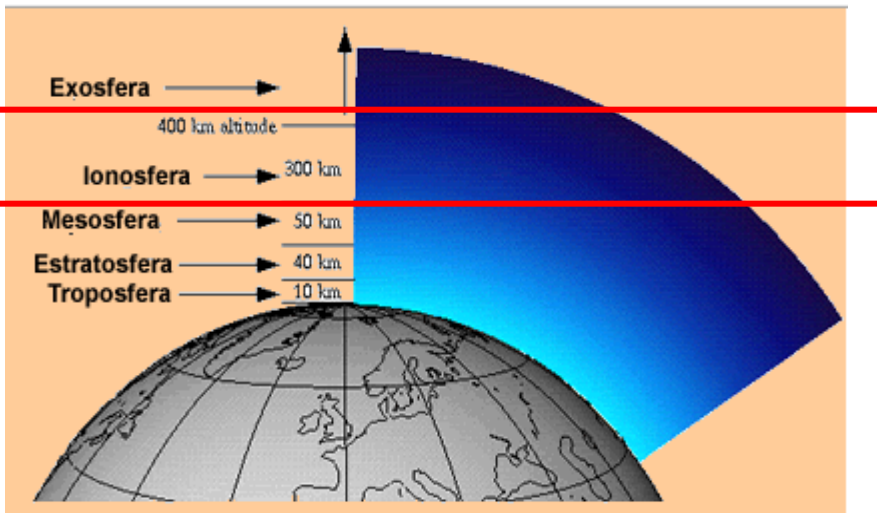
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

##### >>Propagação: A Região Ionosferica

Embora sejam faixas gasosas, em primeira abordagem pode-se considerar que tenham formato aproximadamente esférico, concêntrico com a Terra.

Até determinado limite, em média o grau de ionização cresce com a altura, mas não de forma monotônica.

Para fins de análise do comportamento da onda nessa região, as camadas ionosféricas costumam ser identificadas como **camada D, camada E e camada F (F1 e F2)**, cada uma com suas características e suas propriedades.



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica

As camadas distintas na ionosfera são classificadas em função da altura e de suas intensidades de ionização.

#### Camadas D, E, F (F1 e F2).

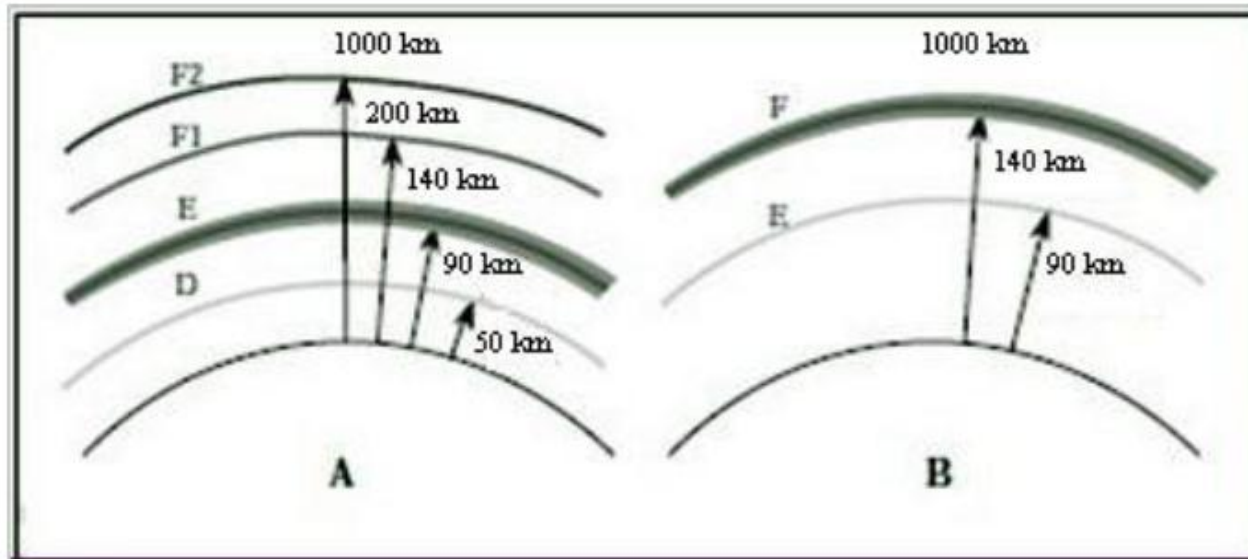


Figura 1: Camadas da Ionosfera nos períodos a) diurno e b) noturno.

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

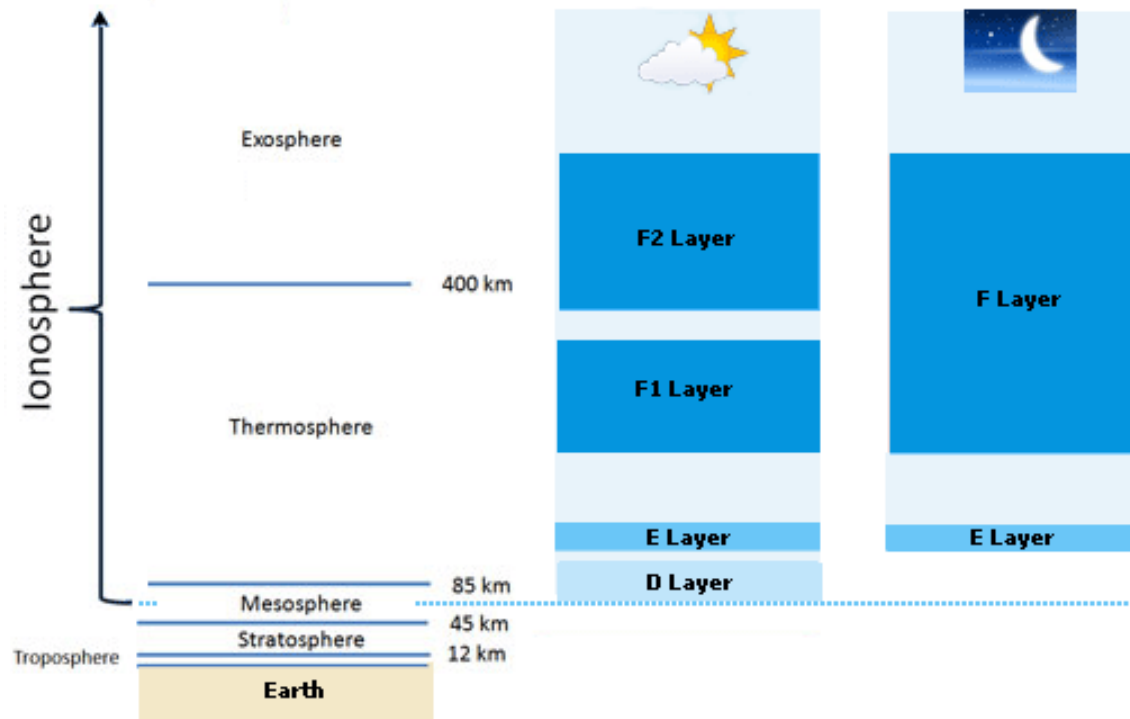
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica

Essas 4 camadas só estão presentes durante o dia quando o Sol é uma fonte de ionização.

