

CAPÍTULO 5

PREDIÇÕES DE PROPAGAÇÃO IONOSFÉRICA

5.1 Introdução

Neste Capítulo apresentamos, de forma geral, como os dados ionosféricos podem ser aplicados na solução de problemas de comunicação em HF (3-30 MHz). As previsões ionosféricas são usadas no planejamento de sistemas, seleção de frequências e determinação de interferência entre sistemas. Estas são válidas sobre toda a faixa de frequências da banda HF.

Devido à variação temporal e espacial (horárias, diárias, posição, etc.) da ionosfera é necessário ter conhecimento desta variabilidade para selecionar a frequência ótima, potência de transmissão requerida e configuração de antenas. Existem dois tipos de previsões requeridas:

- (1) previsões de curto prazo (*short-term predictions*), as quais são requeridas pelo operador de circuito para antecipar uma interrupção do circuito por falha da MUF, alta absorção ou excessivo *fading* (desvanecimento).
- (2) previsões de longo prazo (*long-term predictions*), são requeridas no planejamento e instalação do equipamento, considerando compatibilidade e custos.

Na atualidade existem uma série de softwares (Ham Companion, ICEPAC, VOACAP, IPS, IONCAP, etc.), que determinam a frequência ótima de trabalho para garantir o enlace entre uma estação transmissora e uma estação receptora.

Este tipo de software será usado como parâmetro adicional de comparação, para observar as diferenças entre: os resultados produzidos diretamente pela base de dados

próprios do software com os resultados obtidos pela informação do TEC calculada a partir do sistema GPS.

5.2 Características Predizíveis

5.2.1 Long-Term Indices (Índices de Longo Prazo)

Existem vários índices solares (v. g. R_{12} , $F_{10.7}$) que são calculados para fazer previsões ionosféricas. O CCIR recomenda o uso de número de manchas solares suavizado (*Smoothed Sunspot Number* - SSN), mensais (R_{12}), ou o índice ionosférico de valor suavizado (*smoothed value of the ionospheric index*) mensal (IG_{12}) ou o índice $F_{10.7}$ para serem usados na previsão de valores médios de f_oF_2 e o fator MUF para distâncias de 3000 km ($M[3000]F_2$) até 12 meses depois da última observação. O índice $F_{10.7}$ pode ser usado para prever valores mensais médios de f_oE e f_oF_1 .

O índice IG é baseado em dados do CCIR (Report 340-5, 1986). O valor médio mensal de meio dia de f_oF_2 observado em 13 estações de latitudes médias através do mundo determinam que número de manchas solares é necessário para produzir o valor observado. O valor do número de manchas solares determinado é designado valor de IG para o mês em análise. O valor suavizado dos 12 meses é denotado como IG_{12} .

Existe uma relação entre os diferentes índices usados, que podem ser dadas pelas seguintes fórmulas (Davies, 1990):

$$F_{10.7} = 63,7 + 0,728R_{12} + 8,9 \times 10^{-4}R_{12}^2 \quad (5.1)$$

$$R_{12} = 11,44 + 0,478 IF_2 + 0,00278 IF_2^2 \quad (5.2)$$

$$IF_2 = (2,05 + 0,001 R_{12}) R_{12}^{(0,946 - 0,00047 R_{12})} - 20 \quad (5.3)$$

O índice IF_2 é um índice ionosférico, que está baseado em uma relação solar de observação de f_oF_2 .

5.2.2 Predição de Características Ionosféricas

5.2.2.1 Frequências Críticas das Camadas E e F_1

Uma primeira aproximação de frequências críticas de dia (em MHz) da camada E é dado por:

$$f_oE = 0,9[(180 + 1,44 R_{12}) \cos\chi]^{0,25} \quad (5.4)$$

onde R_{12} é a média mensal de manchas solares e χ é o ângulo zenital solar. Como alternativa para a noite em que f_oE é mínimo, tiveram que ser desenvolvidas fórmulas que calculam f_oE para meia noite e para o ocaso ou amanhecer:

$$f_oE \text{ (meia noite)} = 0,36 [1 + 0,0098 R_{12}]^{1/2} \quad (5.5)$$

$$f_oE \text{ (ocaso, amanhecer)} = 1,05 [1 + 0,008 R_{12}]^{1/2} \quad (5.6)$$

A camada F_1 é observada só durante o dia e é mais pronunciada durante o verão. Uma primeira aproximação (em MHz) é dada por:

$$f_oF_1 = (4,3 + 0,01R_{12}) \cos^{0,2}\chi \quad (5.7)$$

Uma expressão para f_oF_1 em termos de latitude geomagnética Φ (graus) e índice ionosférico IF_2 é dada por:

$$f_oF_1 = f_s \cos^n \chi \quad (5.8)$$

onde:

$$f_s = f_o (f_{100} - f_o) \frac{IF_2}{100} \quad (5.9)$$

$$f_o = 4,408 + 0,0076\Phi - 0,000152\Phi^2 \quad (5.10)$$

$$f_{100} = 5,365 + 0,0129\Phi - 0,000248\Phi^2 \quad (5.11)$$

$$n = 0,11 + 0,0129\Phi - 0,000248\Phi^2 \quad (5.12)$$

Esta fórmula é aplicável para valores de χ menores que 40° (com $I_{F_2} = 100$). O índice I_{F_2} foi desenvolvido por Minnis (1964), usa valores mensal médios do meio-dia $f_o F_2$ observados em 13 ionossondas através do mundo.

5.2.2.2 Freqüência Crítica da Camada F_2

Do ponto de vista das radiocomunicações em HF, a camada F_2 é a mais importante e a mais variável. Uma distribuição mundial do $f_o F_2$ é apresentada na Figura 5.1, que indica um marcante controle geomagnético da camada F_2 . O mais característico do mapa são as duas regiões de máximo $f_o F_2$ próximo dos $\pm 20^\circ$ de latitude, a qual é conhecida como anomalia equatorial..

