



Um estudo prático sobre todos os aspectos técnicos das emissoras de radiodifusão e seus sistemas irradiantes, no referente à sua melhoria, com reflexo direto no aumento do alcance.

IWAN Th. HÁLASZ

**POR** motivos óbvios, toda emissora tem interesse em obter o maior alcance possível, dentro das limitações técnicas aplicáveis para o canal de que é concessionária ou permissionária.

Nesta resenha, vamos nos referir às condições aplicáveis a ondas médias, embora vários pontos abordados encontrem aplicação também em outras faixas de radiodifusão.

#### POTÊNCIA DO CANAL ALOCADO

Antes de tudo, verificamos a influência da potência de operação sobre o alcance da emissora. A Fig. 1 apresenta o alcance médio de emissoras de 250 W, 1 kW, 5 kW e 10 kW, por onde se vê que elas proporcionam intensidade de campo suficiente para oferecer boa recepção nos níveis das áreas urbanas, suburbanas e rurais, para um valor médio de condutividade do solo.

#### INFLUÊNCIA DA CONDUTIVIDADE DO SOLO

A Tabela I apresenta as áreas de serviço de estações de 1, 5 e 10 kW, em função da condutividade do solo, entre a estação e a área de recepção, para as condições mínimas de intensidade de campo aceitas pelas normas (240 mV/m a 1 km de distância para 1 kW de potência).

A Tabela II apresenta os mesmos valores para os limites máximos de intensidade de campo permitido pelas normas. Podemos verificar que, através de melhorias nas instalações, a emissora poderá aumentar seu alcance em até 8%, correspondendo a um aumento de 17% em área coberta.

#### FREQÜÊNCIA DE OPERAÇÃO

Antes de focalizar as medidas que podem ser tomadas pe-

las emissoras para se aproximarem do limite superior acima citado, vamos verificar a influência da freqüência sobre a área coberta pela estação. Para isso repetimos as duas primeiras tabelas para a freqüência de 550 kHz, situada no outro extremo da faixa de ondas médias.

Comparando a Tabela III com a Tabela I, bem como a Tabela IV com a Tabela II, podemos constatar que, através do abaixamento da freqüência de 1.430 kHz para 550 kHz, o raio de serviço pode aumentar até mais de 50%, ampliando a área coberta a mais do dobro da área servida por emissora de potencial igual, localizada no mesmo ponto, porém operando na freqüência mais alta.

(\*) Conferência preparada pelo Eng. Iwan Thomas Hálasz para o IV Congresso de Radiodifusão do Paraná.