Durante a **noite** as camadas **F1 e F2 se tornam uma única camada F** desaparecendo as camadas **D e E** devido à **recombinação dos íons** que as compõem.

A intensidade de ionização nessas camadas varia com a hora, dia, mês, ano e estação do ano.





### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

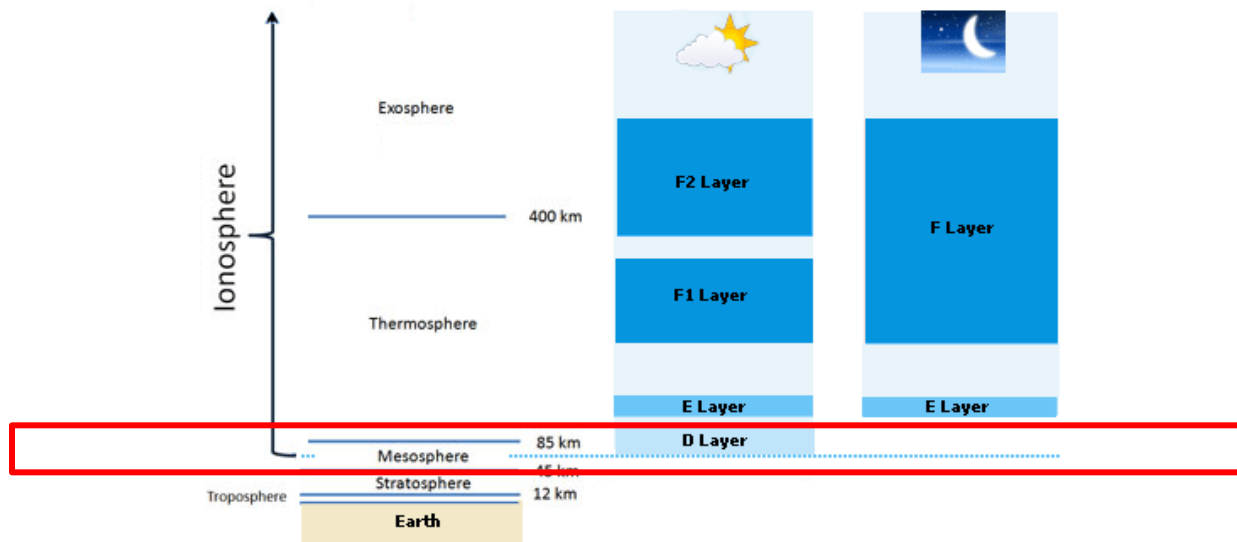
>>Propagação: A Região Ionosferica – Camadas:

#### Camada D:

Camada mais próxima do solo e a menos energética.

É definida ao amanhecer e está situada em alturas compreendidas entre 50 e 90 km de altitude.

A densidade de ionização na região D exhibe significativas variações diurnas, ocorrendo um valor máximo após o meio dia e um valor muito pequeno à noite.



### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

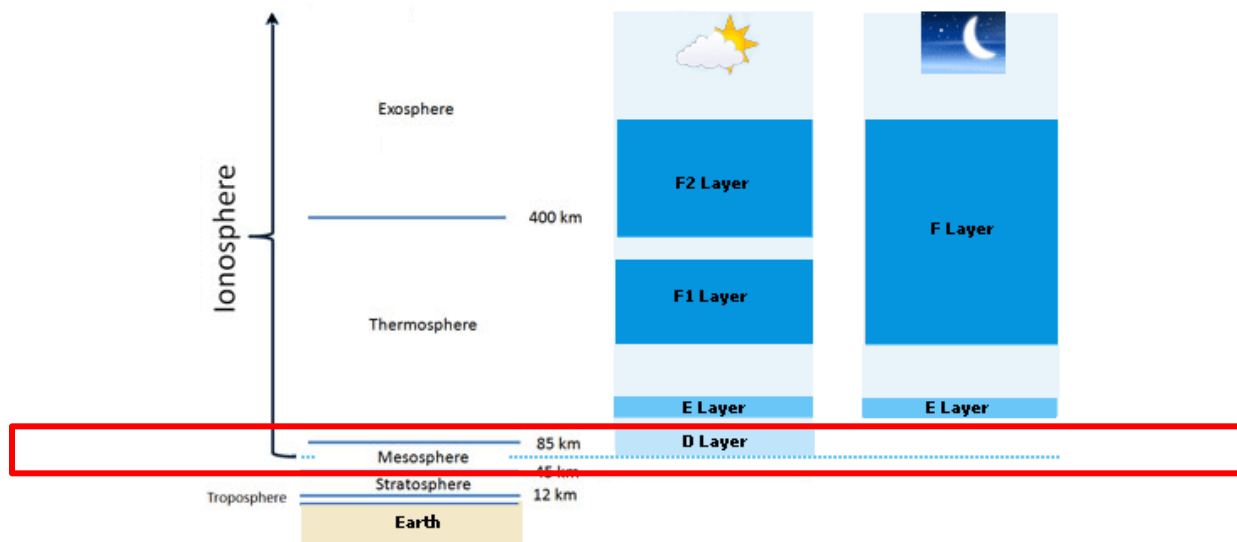
>>Propagação: A Região Ionosferica – Camadas:

#### Camada D:

verifica-se que a ionização na região D não é tão ampla, e que ela produz pequeno efeito de desvio nas ondas de rádio de alta frequência.

O principal efeito da ionização nessa região consiste em diminuir ou atenuar a intensidade de campo das ondas de rádio de altas frequências que por elas se deslocam e em absorver completamente as ondas de rádio de baixas e médias frequências, sem as refratar.

Torna-se mais densa à tarde e vai desaparecendo após o pôr do Sol, dada a rápida recombinação de íons que se processa nessas alturas.



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

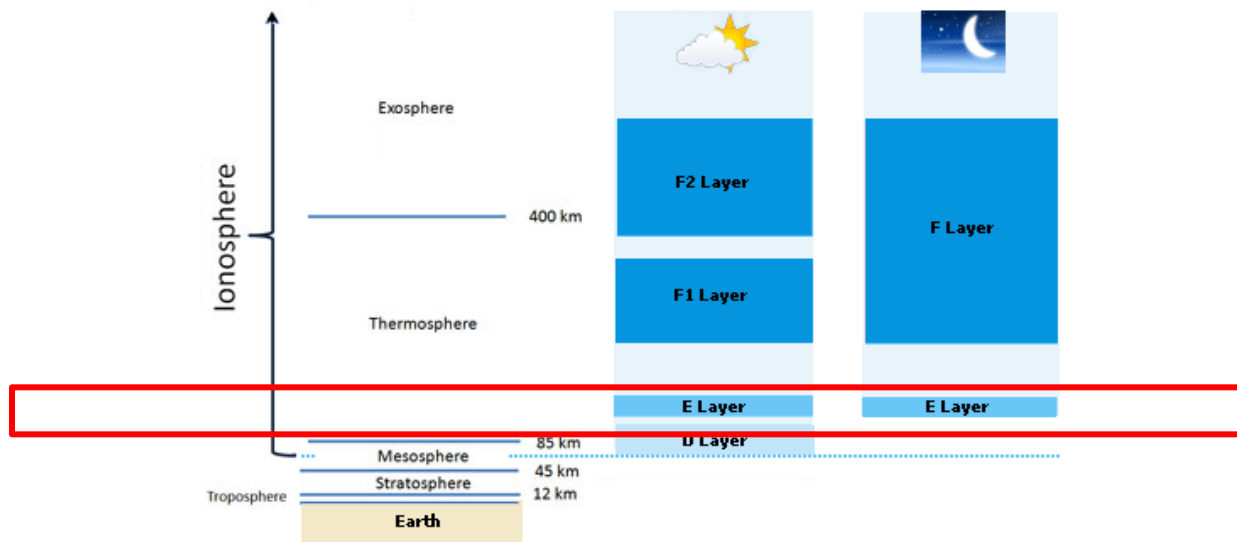
>>Propagação: A Região Ionosferica – Camadas:

#### Camada E:

Normalmente situada entre 90 e 140 km é uma camada útil para a propagação das ondas de rádio através da Ionosfera.