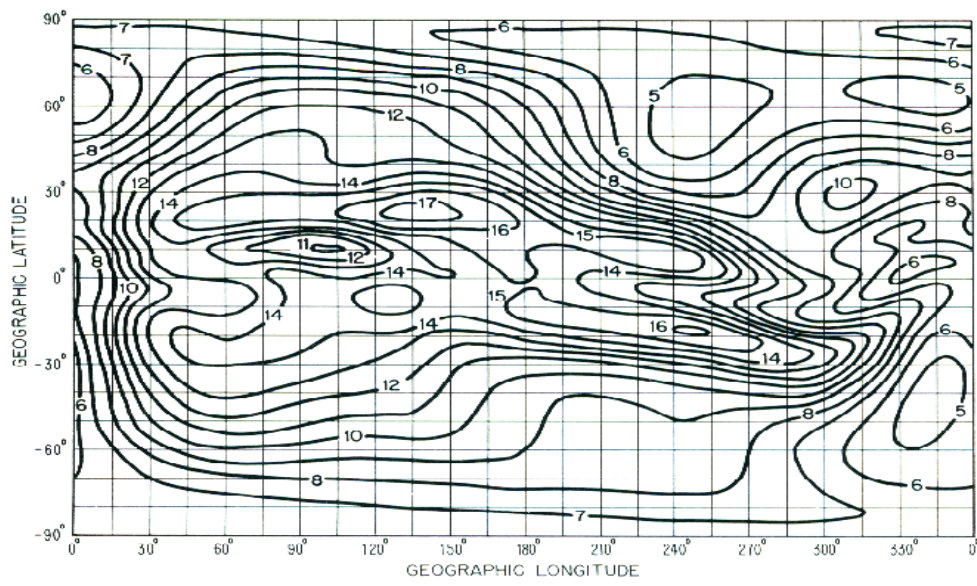


Fig. 5.12 Contour map (in megahertz) of the global distribution of the average value of f_oF_2 for March 1979 to 0600 UT.

FIGURA 5.1 - Mapa de contorno (em MHz) da representação global do valor medio de f_oF_2 para março 1979 às 0600 UT.

FONTE: Davies (1990, p. 135).

A relação entre a frequência crítica F_2 e o número de manchas solares é uma linearização aproximada para o número de manchas solares entre 0 e 150. Modelos de valores médios mensais da f_oF_2 são avaliados na forma de coeficientes numéricos (CCIR 1986, Report 340-5). O grau de detalhe do mapa depende de dois fatores: (1) A separação entre as estações de trabalho e (2) a mais alta ordem dos coeficientes harmônicos usados na representação. Um mapa da média mensal de f_oF_2 do CCIR é definida por 988 coeficientes.

5.2.3 Predição de Parâmetros

5.2.3.1 MUF e FOT

A *maximum usable frequency* (MUF) ou frequência máxima usável, é a mais alta frequência que permite uma adequada operação dos serviços de rádio entre terminais, em um tempo dado e sob condições específicas de trabalho como: tipo de antena, transmissor, potência, tipo de emissão, taxa de transferência e relação sinal-ruído requerida.

Quando a média mensal de frequências críticas e altura do ponto de reflexão forem determinadas, a MUF pode ser obtida por métodos gráficos (nomogramas) ou por teoria de camadas parabólicas. O comportamento das camadas E e F_1 pode não ser considerado, pois são fatores pequenos na hora de compensar frequências críticas da F_1 , e o produto (MUF) é aproximadamente o mesmo. A camada E geralmente controla circuitos para distâncias próximas de 2000 Km e a camada F para distâncias maiores que 2000 km. A camada F_2 determina a propagação para distâncias maiores que 3000 km. Com um pequeno ângulo de propagação, considerando uma reflexão simples a distância é limitada a 4000 km.

A *optimum working frequency* ou frequência ótima de trabalho, mais conhecida pela sigla em francês FOT, é um valor abaixo do MUF, que permite assegurar o enlace entre estações considerando a variabilidade da ionosfera. Geralmente é considerado como:

$$FOT = 0,85 \text{ MUF} \quad (5.13)$$

5.2.3.2 Ângulo de Radiação

O ângulo depende da altura efetiva de reflexão, a qual pode ser conhecida através de gráficos ou assumida ser constante (geralmente entre 350 a 450 km). Na atualidade vários programas computacionais de previsão substituem os métodos gráficos por algoritmos. Para uma altura efetiva de reflexão h , o ângulo de elevação Δ para um salto em distância d é:

$$\Delta = \tan^{-1} [\cot(d/2a) - a \operatorname{cosec} (d/2a)/(a + h)] \quad (5.14)$$

onde a é o raio da Terra ($\cong 6371$ km).

5.2.3.3 Ruído

Na ausência de interferência, um fator limitante para determinar se um sinal pode ser usado para transmissão é o ruído. Se todo o ruído for eliminado do sistema, é requerido uma potência infinitesimal de transmissão, pois permite que a amplificação no receptor seja ilimitada. Quando existe ruído a amplificação tem que ser limitada, pois o ruído e o sinal são afetados, na mesma proporção.

Existem várias fontes de ruído: (1) o ruído interno gerado pelo receptor do sistema, (2) ruído natural (atmosférico e galáctico), (3) ruído não intencional irradiado pelo homem e (4) ruído irradiado intencionalmente (*jamming*). Dependendo da frequência, tempo e localização uma das fontes de ruído pode ser dominante e necessita ser considerada.

A relação sinal-ruído (s/n) pode ser expressada em decibéis, como a relação entre s que representa a potência do sinal em watts e n a média da potência de ruído em watts.

$$10 \log (s/n) = 10 \log s - 10 \log n = S - N \quad (5.15)$$

5.3 Cálculo de Propagação

Para os cálculos devem-se considerar uma série de fatores, entre eles a distância entre transmissor e receptor. Em função disto, pode-se considerar três tipos de cálculos: (1) para distâncias menores de 4000 km, (2) para distâncias entre 4000 e 9000km e (3) para distâncias maiores de 9000 km.

A altura média da camada F_2 é de 350 a 450 km, a qual, corresponde a um salto de distância de aproximadamente 4000km. Esta distância proporciona uma linha divisória conveniente entre a distância longa e a distância intermediária de transmissão. Por meio de diferentes procedimentos e fórmulas matemáticas é possível calcular a FOT para cada hora do dia. No caso de 4000 a 9000 km devem considerar-se adicionalmente: perdas por reflexão da superfície terrestre, a complexidade de caminhos deve ser considerada em detalhe, e o MUF é determinado em pontos de controle ou áreas em relação ao ponto médio do caminho. Para distâncias maiores de 9000 km a estrutura do eco chega a ser muito complexa e cada caminho possível (*chordal, complex, ducted*) é relativamente importante.