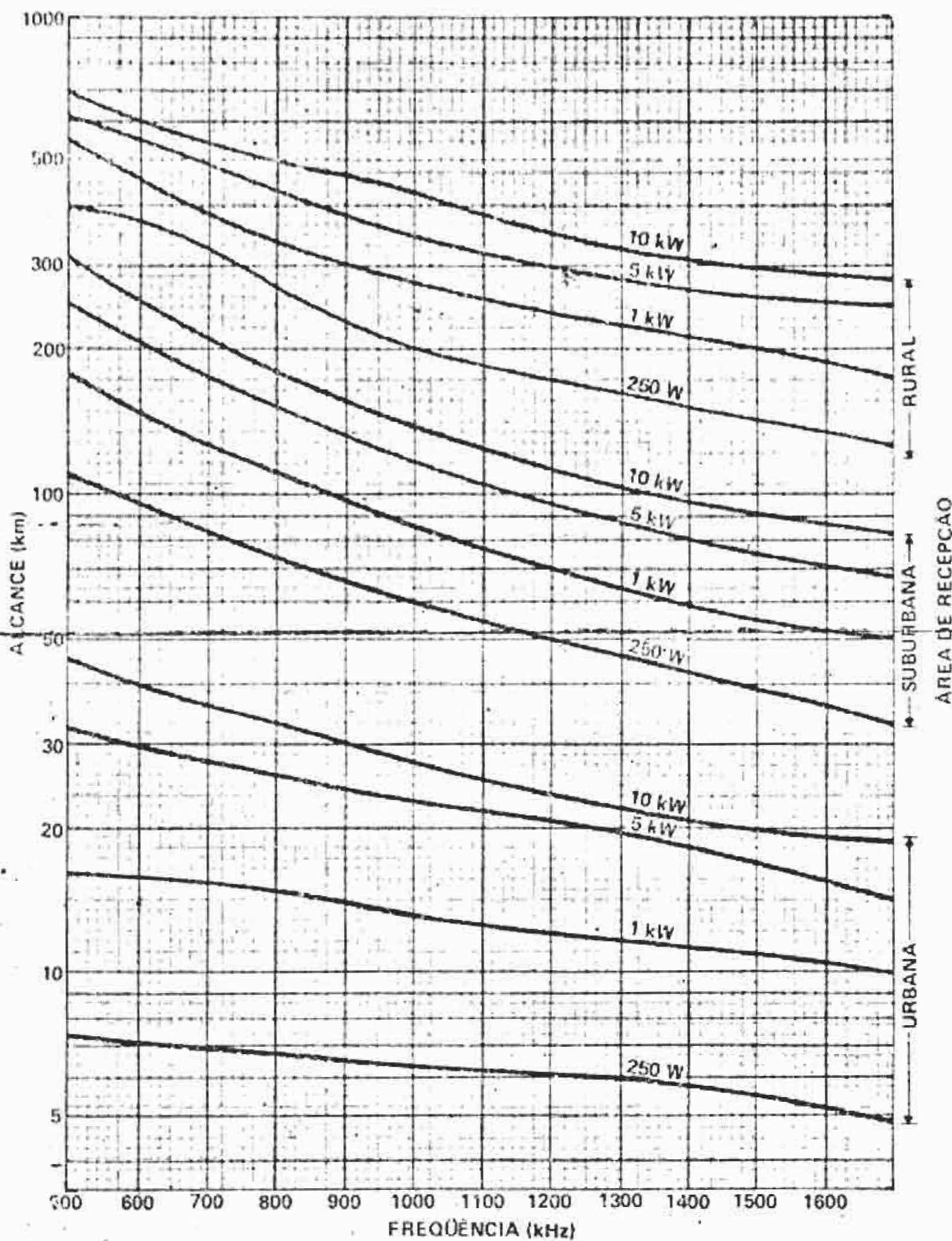


FIG. 1 — Alcance médio das estações para condutividade média de solo.

### TABELA I

Ralo de contorno em km

Frequência:  $f = 1.430 \text{ kHz}$

Intensidade de campo característica para 1 kW —  $E_1 = 240 \text{ mV/m}$

Potência	$\sigma$		
	1 mS/m	3 mS/m	10 mS/m
1 kW	11,0	16,5	32,0
5 kW	16,0	23,5	45,5
10 kW	19,0	28,0	53,0

Podemos verificar também que, sob condições iguais, uma emissora de 1 kW em 550 kHz tem maior alcance do que uma de 5 kW em 1.430 kHz.

#### POTÊNCIA FORNECIDA PELO TRANSMISSOR

Quando uma emissora não proporciona o alcance que o radialista espera, o primeiro pensamento deste recai sobre o equipamento transmissor. Embora o transmissor pareça ser o culpado mais plausível por insuficiência de alcance, podemos afirmar, sem exagero, que, entre todos os fatores envolvidos na potência irradiada pela emissora; o que mais facilmente pode ser controlado é a potência fornecida pelo transmissor. Através do amperímetro de R.F. ligado à saída do transmissor, e conhecendo a resistência ôhmica da carga, podemos calcular diretamente a potência fornecida pelo equipamento.

De acordo com as normas vigentes para emissoras de onda média, esta potência não pode ser inferior a 85%, nem superior a 110% da potência nominal constante da licença da emissora.

#### PERDAS DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO

A energia de radiofrequência modulada é conduzida do transmissor ao sistema irradiante através de uma linha de transmissão, que pode ser tanto uma linha aberta, como também o que é hoje mais frequentemente usado, um cabo coaxial.

## TABELA II

Raio de contorno em km

Frequência:  $f = 1.430$  kHz

Intensidade de campo característica para 1 kW —  $E_c = 280$  mV/m

Potência \ $\sigma$	1 mS/m	3 mS/m	10 mS/m
1 kW	11,5	17,5	34,5
5 kW	17,5	25,5	49,0
10 kW	20,5	30,0	57,5

Esta linha de transmissão introduz atenuação de potência por três motivos: resistência ôhmica dos condutores, perdas do meio dielétrico empregado e radiação da linha. Nosso interesse é de manter estas perdas no nível mínimo possível, dentro das limitações de ordem econômica.

Para exemplificar até onde podem chegar as perdas numa linha de transmissão, podemos citar uma emissora que afastou sua torre a 150 metros do transmissor e utiliza o bem conhecido cabo coaxial RG 213/U. Na frequência de 1.550 kHz, cada 100 metros deste cabo representam uma atenuação de 0,8 dB, correspondente em 150 metros a 1,2 dB.

Ora, 1,2 dB de atenuação significa que somente 76% da po-

tência injetada no cabo chega ao seu outro extremo, pois os restantes 24% dissipam-se no percurso de 150 m.

Para reduzir as perdas da linha de transmissão, temos dois caminhos: utilizar cabo de menor perda (o que é consideravelmente mais caro), ou reduzir a distância entre o transmissor e o sistema irradiante (o que reduz o custo do cabo proporcionalmente).

Dada a revogação das restrições conhecidas como área de tombamento, bem como a eficiência da blindagem dos circuitos, muitas emissoras já constroem a casa dos transmissores sobre os radiais, a apenas 15 ou 20 m da torre irradiante, mesmo com po-

tências de 5 kW ou 10 kW. A economia obtida no custo do cabo e, ainda mais, em energia de radiofrequência, é considerável.

### TRANSFORMADOR DE IMPEDANCIAS

É sabido que a transferência ótima de energia ocorre sempre quando a carga apresenta a mesma resistência ôhmica que a fonte de energia.