Sua intensidade varia com o ângulo do Sol, atingindo um ápice ao meio-dia e apresentando queda no pôr do Sol.

O número de elétrons por unidade de volume nesta camada é normalmente, bastante grande para refletir de volta à Terra as ondas de rádio de frequências tão altas como 20 MHz.



### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

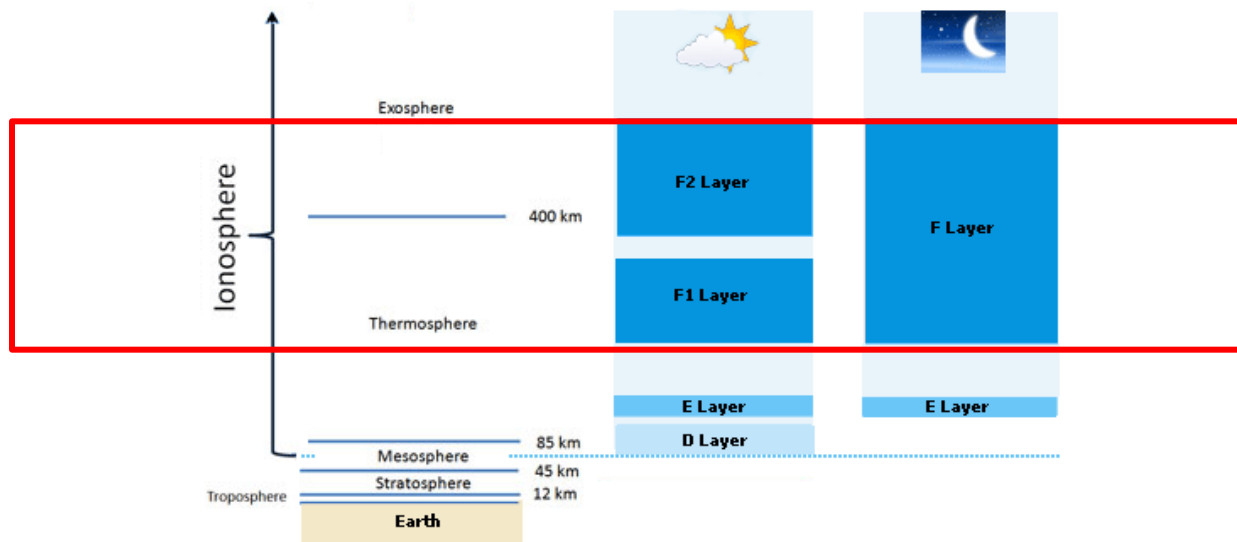
>>Propagação: A Região Ionosferica – Camadas:

#### Camada F (F1 e F2):

A camada compreendida basicamente entre 140 a 1000 km.

Durante o dia divide-se nas camadas F1 (140 até 200 km) que apresenta taxas de ionização próximas das observadas na camada E, e F2 (200 até 1000 km) que possui características da camada F não dividida.

Estas duas camadas não são delimitadas precisamente, pois há um certo grau de ionização entre elas.



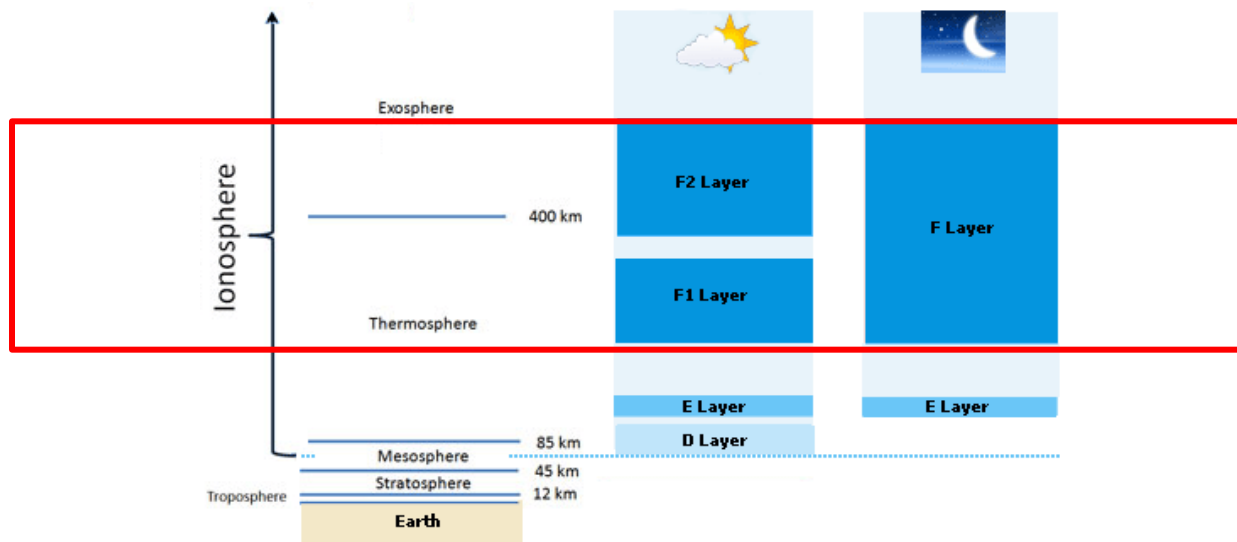
### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica – Camadas:

#### Camada F (F1 e F2):

A noite, na ausência de qualquer radiação ultravioleta direta do sol, as camadas D e E tendem a se extinguir, a camada F<sub>2</sub> desce e combina-se com a F<sub>1</sub> para formar uma camada que é conhecida como F<sub>2</sub> noturna, com altitude de cerca de 240 km, que é a mais utilizada nas comunicações à longas distâncias (> 2400 km).



### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

##### >>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosféricas:

Além da altura, outra principal característica da ionosfera que controla ou determina as radiocomunicações à longa distância é a **densidade de ionização** de cada uma das camadas ionosféricas.