5.4 Programas de Predição Ionosférica

Existe uma série de programas que fazem predição ionosférica, considerando as localizações do transmissor e receptor, o dia, a hora e alguns parâmetros como: fluxo solar, número de manchas solares, ângulo de radiação da antena, altura virtual de reflexão, etc. Estes programas geralmente apresentam como saída valores do MUF, FOT e LUF em escala de tempo universal (UT).

Para fazer comparações dos resultados em nosso trabalho serão considerados o Ham Companion, VOACAP, ICEPAC e IPS. Para efeitos de cálculos vamos escolher dois

dias de nossa predição do TEC (16 de março e 18 de março de 2002), com um fluxo solar em 10.7cm de 185 (dia 16) e 178 (dia 18), número de manchas solares (*Sunspot number*) de 124 (dia 16) e 136 (dia 18). Estes valores usados foram obtidos na internet no site http://www.sec.noaa.gov/ftpdir/indices/old_indices/2002Q1_DSD.txt. O transmissor estará em São José dos Campos ($\phi = 23^{\circ}13' S$, $\lambda = 45^{\circ}51' W$), Brasil e o receptor no porto do Callao ($\phi = 12^{\circ}03' S$, $\lambda = 77^{\circ}10' W$), Perú.

Estes dados serão introduzidos nos diferentes softwares e em capítulos posteriores se analisará as diferenças quando são usadas informações atualizadas do TEC obtidos do sistema GPS.

As Figuras 5.2 e 5.3 apresentam os resultado do programa Ham Companion (HC) para o mesmo dia 16 de março de 2002, considerando dois parâmetros de entrada (valores reais medidos) diferentes: fluxo solar e o número de manchas solares. No software existe uma relação entre ambos, que nem sempre concorda com os valores medidos, o qual obriga ao usuário a escolher um dos parâmetro de ingresso para fazer a predição. Para nosso trabalho vamos considerar as duas predições HC1 (baseado em fluxo solar) e HC2 (baseado no número de manchas solares) para ser comparadas posteriormente no Capítulo 7.

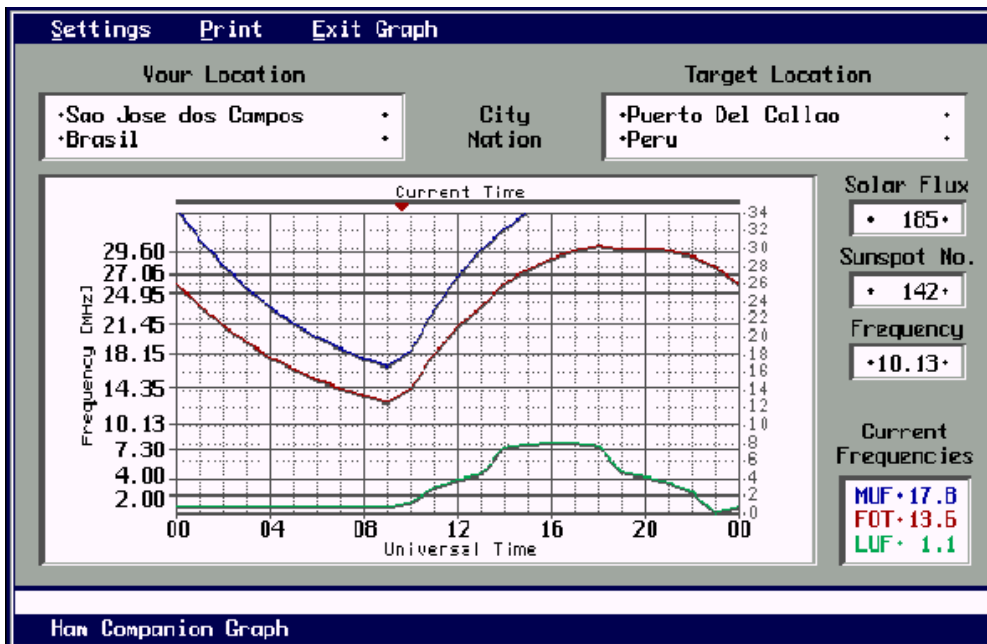


FIGURA5.2 - Predição de frequências HF do Ham Companion (16-03-2002) com fluxo solar 185.

FONTE: Ham Companion (1982 a 1989).

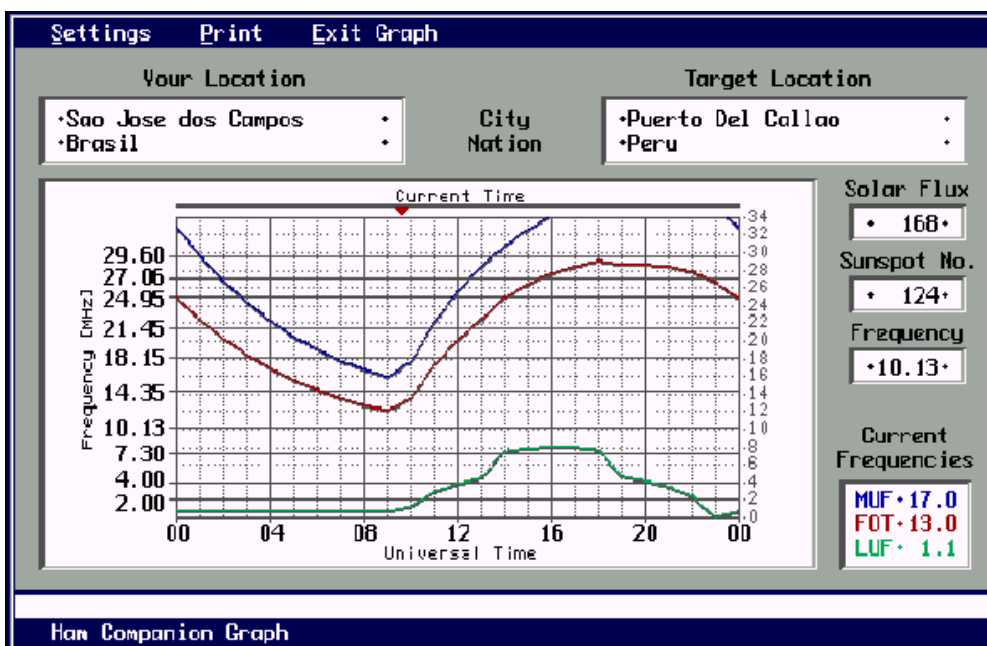


FIGURA 5.3 - Predição de frequências HF do Ham Companion (16-03-2002) com sunspot number 124.