As linhas de transmissão, conforme o tipo, apresentam impedâncias características de 50, 75 ou 230  $\Omega$ . Para evitar perdas adicionais na linha de transmissão, devidas a ondas estacionárias, é necessário que a impedância ligada à linha de transmissão em ambos os extremos seja pura-

## TABELA III

Raio de contorno em km

Frequência: 550 kHz

Intensidade de campo característica para 1 kW —  $E_c = 240$  mV/m

Potência \ $\sigma$	1 mS/m	3 mS/m	10 mS/m
1 kW	16,5	28,5	46,0
5 kW	25,5	45,0	79,0
10 kW	30,0	54,0	96,0

TELECOMUNICAÇÕES

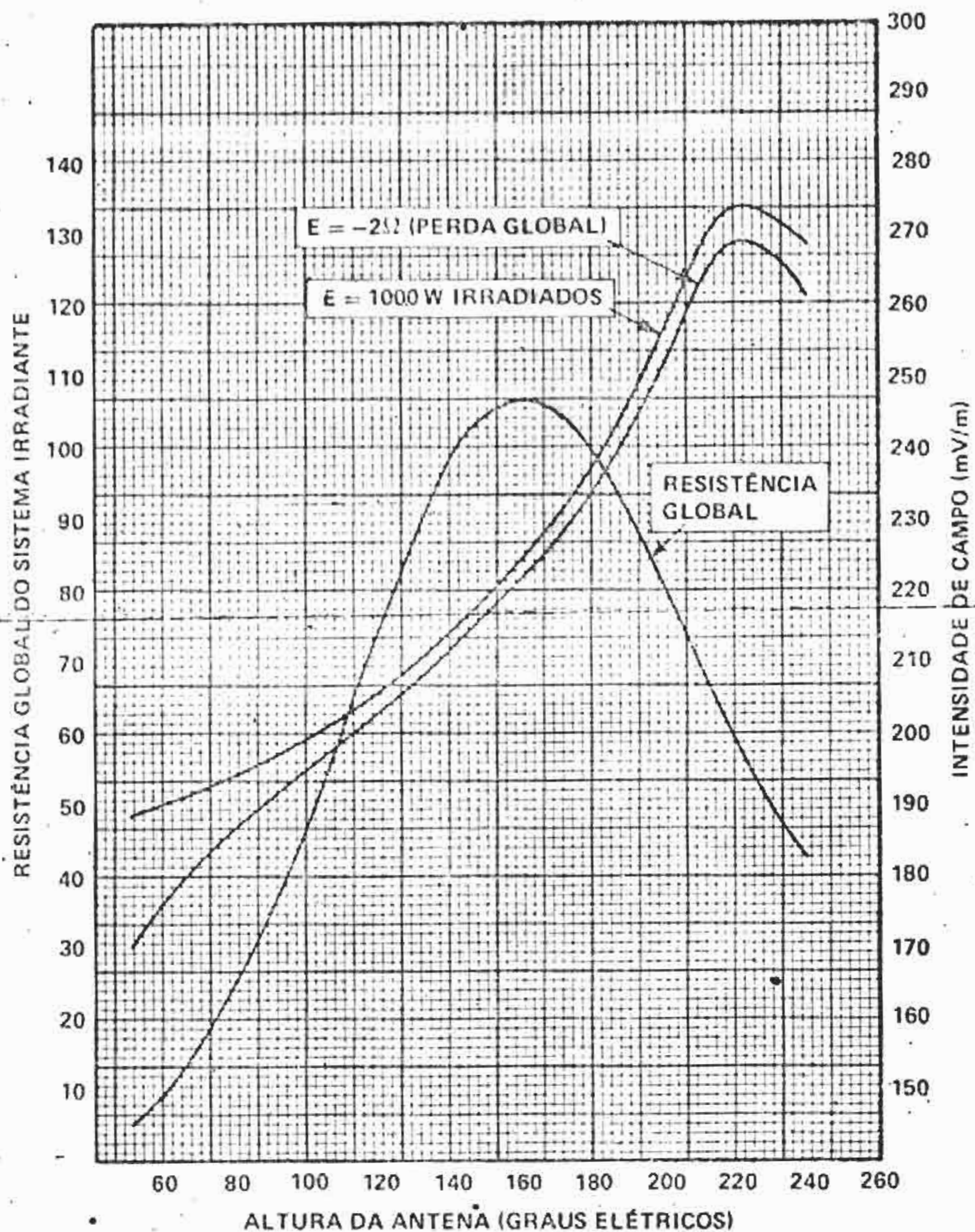


FIG. 2 — Relação entre altura da antena, intensidade de campo a 1 milha de distância e resistência global do sistema irradiante.

mente ôhmica, e de valor exatamente igual à sua impedância característica.

No lado do transmissor, o casamento é efetuado no circuito acoplador ao tanque final, geralmente em circuito pi. No lado do sistema irradiante, é necessário intercalar um transformador de impedâncias, também conhecido como caixa de sintonia ou unidade de sintonia.