**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, ou seja, mais compacto deve ser o meio para que este possa refletí-las.**

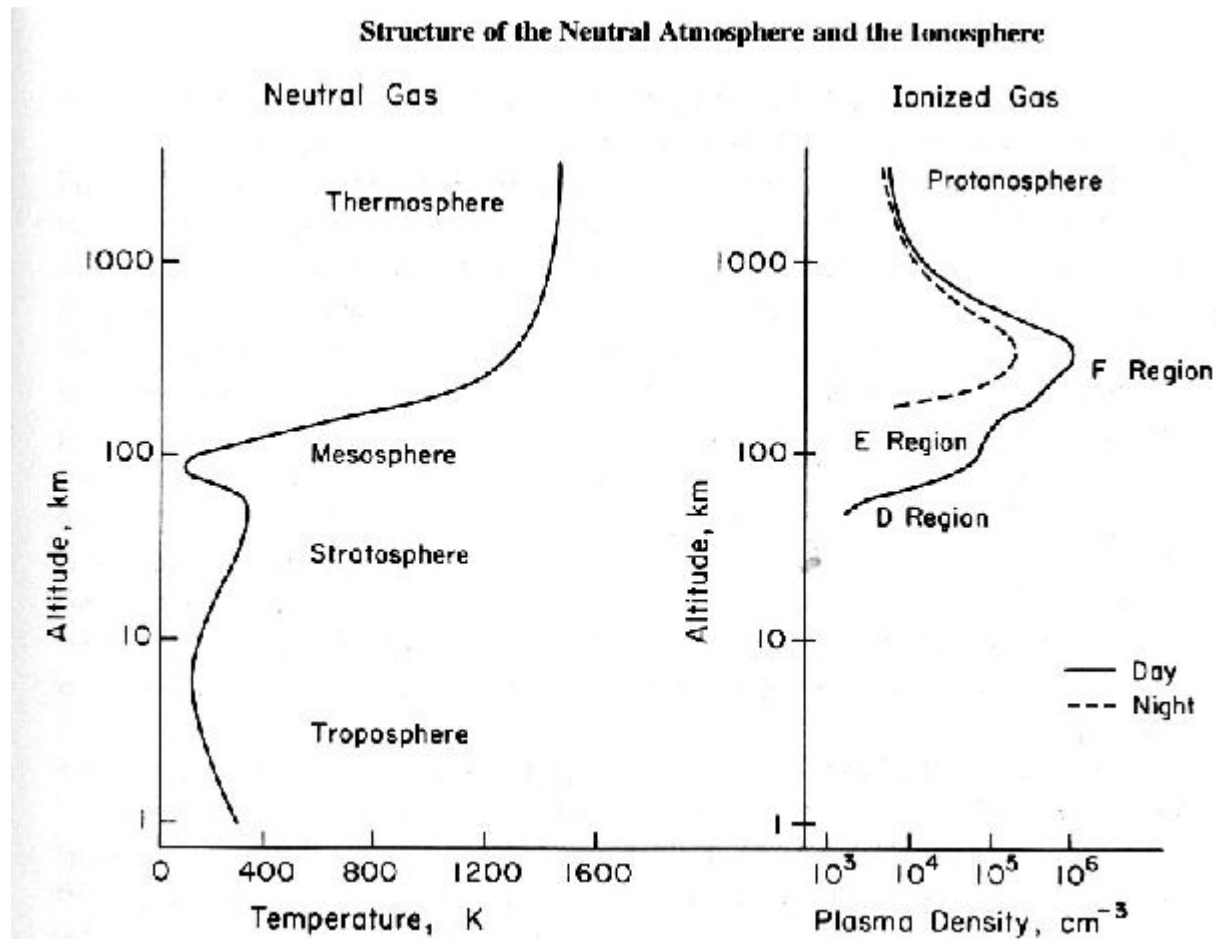
**Nesse caso, as camadas mais altas, são as mais ionizadas e, portanto, refletem as frequências mais altas.**

**Quanto maior for a atividade solar, maior será a ionização e melhores serão as condições de propagação**

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

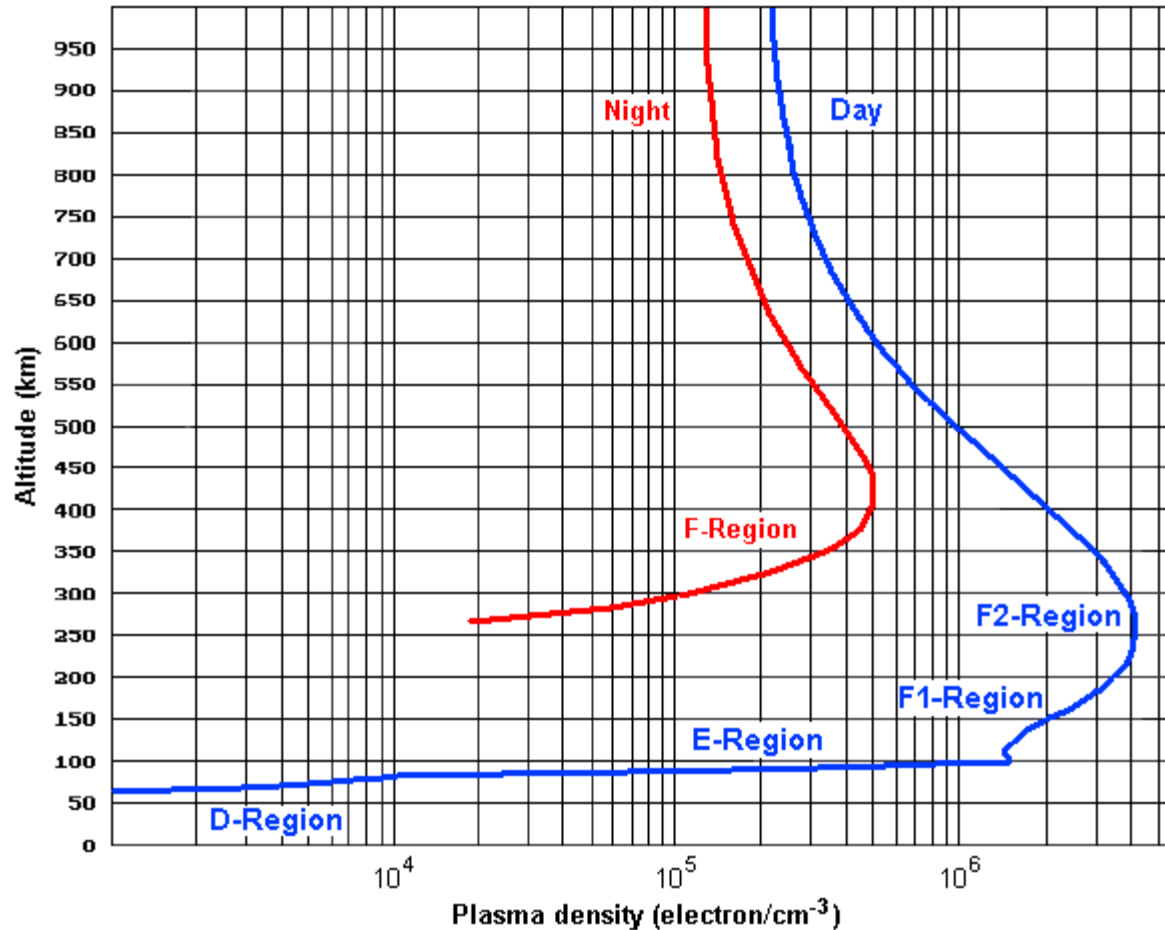
>>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosféricas – Densidade de Ionização