FONTE: Ham Companion (1982 a 1989).

Nas Figuras 5.4 e 5.5 são mostrados também previsões do HC para o dia 18 (terceiro dia da previsão), com parâmetros de entradas diferentes, fluxo solar e número de manchas solares respectivamente. Nestes gráficos pode-se observar, que quase não existem diferenças ao ingressar com qualquer um dos parâmetros, pois o valor de fluxo solar e manchas solares (medidos) correspondiam ao assumido pelo software.

Nas Figuras 5.6 e 5.7 são mostradas as previsões do software VOACAP, para o dia 16 e 18 de março de 2002, o qual usa como parâmetro de entrada o número de manchas solares suavizado (*Smoothed Sunspot Number, SSN*), cujo valor para o mês de março é 110, os valores da FOT para cada dia foram praticamente os mesmos.

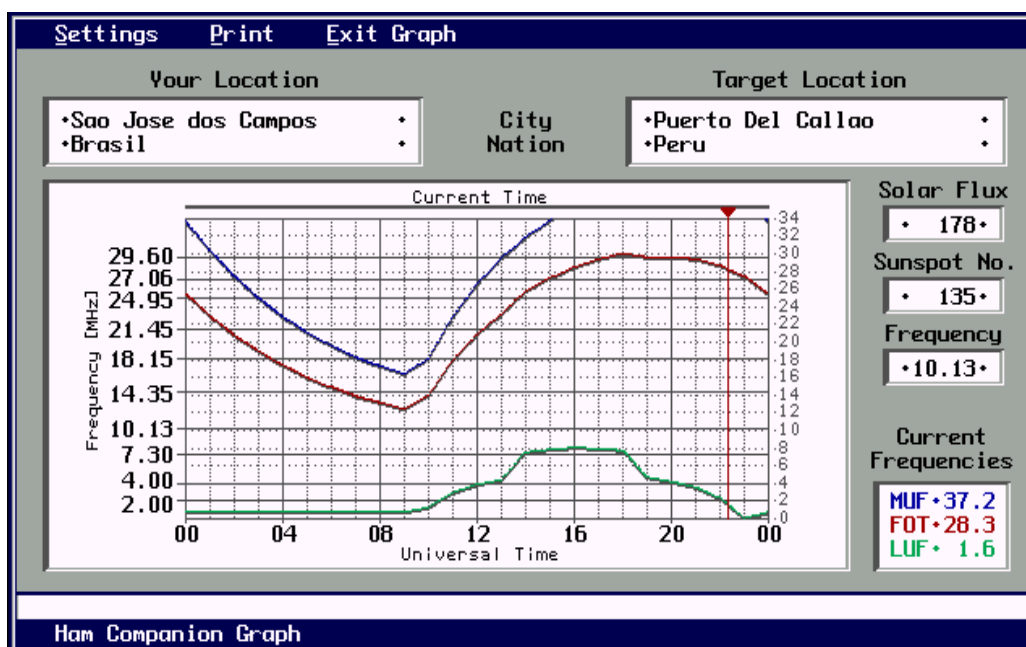


FIGURA 5.4 - Predição de frequências HF do Ham Companion (18-03-2002) com fluxo solar 178.

FONTE: Ham Companion (1982 a 1989).

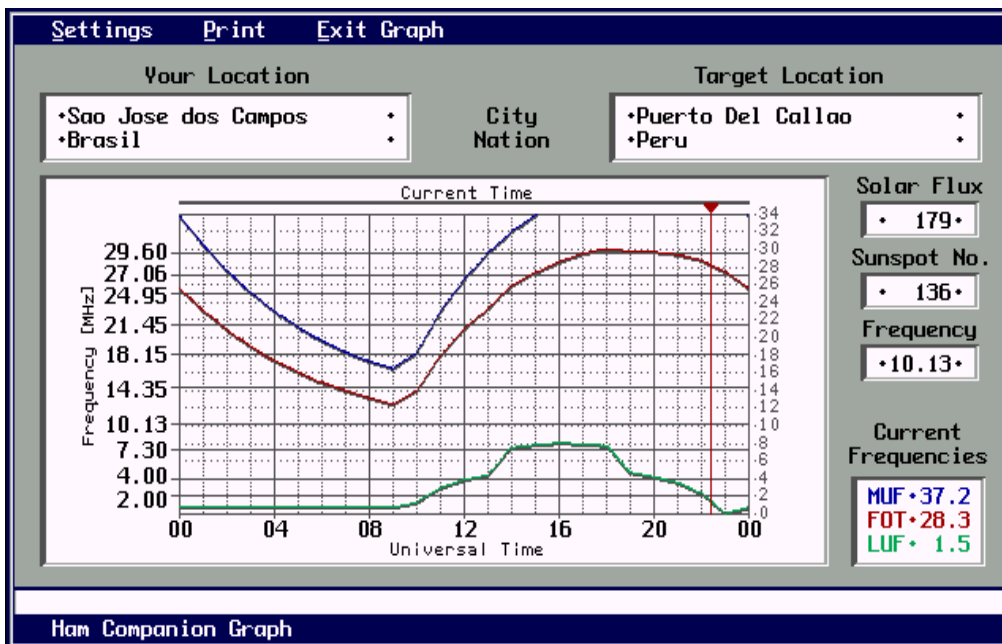


FIGURA 5.5 - Predição de frequências HF do Ham Companion (18-03-2002) SSN de 136.

FONTE: Ham Companion (1982 a 1989).