Para obter o máximo de rendimento da emissora, somente podemos recomendar que o ajuste deste casador de impedâncias seja efetuado com a maior precisão, possivelmente utilizando uma ponte de radiofrequência, que deve "enxergar" do lado da linha de transmissão uma resistência puramente ôhmica, de valor igual ao da linha.

Com qualquer alteração no sistema irradiante, seja na torre, seja nos radiais, o equilíbrio de impedâncias deve ser reajustado para o valor ótimo, a fim de que a emissora continue com o mesmo rendimento.

#### ESTAIS

Os estais de sustentação da torre irradiante, quando não estiverem interrompidos por meio de isoladores, podem entrar em ressonância na frequência da emissora e absorver parcela considerável da energia produzida, transformando-a em calor para autoaquecimento. Por este motivo, os estais devem ser interrompidos por isoladores, de tal forma que nenhum trecho ultrapasse 1/7 do comprimento de onda.

### TABELA IV

Raio de contorno em km

Frequência: 550 kHz

Intensidade de campo característica para 1 kW —  $E_1 = 240$  mV/m

Potência	$\sigma$		
	1 mS/m	3 mS/m	10 mS/m
1 kW	18,0	31,0	51,5
5 kW	27,5	48,5	87,5
10 kW	32,5	58,0	105,0

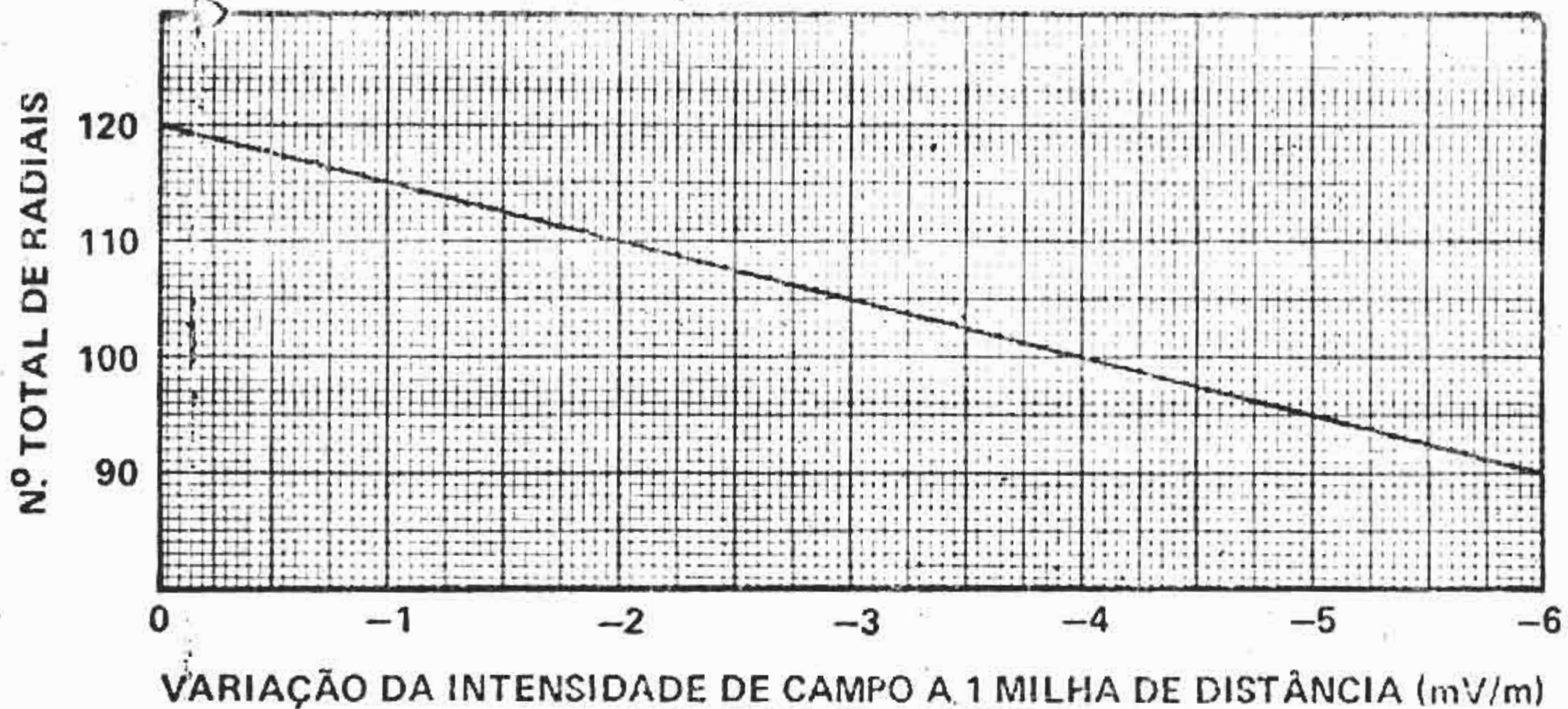


FIG. 3 — Variação da intensidade de campo a 1 milha de distância com a variação do número de radiais entre 90 e 120.

**ALTURA DA TORRE**

Para a grande maioria das emissoras, a norma permite a escolha da altura da torre entre

dois limites indicados (exceto as que operam em canais alocados a países vizinhos).