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosféricas – Densidade de Ionização





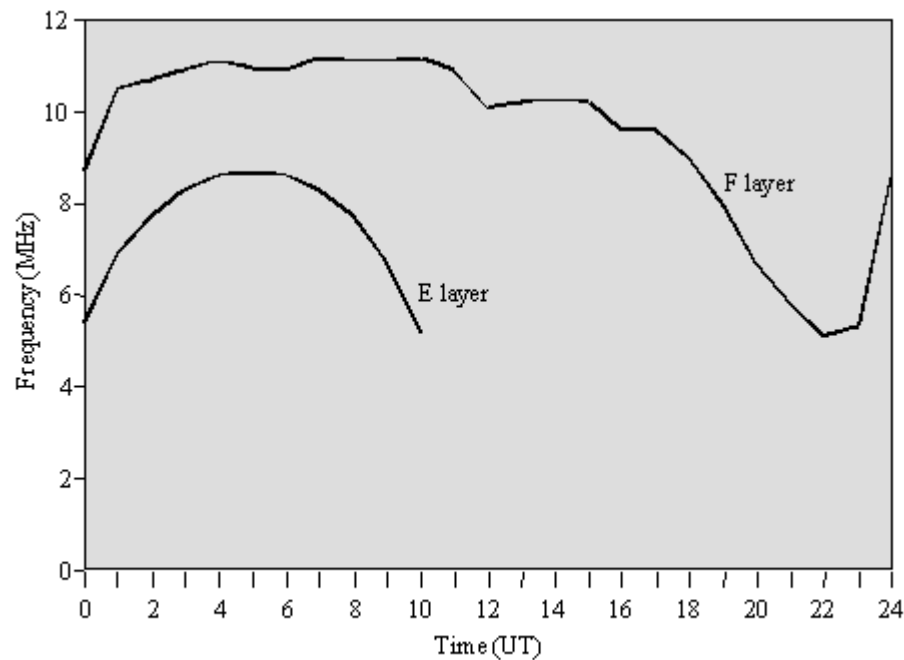
### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosférica – Características Ionosférica - Ciclos da Ionosfera:

A densidade de ionização pode sofrer algumas variações e estas podem ser divididas em 4 categorias: **diurnas, estacional, variações de 11 anos e 27 dias das manchas solares** .

- **Variação Diurna:** aumento da absorção da energia das ondas de rádio durante o dia, acompanhando o curso solar.



Frequências das camadas E e F para o circuito de Singapura a Ho Chi Minh durante um ciclo solar

### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosférica - Ciclos da Ionosfera:

A densidade de ionização pode sofrer algumas variações e estas podem ser divididas em 4 categorias: **diurnas, estacional, variações de 11 anos e 27 dias das manchas solares** .

- **Varição Estacional:** como as várias regiões da Terra recebem mais radiação solar no verão e menor no inverno, devido à mudança do ângulo de incidência de radiação. onde a densidade máxima de íons das camadas D, E e F se modifica.

### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosférica - Ciclos da Ionosfera:

A densidade de ionização pode sofrer algumas variações e estas podem ser divididas em 4 categorias: **diurnas, estacional, variações de 11 anos e 27 dias das manchas solares** .

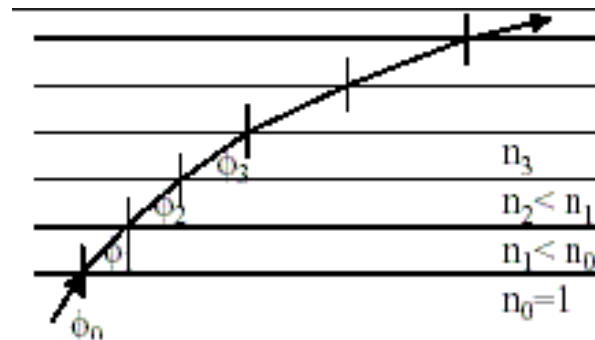
- **Variações de 11 anos das manchas solares:**  
obedecendo um ciclo de aproximadamente 11 anos, acompanhando o número de manchas solares.  
As manchas solares são áreas escuras que aparecem no disco solar e que influenciam, particularmente, na quantidade de radiação ultravioleta e, conseqüentemente, na extensão da ionização das camadas causada por este tipo de radiação
- **Variações 27 dias das manchas solares:**  
também é devido às atividades das manchas solares e resulta da rotação do sol em torno de seu próprio eixo(cerca de 27 dias).

### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosférica – Características Ionosférica – Refração Ionosférica

Na refração ionosférica, as diversas camadas da ionosfera desviam pouco a pouco a trajetória das ondas eletromagnéticas, que retornam à superfície terrestre.

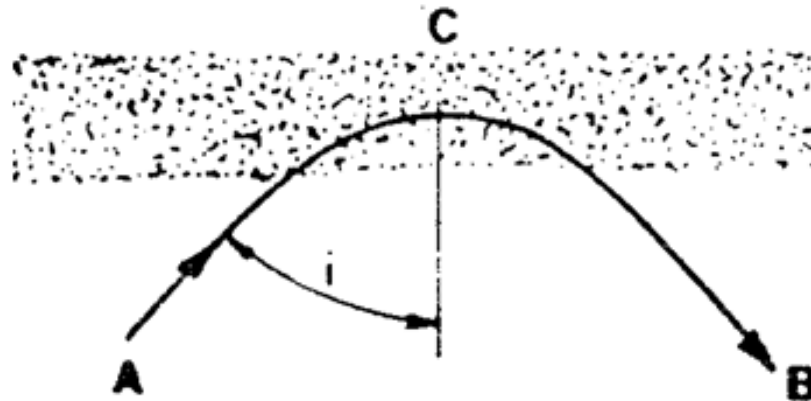


### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

**FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency**

**>>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosférica – Refração Ionosférica**

Nas aplicações práticas de radiocomunicação a incidência das ondas não é vertical, mas sim em ângulo



Neste caso a onda partindo de A, sofre refração continuada ao penetrar na camada ionizada e finalmente seu ângulo é tal que em C ocorre reflexão total, daí ela sofre refração inversa e atinge o ponto B.