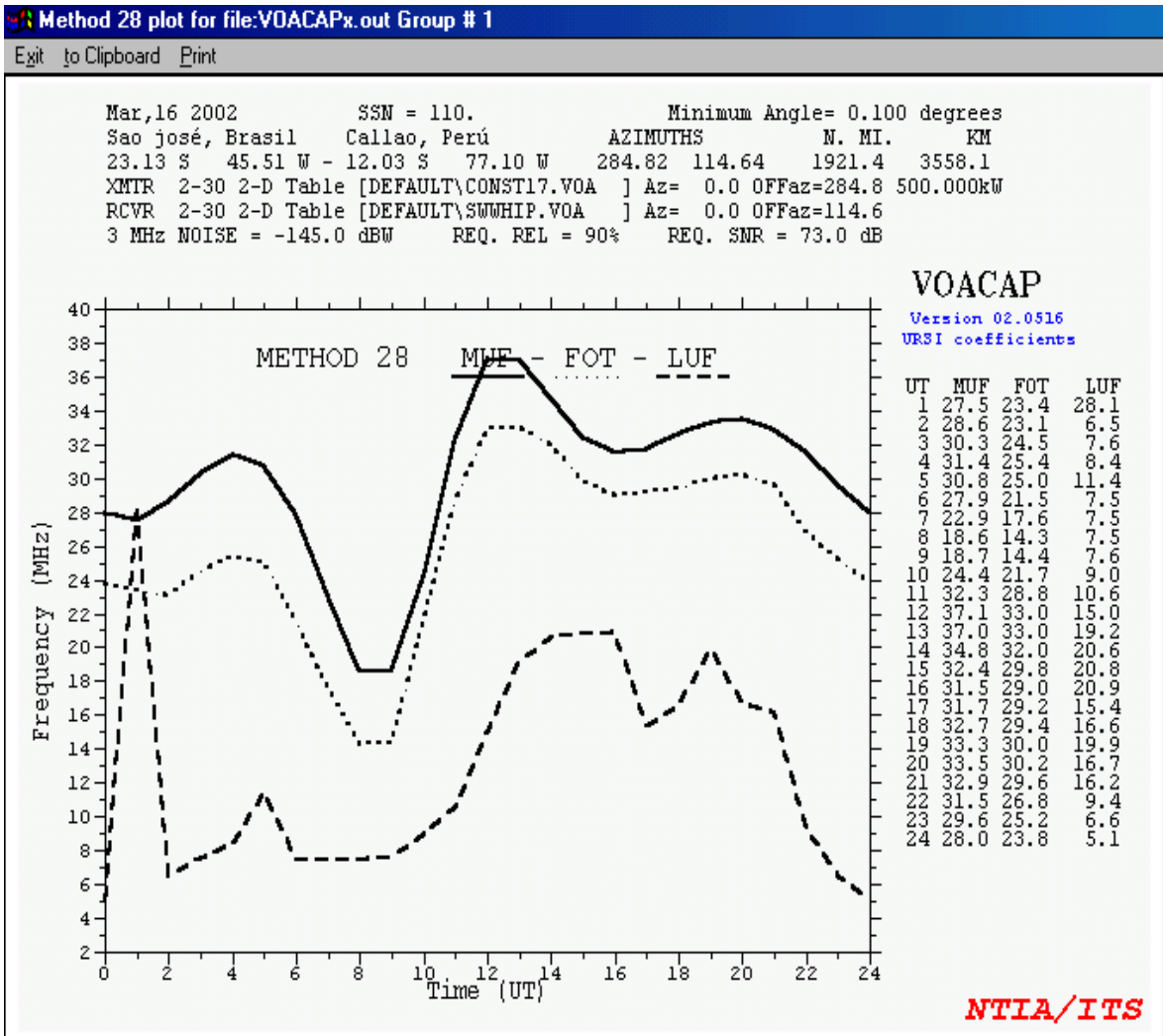


FIGURA 5.6 - Predição de frequências HF do software VOACAP (16-03-2002) com SSN 110.

FONTE: VOACAP (2002).