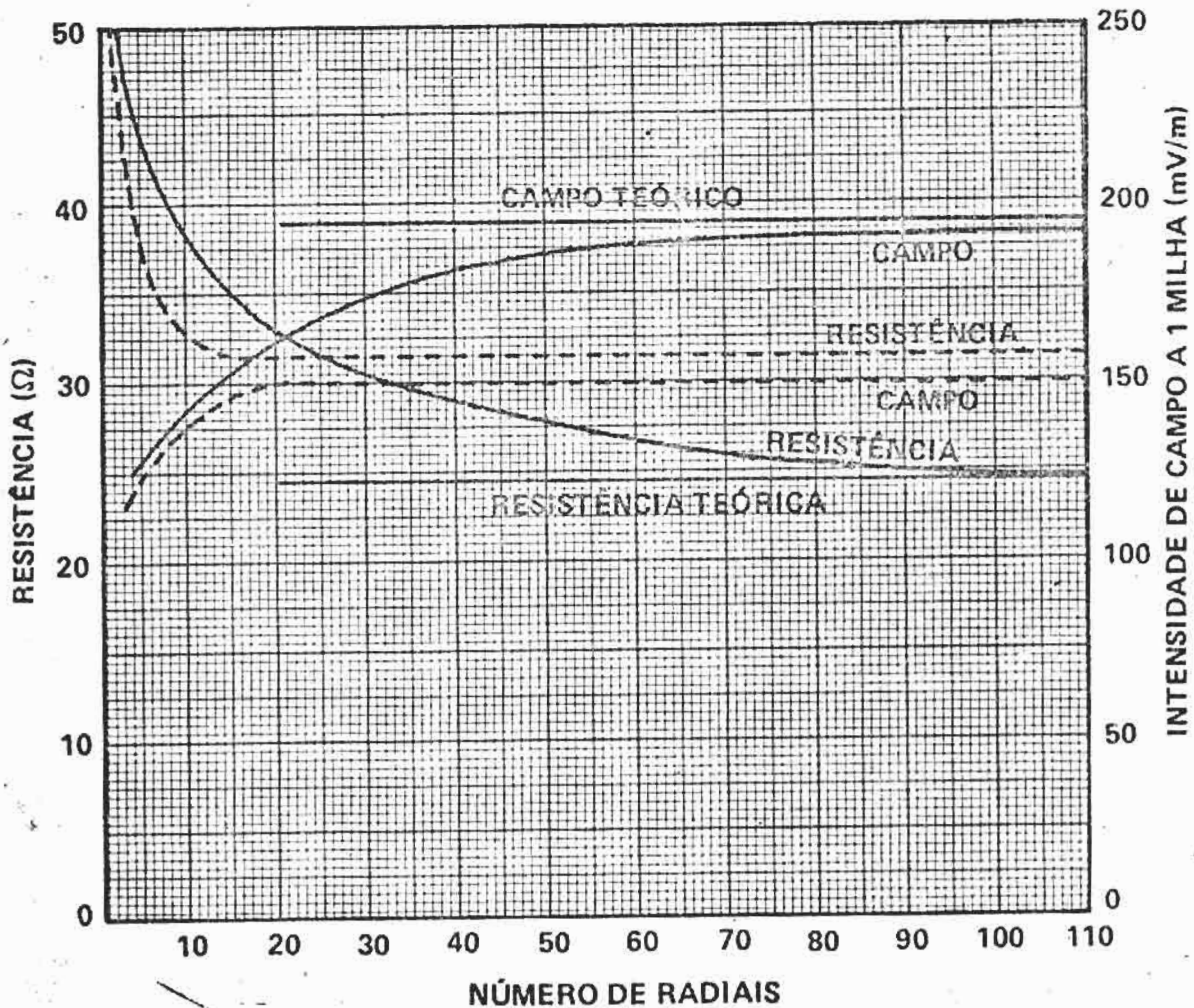
Como exemplo, escolhemos uma emissora classe B, na fre-

quência de 1.560 kHz. Esta emissora, conforme a norma, pode utilizar altura entre 48 e 55 m.

A Fig. 2 apresenta, entre outros dados, a variação de intensi-

FIG. 4 — Inter-relação entre número de radiais, comprimento de radiais, intensidade de campo a 1 milha de distância e resistência global do sistema irradiante.