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosférica – Características Ionosférica – Refração Ionosférica

vários e possíveis trajetos de deslocamento das ondas de rádio entre o transmissor e o receptor, devido a refração ionosférica

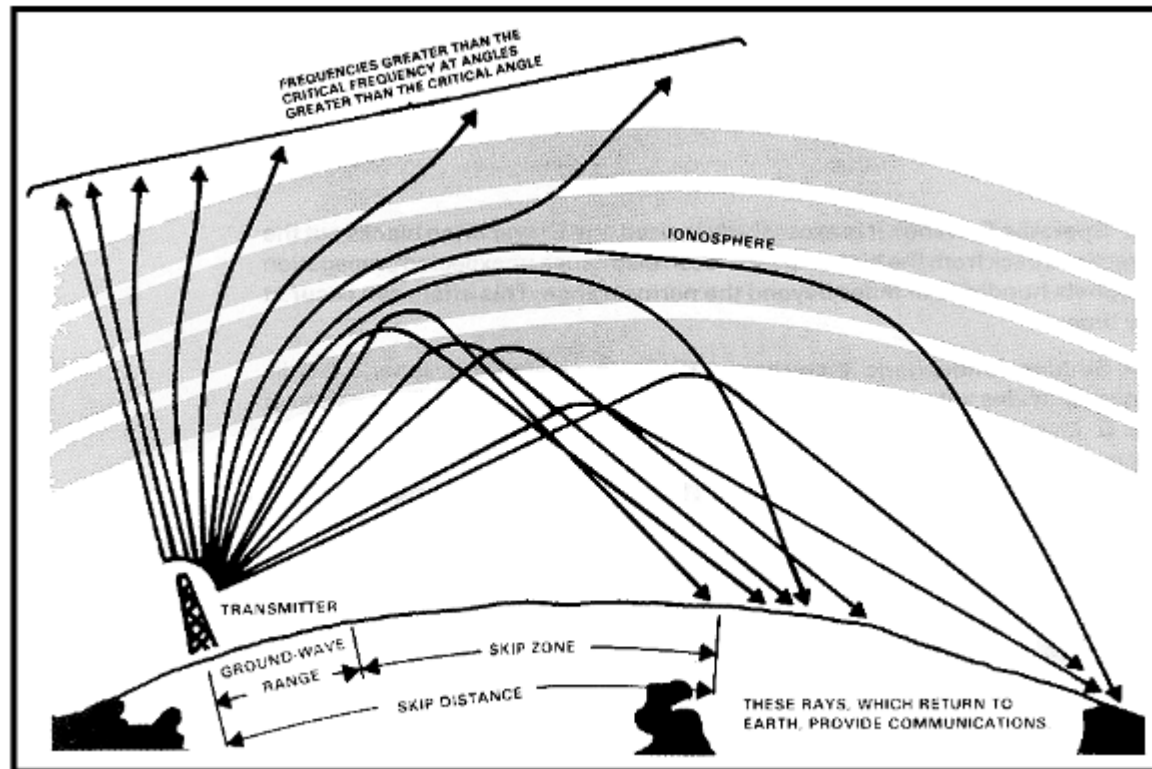


Figure 2-14. Sky wave transmission paths.

### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

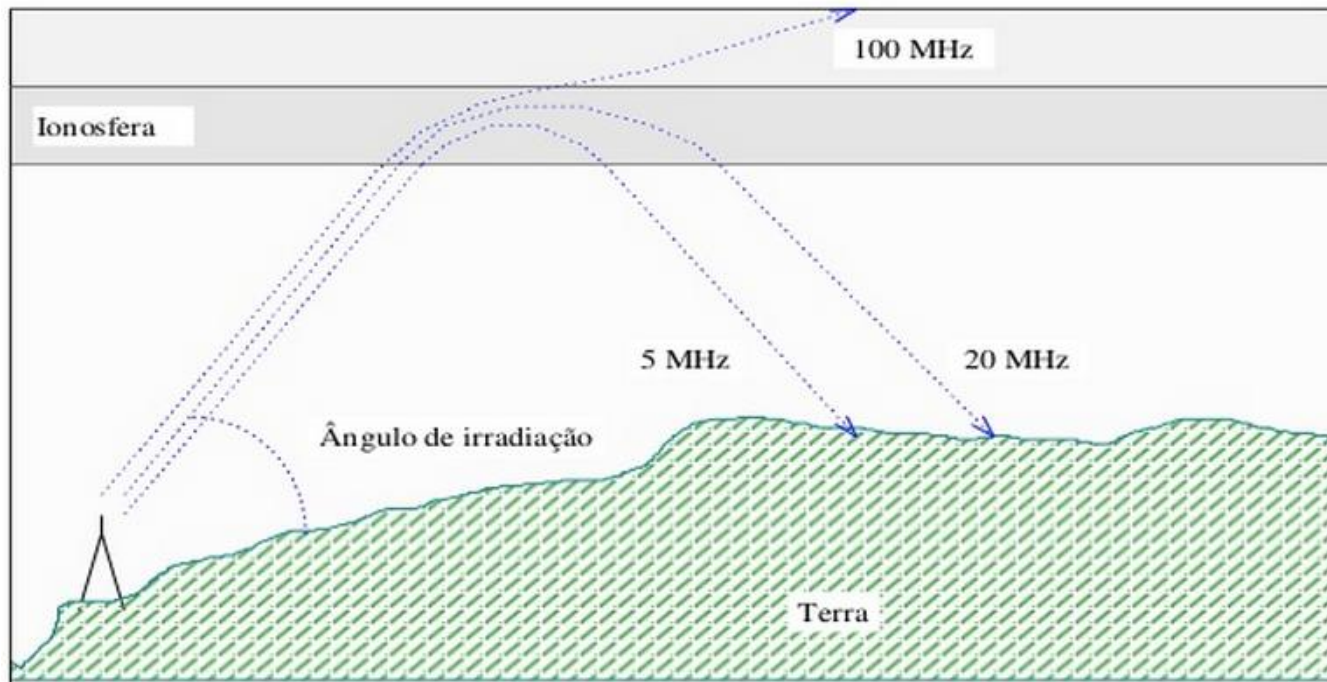
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica – Características Ionosférica – Refração Ionosférica

tres ondas de frequencias diferentes: 5MHz, 20MHz e 100MHz, com um mesmo ângulo de irradiação.

A onda de frecuencia de 20 MHz se refrata em uma camada mais alta e com um maior grau de ionização que aquela de 5 MHz, estabelecendo um alcance maior.

Já a onda de 100MHz não sofre refração suficiente, de modo que não retorna a superfície.



### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

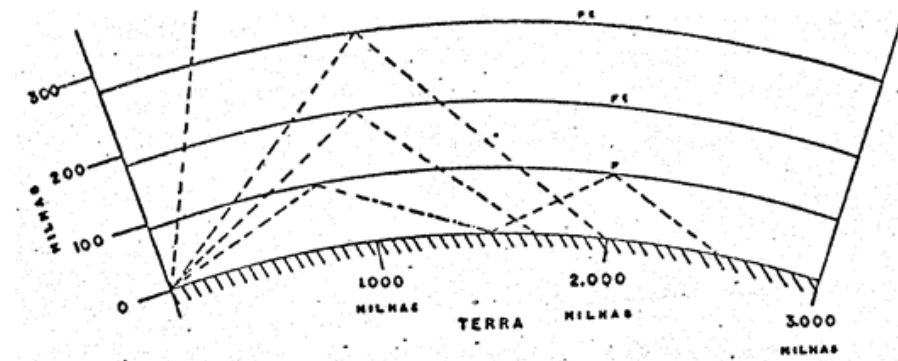
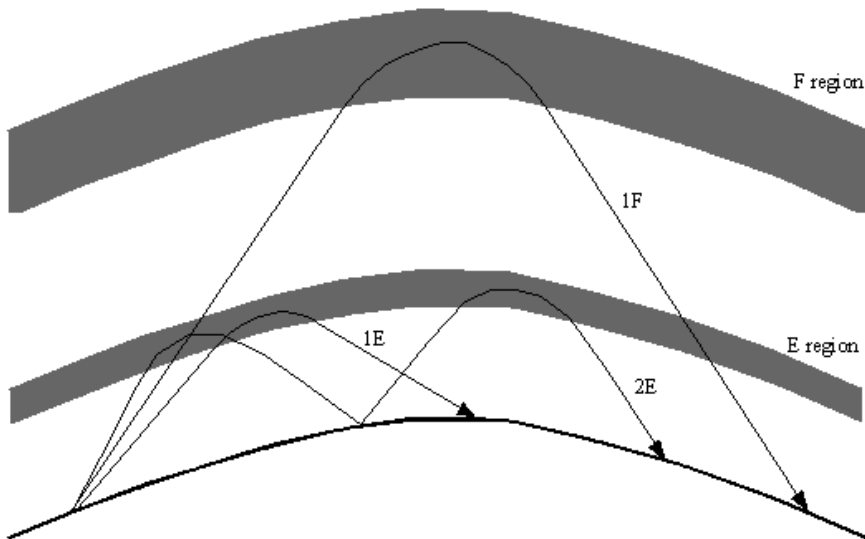
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