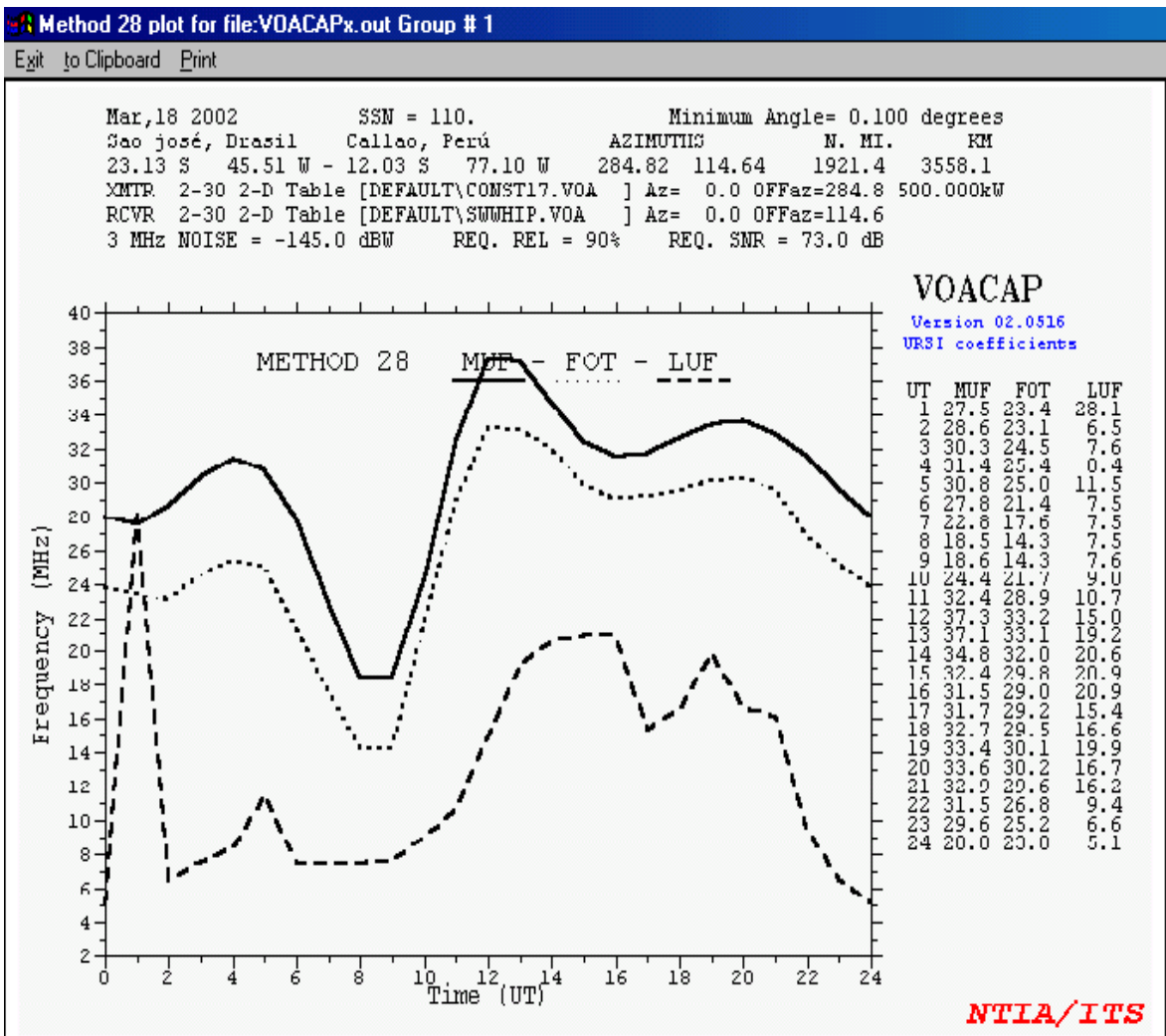


FIGURA 5.7 - Predição de frequências HF do VOACAP (18-03-2002) com SSN 110.
 FONTE: VOACAP (2002).

Nas Figuras 5.8 e 5.9 são apresentadas as predições do software ICEPAC para os dias 16 e 18 de março de 2002, com SSN de 110. Nos gráficos pode-se observar que quase não existe diferença.

Nas Figuras 5.10 e 5.11 são mostradas as predições do IPS *on line*, para os dias 15 e 16 de março com 176 e 185 de fluxo solar respectivamente. Neste programa pode-se observar diferenças entre as predições para dias consecutivos.

No Capítulo 7 será dado um gráfico com todas as predições dos diferentes software e nossa predição obtida através do GIM GPS.

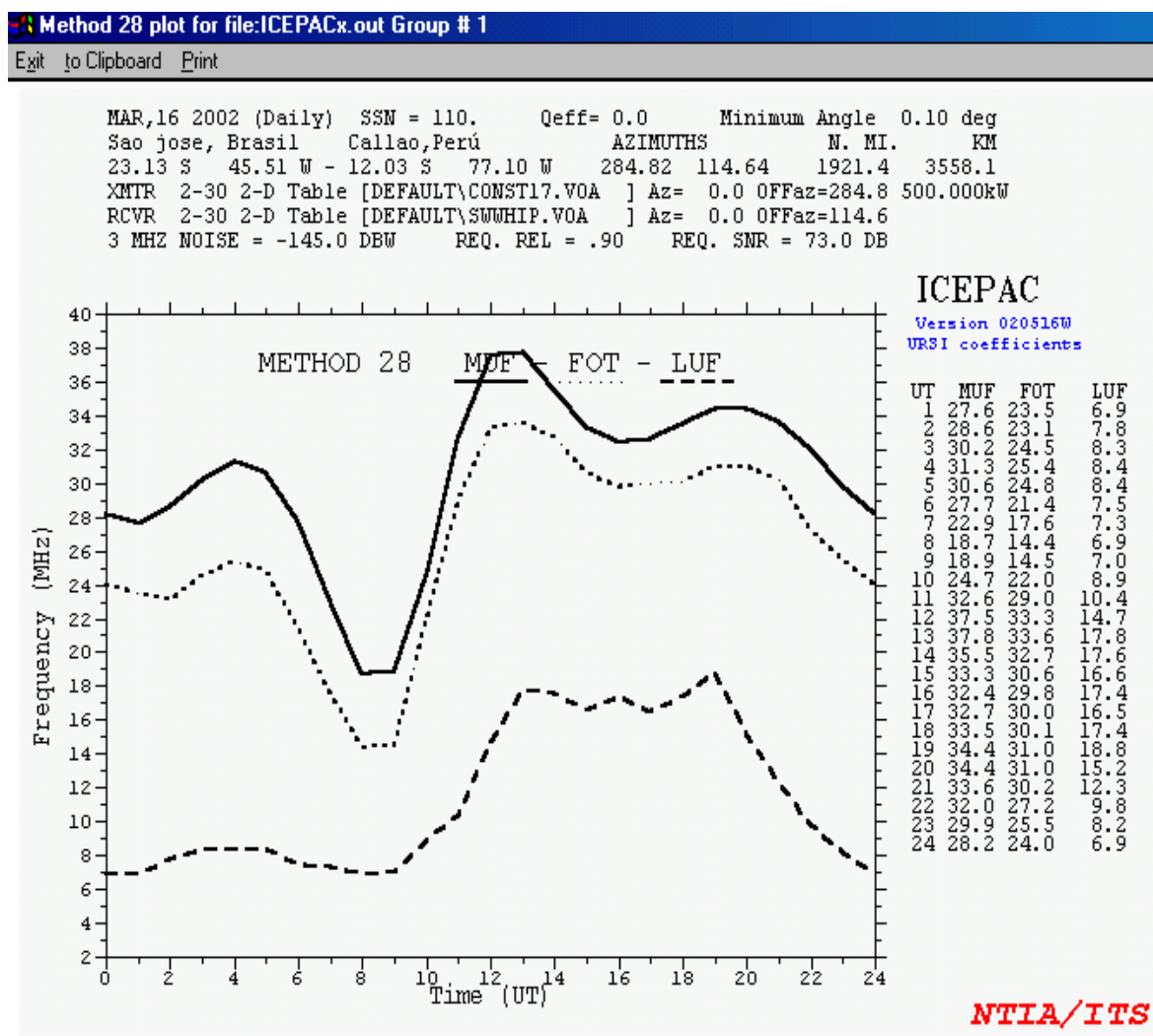
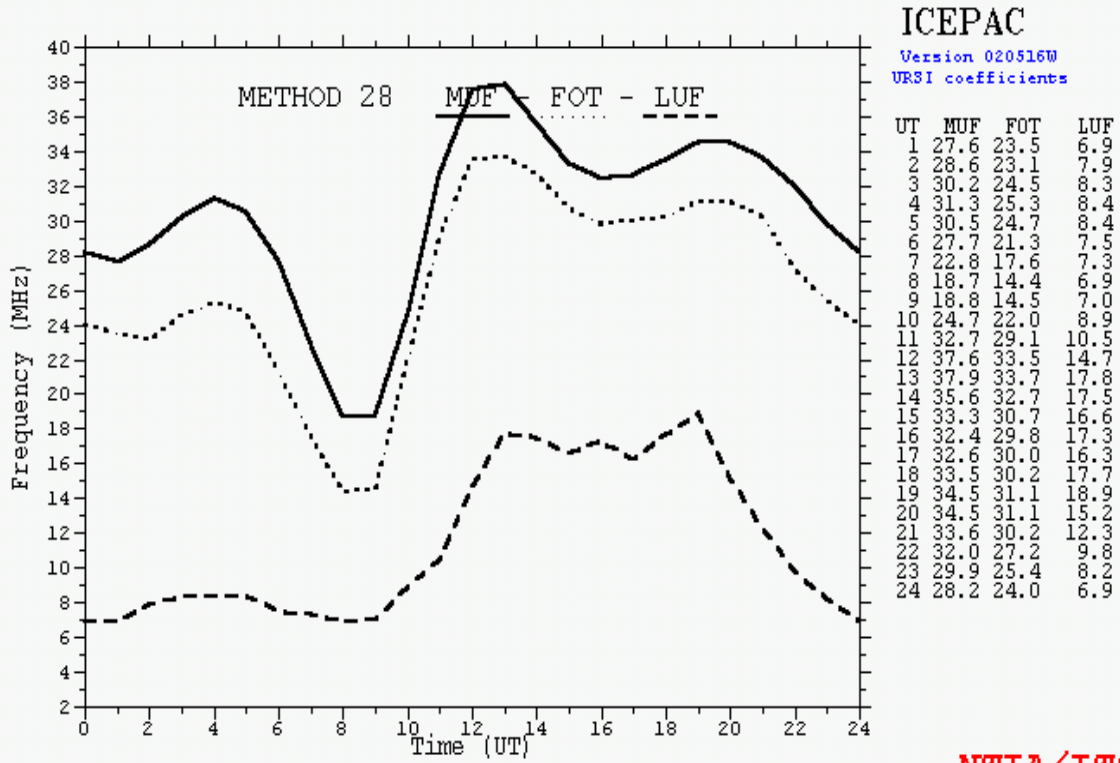