LINHA CHEIA: ANTENA DE 77°, RADIAIS DE 41,15 m (148°)  
 LINHA TRACEJADA: ANTENA DE 77°, RADIAIS DE 13,72 m (49,5°)



TEL. E COMUNICAÇÕES

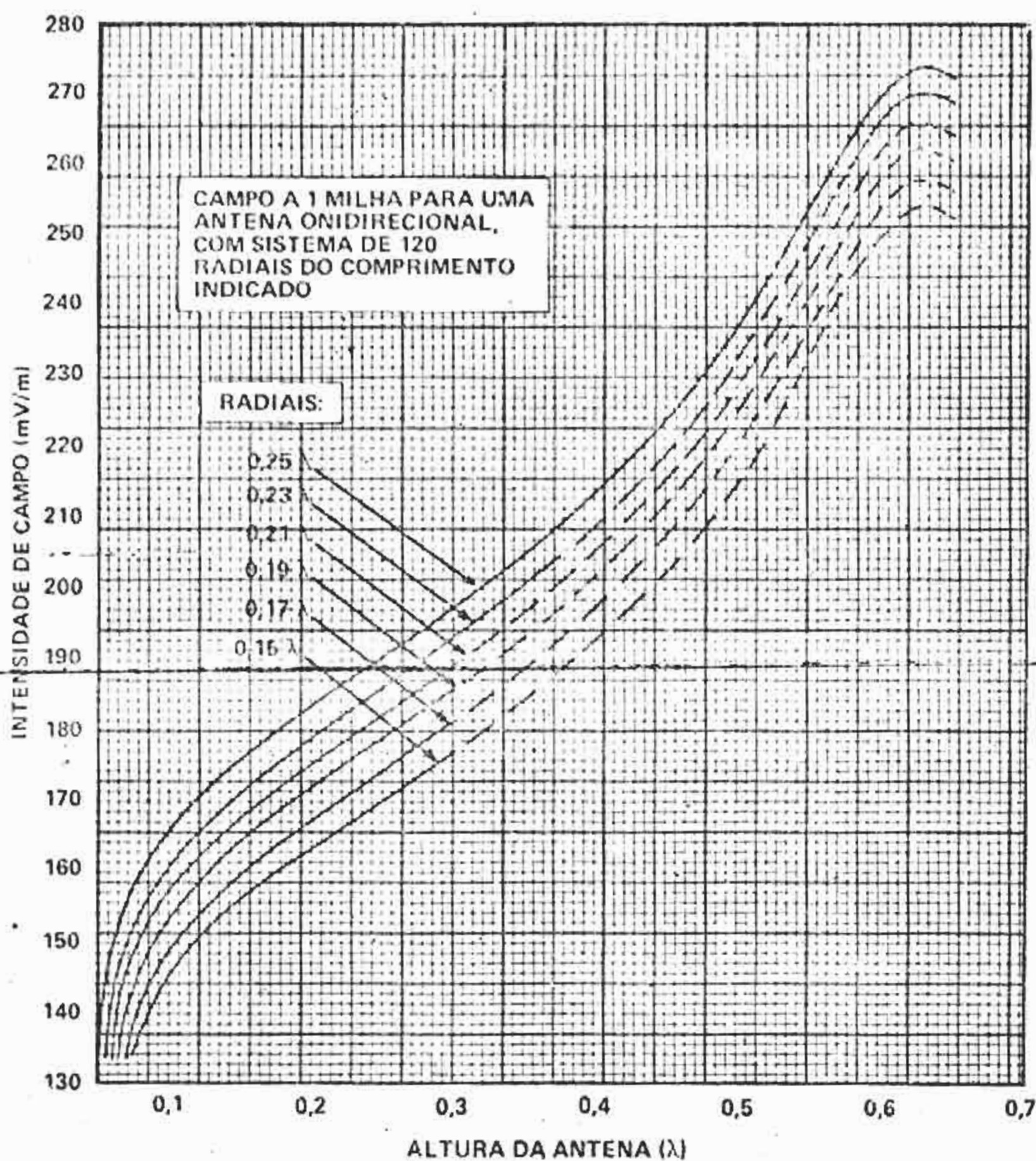


FIG. 5 — Intensidade de campo a 1 milha de distância em função da altura da torre e para 120 radiais, de 0,15, 0,17, 0,19, 0,21, 0,23 e 0,25 comprimento de onda.

idade de campo a 1 milha de distância, em função da altura da torre. Para a emissora escolhida, cujo comprimento de onda é de 192 m, a altura de 48 m corresponde exatamente a um quarto de onda, ou seja,  $90^\circ$  elétricos. A altura de 55 m corresponde a  $103^\circ$  elétricos. Podemos verificar pelo gráfico que, entre os dois limites, a intensidade de campo varia de 2,5%.

#### NÚMERO DE RADIAIS

O número de radiais também tem influência sobre a intensidade de campo. Mudando-se de 90 para 120 radiais, a intensidade de campo característica aumenta de 4% (ver Fig. 3).

#### COMPRIMENTO DOS RADIAIS

Várias emissoras, por insuficiência de terreno, escolheram radiais de  $1/5$  de comprimento de onda, facultado pelas normas atuais em caráter de exceção. Outras, procurando obter o máximo de alcance, prolongaram os radiais a 0,4 comprimento de onda.

Pelas Figs. 4 e 5, podemos verificar que uma certa torre, digamos uma de  $77^\circ$  elétricos, ou seja, de 0,213 de onda de altura, equipada com 120 radiais, resultaria, a uma milha de distância, numa intensidade de campo de 196 mV/m, se os radiais fossem infinitamente longos; a 191 mV/m, com radiais de 0,4 comprimento de onda; e a 174 mV/m, com radiais de 0,2 comprimento de onda. Portanto, este último fica de 11% abaixo do nível ideal e de 9% abaixo do campo obtido com radiais de 0,4 comprimento de onda.