#### >>Propagação: A Região Ionosferica – Modos de propagação

Existem muitos caminhos ou modos por onde uma onda celeste pode viajar do transmissor para o receptor.

F irá requerer pelo menos dois pulos ( 2F )

F irá require três pulos ( 3F )



DISTÂNCIA (km)	MODOS DE PROPAGAÇÃO
ZERO a 2000	1 E, 1 F, 2 F
2000 a 4000	2 E, 1 F, 2 F, 1E + 1F
4000 a 6000	3 E, 2 F, 3 F, 1E + 1F, 2E + 1F
6000 a 8000	4 E, 2 F, 3 F, 1E + 2F, 2E + 1F
8000 a 10000	3 F, 4 F, 1 E + 2F, 2E + 2F



### **3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF**

**FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency**

**>>Propagação: A Região Ionosferica –**

- **Ângulo critico**
- **Frequencia critica**
- **MUF**
- **FOT**
- **LUF**

### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

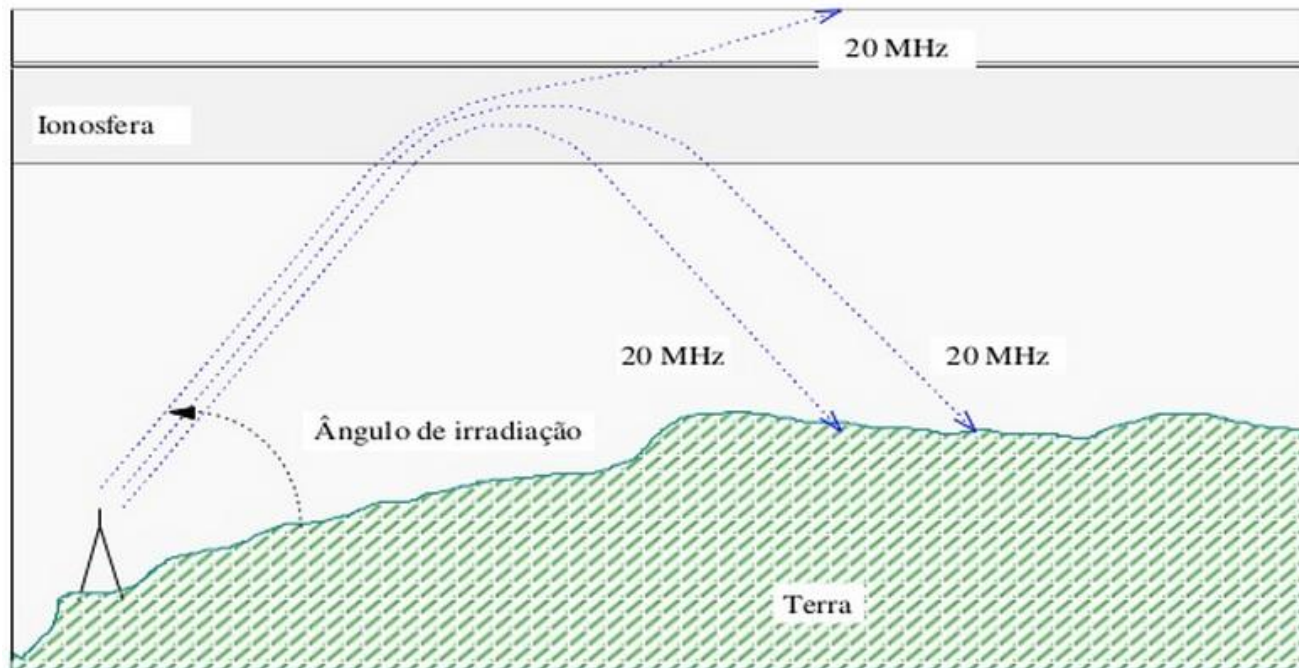
#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica –

- **Ângulo crítico**

Frequencia de 20 MHz , a variação do alcance com o ângulo de irradiação.

Para ângulos de irradiação acima de um certo valor não há refração suficiente na ionosfera e as ondas se perdem no espaço.

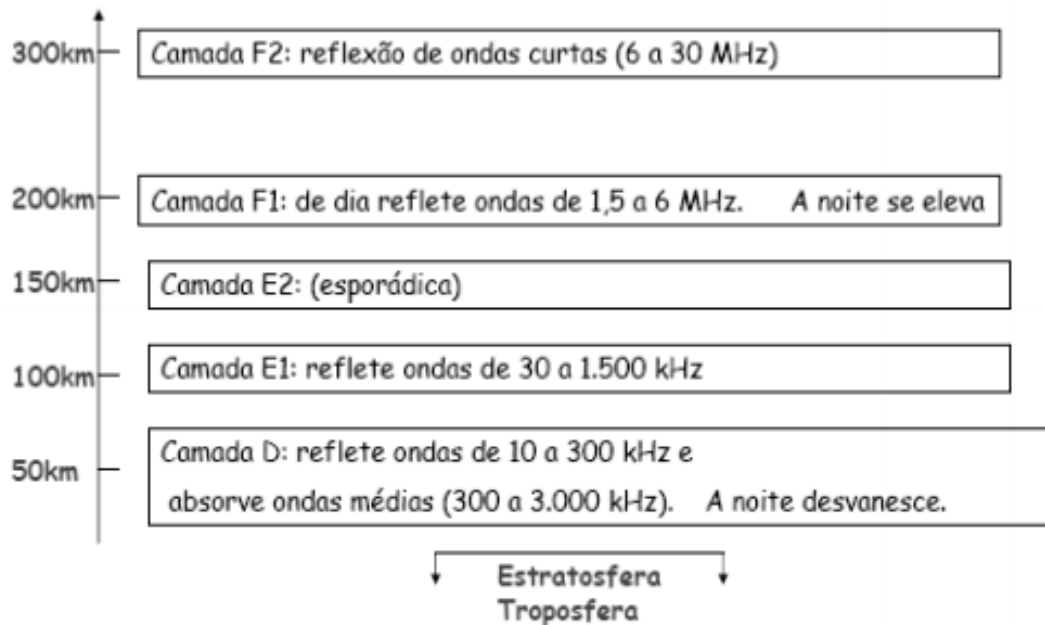


### 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

**FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency**

**>>Propagação: A Região Ionosferica –**

**Seleção de Frequência**



### 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

#### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica –

#### Seleção de Frequência

Para o sucesso das comunicações via rádio entre dois pontos a determinada hora do dia, existem uma frequência máxima, mínima e ótima que podem ser usadas.