FIGURA 5.8 - Predição de frequências HF do ICEPAC (16-03-2002) com SSN 110.

FONTE: ICEPAC. (2002)

MAR,18 2002 (Daily) SSN = 110. Qeff= 0.0 Minimum Angle 0.10 deg
 Sao jose, Brasil Callao,Perú AZIMUTHS N. MI. KM
 23.13 S 45.51 W - 12.03 S 77.10 W 284.82 114.64 1921.4 3558.1
 XMTR 2-30 2-D Table [DEFAULT\CONST17.VOA] Az= 0.0 OFFaz=284.8 500.000kW
 RCVR 2-30 2-D Table [DEFAULT\SWWHIP.VOA] Az= 0.0 OFFaz=114.6
 3 MHZ NOISE = -145.0 DBW REQ. REL = .90 REQ. SNR = 73.0 DB



NTIA/ITS

FIGURA 5.9 - Predição de frequências HF do ICEPAC (18-03-2002) com SSN 110.

FONTE: ICEPAC. (2002)

IPS On Line GRAFEX HF PREDICTIONS

```

IPS GRAFEX HF FREQUENCY PREDICTIONS                                ADDRESS NO. 1234
=====
Circuit: Sao Jose, BCallao, Per          Date: 15 March, 2002          T-index: 126
Bearings: 285 115                        Distance: 3558 km
First Mode |-----F r e q u e n c y (MHz)-----|          Second Mode
1F 0-6    1E 0    1    5    10    15    20    25    30    35    40    2F 11-23 2E 1
UT  OWF EMUF  ALF |...|...|  ...|...|  ...|...|  ...|...|  ...|...|  OWF EMUF  ALF UT
00 23.5   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFF FFF%...  . . . . . 15.9 2.7 .0 00
01 24.3   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFFF FFFF%...  . . . . . 15.3 2.7 .0 01
02 25.0   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFF FFFF%...  . . . . . 16.1 2.7 .0 02
03 27.5   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM MFFFFFF% %...  . . . . . 17.6 2.7 .0 03
04 29.9   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM MFMFFF% %...  . . . . . 19.9 2.7 .0 04
05 29.8   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM MFMFFF% %...  . . . . . 21.1 2.7 .0 05
06 24.3   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM MFMFFF% %...  . . . . . 18.8 2.7 .0 06
07 18.6   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM MFMFFF% %...  . . . . . 14.5 2.7 .0 07
08 14.7   .0   .0 XXMMMMMMMM MMMM%...  . . . . . 11.5 2.7 .0 08
09 12.8   .0   .0 XXMMMMMMMM MMM%...  . . . . . 10.8 2.7 .0 09
10 14.9   .0   .0 MMMMMMMMMM MFMFFF%...  . . . . . 10.5 .0 6.6 10
11 26.0   .0 10.1      AS MMMMMMMMFFF FFFF%...  . . . . . 14.8 9.8 8.9 11
12 32.6   .0 12.1      A SSXMMMMMM MMMMFFFFFF FF%...  . . . . . 23.0 14.4 10.0 12
13 34.2   .0 13.3      ASSXXXXMM MMMMFFFFFF FFFF%...  . . . . . 23.3 16.7 10.7 13
14 32.8   .0 14.0      SSXXXXXMM MMMMFFFFFF FF%...  . . . . . 22.6 18.2 11.2 14
15 32.5   .0 14.4      SSSXXXXXM MMMMFFFFFF FF%...  . . . . . 23.3 19.2 11.4 15
16 31.4   .0 14.6      ASSXXXXXM MMMMFFFFFF F%...  . . . . . 22.2 19.4 11.5 16
17 30.1   .0 14.5      ASSXXXXXM MFMFFFFFFF %...  . . . . . 20.5 19.1 11.5 17
18 29.5   .0 14.2      SSSXXXXXM MFMFFFFFFF %...  . . . . . 19.9 18.3 11.3 18
19 30.5   .0 13.5      ASSXXXXMM MFMFFFFFFF %...  . . . . . 19.8 17.0 11.0 19
20 30.9   .0 12.5      SSXMMMMMM MFMFFFFFFF %...  . . . . . 20.1 15.0 10.3 20
21 29.9   .0 10.8      S XMMMMMMMM MFMFFFFFFF %...  . . . . . 20.0 11.4 9.3 21
22 27.6   .0 6.9       MMMM MMMMMMMMMM MFMFFF% %...  . . . . . 19.0 .0 7.5 22
23 25.3   .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMM FFFF%...  . . . . . 17.7 2.7 .0
23
UT  OWF EMUF  ALF |...|...|  ...|...|  ...|...|  ...|...|  ...|...|  OWF EMUF  ALF UT
=====
|.  USABLE LESS THAN 50% OF DAYS| %  USABLE (50%-90%) OF DAYS | |
|B BOTH E&F MODES 90% OF DAYS |M MIXED FIRST AND SECOND F MODES|
|F FIRST F MODE ONLY |E E LAYER PROPN | P 90%E &50-90%F|
|S SECOND MODES ONLY |A HIGH ABSORPTION | X COMPLEX MODES|
(c) 30-May-02 IPS Radio & Space Services, Sydney Australia +61 2 92138000