Pela Fig. 6, podemos verificar que radiais de  $150^\circ$  elétricos de comprimento (0,417 comprimento de onda) permitem aproximar bem de perto o campo máximo teórico de um plano de terra, constante de uma terra perfeitamente condutora.

#### DIFERENÇAS ATINGÍVEIS NA INTENSIDADE DE CAMPO

Somando alguns dos melhoramentos enumerados, chegamos

aos seguintes melhoramentos possíveis:

- Ganho devido ao aumento da altura da torre de 48 para 55 m: 2,5%
- Ganho devido ao aumento do número de radiais de 90 para 120: 4%
- Ganho devido ao aumento do comprimento dos radiais de 0,2 para 0,4 comprimento de onda: 9,5%

O efeito cumulativo destes três melhoramentos, ou seja,  $1,025 \times 1,04 \times 1,095 = 1,167$ , é suficiente para elevar a intensidade de campo característica de uma emissora de 1 kW do mínimo permitido de 240 mV/m para o máximo permitido de 280 mV/m, dando, como vimos, uma área coberta até 17% maior. Quando um melhoramento não é viável (por exemplo, o aumento do comprimento dos radiais, por insuficiência de terreno), este pode ser compensado por outros meios mencionados, como redução de eventuais perdas no cabo, melhora do acoplamento do sistema irradiante, etc.