- **MUF - Frequencia Maxima Utilizavel**

- Quanto mais alta a frequência de uma onda de radio, menor o grau de refração causada pela ionosfera.
- Por isso, para um determinado angulo de incidencia e hora do dia, existe uma frequência máxima que pode ser usada nas comunicações entre dois pontos.
- Ondas de radio com frequência acima da MUF sao refratadas mais lentamente e retornam a terra num ponto alem do pretendido ou perdem-se no espaço.
- **Eh a maior frequência que pode ser refletida pela camada para determinado angulo de incidencia da onda.**
- A MUF geralmente nao ultrapassa 35 MHz e é dada pela equação:

$$MUF = \frac{\text{critical frequency}}{\cos \theta}$$

## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica –

#### Seleção de Frequência

Para o sucesso das comunicações via rádio entre dois pontos a determinada hora do dia, existem uma frequência máxima, mínima e ótima que podem ser usadas.

- **LUF - Frequência Mínima Utilizavel**

- Do mesmo modo que existe uma frequência máxima, existe uma frequência mínima.
- Ao diminuir a frequência o grau de refração aumenta.
- Então uma onda cuja frequência seja inferior à LUF volta a terra num ponto aquém do desejado.
- Ao diminuir a frequência a absorção da energia RF aumenta.
- Uma onda cuja frequência seja muito baixa, é absorvida ao ponto de ser muito débil para ser recebida.
- O ruído atmosférico é também maior para frequências baixas.
- A combinação destes dois efeitos pode resultar numa relação sinal ruído inaceitável.
- Por isso na determinação da LUF há que ter em consideração estes fatores.

## 3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF

### FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Propagação: A Região Ionosferica –

#### Seleção de Frequência

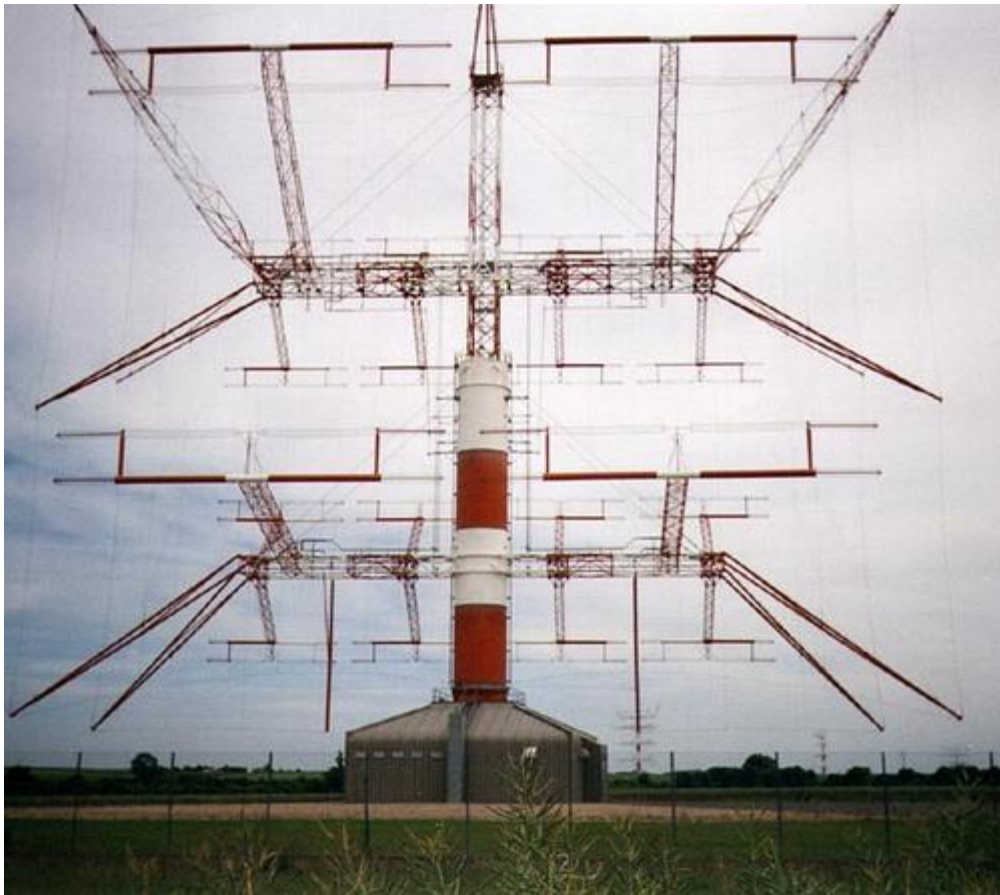
Para o sucesso das comunicações via rádio entre dois pontos a determinada hora do dia, existem uma frequência máxima, mínima e ótima que podem ser usadas.

- **FOT - Frequencia de Trabalho Otima.**
  - A melhor frequência de operação é a que permite comunicação com menor índice de problemas.
  - Deve ser suficientemente alta para evitar problemas de multipath, fading, absorção, e ruído encontrados nas frequências mais baixas, mas não tao alta que possa ser afetada por mudanças bruscas na ionosfera.
  - A FOT é a abreviatura de " *fréquence de travail optimale* ".
  - A FOT é cerca de 85% da MUF.

## 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

**FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency**

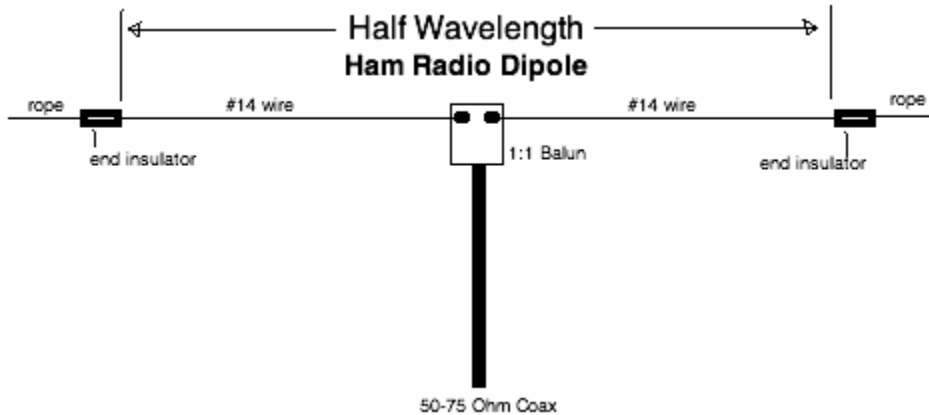
**>>Antenas**



## 3.2-Radiocomunicações- 3.2.3 - Comunicações HF

FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency

>>Antenas





## **3.2-Radiocomunicações– 3.2.3 - Comunicações HF**

**FAIXA HF (3 MHz a 30 MHz): High Frequency**

### **>>Aplicações**

Representam importante papel nas transmissões de rádio tanto para radiodifusão, como para fins utilitários (comunicações com aviões, embarcações, etc) civis, militares ou comerciais