```

FIGURA5.10 - Predição de frequências HF do IPS *on line* (15-03-2002) para um fluxo solar de 176.

FONTE: IPS on line(2002)

IPS On Line GRAFEX HF PREDICTIONS

```

IPS GRAFEX HF FREQUENCY PREDICTIONS                                ADDRESS NO. 1234
=====
Circuit: Sao Jose, BCallao, Per          Date: 16 March, 2002      T-index: 135
Bearings: 285 115                        Distance: 3558 km
First Mode |-----F r e q u e n c y (MHz)-----|      Second Mode
1F 0-7 1E 0   | 1 5 10 15 20 25 30 35 40 |      2F 11-23 2E 1
UT  OWF EMUF ALF |...|...| ...|...| ...|...| ...|...| OWF EMUF ALF
UT
00 24.6 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFF FFFF% % % % .. ...      16.5 2.7 .0 00
01 25.5 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFF FFFF% % % % . ....      15.9 2.7 .0 01
02 26.0 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMFF FFFF% % % % % .....      16.7 2.7 .0 02
03 28.6 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMMM MFFFFFFF% % % % % .....      18.1 2.7 .0 03
04 31.1 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMMM MFFFFFFF% % % % % .. ..      20.4 2.7 .0 04
05 31.0 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMMM MFFFFFFF% % % % % % .. ..      21.6 2.7 .0 05
06 25.3 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMMM MFMF% % % % % % .....      19.5 2.7 .0 06
07 19.4 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMMMMM % % % % % ..... ..      15.1 2.7 .0 07
08 15.5 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMM% % % % % ..... ..      11.9 2.7 .0 08
09 13.5 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMM% % % % % ..... ..      11.2 2.7 .0 09
10 15.6 .0 .0 MMMMMMMMMMM MFMF% % % % % ..... ..      10.9 .0 6.7 10
11 27.0 .0 10.1 AS MMMMMMMMFF FFFF% % % % % .. ..      15.3 9.8 9.0 11
12 33.7 .0 12.1 SSXMMMMMM MFFFFFFF FFF% % % % % .. ..      23.7 14.5 10.2 12
13 35.4 .0 13.3 ASSXXXXMM MFFFFFFF FFFF% % % % % .. ..      24.0 16.9 10.9
13
14 34.0 .0 14.0 SSXXXXXMM MFFFFFFF FFF% % % % % .. ..      23.3 18.4 11.3 14
15 33.6 .0 14.4 ASSXXXXXM MFFFFFFF FFF% % % % % .. ..      24.1 19.3 11.6 15
16 32.5 .0 14.6 ASSXXXXXM MFFFFFFF FF% % % % % .. ..      23.0 19.6 11.6 16
17 30.9 .0 14.5 ASSXXXXXM MFFFFFFF % % % % % .. ..      21.1 19.2 11.7 17
18 30.3 .0 14.2 ASSXXXXXM MFFFFFFF % % % % % .. ..      20.4 18.4 11.5 18
19 31.6 .0 13.5 SSXXXXMM MFFFFFFF F% % % % % .. ..      20.3 17.1 11.1 19
20 32.0 .0 12.5 ASXXXXMM MFFFFFFF F% % % % % .. ..      20.8 15.1 10.5 20
21 30.9 .0 10.8 S XMMMMMM MFFFFFFF % % % % % .. ..      20.7 11.5 9.4 21
22 28.8 .0 6.9 MMMM MMMMMMMM MFFFFFFF% % % % % .. ..      19.6 .0 7.6 22
23 26.4 .0 .0 XXMMMMMMMM MMMMMMMM FFFF% % % % % .....      18.4 2.7 .0 23
UT  OWF EMUF ALF |...|...| ...|...| ...|...| ...|...| OWF EMUF ALF UT
=====
|.  USABLE LESS THAN 50% OF DAYS| %  USABLE (50%-90%) OF DAYS | |
|B BOTH E&F MODES 90% OF DAYS |M MIXED FIRST AND SECOND F MODES|
|F FIRST F MODE ONLY |E E LAYER PROPN | P 90%E &50-90%F|
|S SECOND MODES ONLY |A HIGH ABSORPTION | X COMPLEX MODES|
(c) 30-May-02 IPS Radio & Space Services, Sydney Australia +61 2 92138000

```

FIGURA 5.11 - Predição de frequências HF do IPS *on line* (16-03-2002) para um fluxo solar de 185.

FONTE: IPS *on line*.(2002)