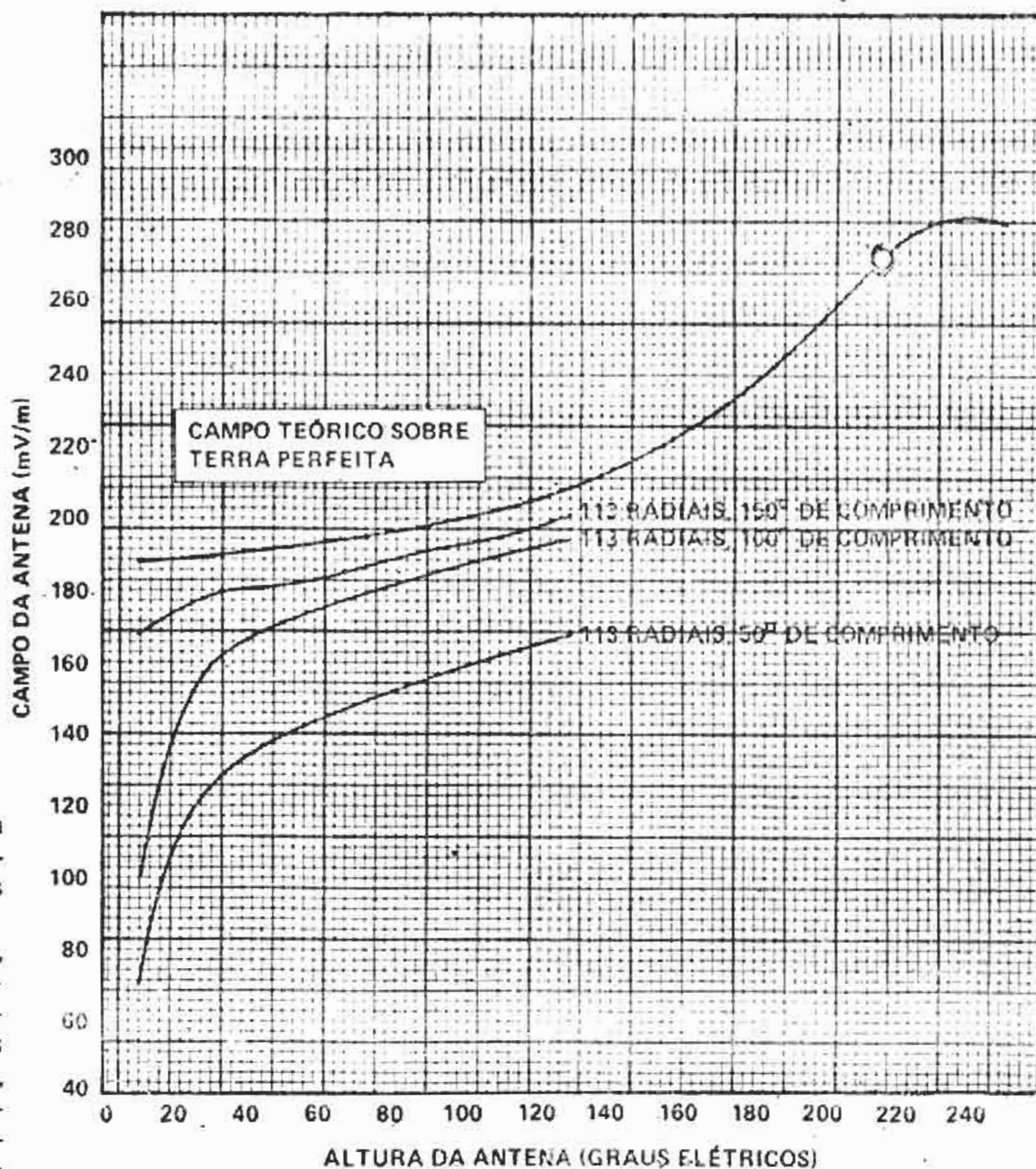
#### AUMENTO DA PENETRAÇÃO DA EMISSORA POR MEIO DE MODULAÇÃO MAIS ADEQUADA

O fato de colocarmos uma certa intensidade de sinal de radiofrequência no local dos receptores ainda não significa que fizemos tudo para proporcionar o maior volume à nossa audiência. De um lado, hoje todos os rádio-receptores possuem controles automáticos de ganho que tendem a compensar as diferenças existentes entre as intensidades de campo das emissoras captadas, de outro lado o radiouvinte não ouve a radiofrequência, mas apenas a modulação a ela superposta. Portanto, nosso interesse é de conseguir, de um certo sinal de radiofrequência colocado nos receptores, o maior volume efetivo e, além disso, a melhor relação de som sobre ruídos.

#### AUMENTO DA MODULAÇÃO MÉDIA DAS EMISSORAS

Se uma emissora acompanha linearmente com sua modulação a intensidade sonora fornecida pela mesa de som, ela deve manter sua modulação média aproximadamente entre 25% e 30%, a fim de que os picos de modulação não ultrapassem 100% ou 125%, conforme o caso. Disso resulta que a emissora não estará

FIG. 6 — Intensidade de campo a 1 milha de distância, em função da altura da torre, para 113 radiais de 0,14, 0,28 e 0,42 comprimentos de onda (50°, 100° e 150° elétricos).



aproveitando suficientemente a energia de radiofrequência irradiada para a transmissão de seus programas.

Para remediar essa situação, empregam-se compressores/expansores/limitadores de modulação, que elevam os níveis baixos de modulação para mais elevados, porém entram com ação limitadora quando um pico irá ultrapassar o nível máximo permitido de modulação.

Não é fácil construir um bom compressor. Ele deve satisfazer uma série de exigências: sua resposta de audiofrequência deve ser, ao menos, igual ao do resto do equipamento; não pode introduzir distorção adicional perceptível; deve ter tempo de ataque reduzidíssimo para entrar em ação já nos inícios dos picos (no Comprimax ele é de apenas alguns microssegundos); deve ter tempo de recuperação (depois dos picos) ajustável, para se adaptar melhor ao tipo de programa; deve ter uma gama de compressão a mais ampla possível e, obviamente, não pode expandir o ruído gerado no próprio equipamento, mesmo na ausência de sinal de áudio.

Das exigências enumeradas fica evidente que um bom compressor é complexíssimo, e não pode ser comparado com dispositivos que levam o mesmo nome, porém não foram projetados para satisfazer todas estas exigências.

Com o uso de compressores, o nível médio de modulação pode ser elevado de 25 a 30% para 60 a 70%, resultando em que uma emissora que coloca no receptor um sinal de radiofrequên-

cia mais fraco, possa ser ouvida com o dobro do volume de uma emissora que, embora chegue com sinal mais forte, não tenha compressor de modulação.

#### AUMENTO DE VOLUME APARENTE

Normalmente, o que limita a área de recepção das emissoras é o nível de ruído reinante no local de recepção. Este ruído, via de regra, compõe-se de frequências altas, sendo chamado, por este motivo, de "chiado". Se uma emissora eleva os agudos de sua modulação, além do nível dos sons médios, ela permite ao ouvinte reduzir o "chiado", por meio de seu controle de tonalidade, recebendo, todavia, os agudos da modulação em nível normal, devido ao "pré-aumento".

Esta técnica é bem conhecida nas emissoras de FM, através dos dispositivos de pré-ênfase e deênfase. Todavia, dentro dos limites das normas técnicas vigentes, podemos aplicá-la também em emissoras de AM.

Conforme a norma atual de onda média, a emissora pode elevar o nível de áudio de sua mo-

dulação, em relação ao nível em 1.000 Hz, até em 5 dB entre 50 Hz e 100 Hz e entre 5.000 Hz e 7.500 Hz. Não nos consta existir impedimento legal contra elevar os agudos em 10 dB ou 12 dB em 10 kHz, ou 15 dB em 12 kHz, desde que os limites de resposta em 50 Hz e 7.500 Hz estejam sendo respeitados.

Enquanto a elevação nos agudos melhora a relação sinal/ruído, a elevação dos graves abaixo de 50 Hz compensa a ineficiência dos alto-falantes nesta região e cria para o ouvinte a impressão nítida a que ele está acostumado em seu sistema de Alta-Fidelidade, dando preferência às emissoras que procuram preencher toda a gama de frequências audíveis.

Como sabemos, da mesma forma que a programação, a parte técnica também pode desempenhar papel importante no aumento do índice de audiência das emissoras. Se as informações acima permitirem ao radialista encontrar os aspectos de sua emissora que possam ser melhorados, o Autor considera seus objetivos alcançados.

ooo—o— (OR 1463)