

DIAGRAMAS DE RADIAÇÃO INSTALADOS DE ANTENAS DE TRANSMISSÃO

Introdução

A resolução 284 de 7/12/2001 da ANATEL estabelecendo o novo Regulamento Técnico para a prestação do Serviço de Radiodifusão de Sons e Imagens e do Serviço de Retransmissão de Televisão, define em seu item 7.3 como “sistema irradiante” não somente a antena de transmissão mas também a sua estrutura de sustentação e o sistema de distribuição de potência associados. Esta definição implica em reconhecer que o sistema radiante não deve ser tratado como um equipamento independente e isolado do sistema de transmissão, mas sim considerar em seu projeto e especificação o ambiente em que irá operar isto é, como irá desempenhar nas condições conforme instalado.

A possibilidade de atender regiões de sombra circunscritas ao contorno protegido de estações de TV e RTV por intermédio da adição de uma “Estação Retransmissora Auxiliar”, permitida pelo novo Regulamento Técnico, ao mesmo tempo em que possibilita a otimização da cobertura, também representa um desafio prático de implementação visto recair sobre o sistema radiante a responsabilidade final do desenho ou “shaping” para o atendimento área de sombra em conformidade com os requisitos do projeto e do próprio Regulamento Técnico.

Sistemas de TV Digital por sua vez demandam que as antenas de transmissão apresentem desempenho controlado quanto aos seus diagramas de radiação instalados, porque ao mesmo tempo em que deve-se garantir intensidade de campo acima de um limiar de recepção na área de cobertura pretendida (para evitar-se o efeito “cliff”), muito provavelmente a antena de transmissão estará competindo por espaço em torres comunitárias e, conseqüentemente, resultará instalada numa condição não ótima. Neste caso também o emprego de reforçadores de sinal ou “Gap Filler” para atendimento destas áreas de sombra demonstrou ser uma técnica não somente eficiente, mas indispensável em centros urbanos para combater os malefícios provocados pelo múltipcurso, fazendo novamente recair sobre a antena de transmissão a responsabilidade final do desempenho do sistema para um atendimento eficiente da área de sombra sem prejuízo da área já atendida pela estação principal.

Conseqüentemente a necessidade de se controlar as propriedades de radiação da antena de transmissão considerando a influência da sua estrutura de sustentação e de obstruções adjacentes, bem como a implementação de arranjos de antenas para o cumprimento de especificações de diagrama dedicadas, tem representado cada vez mais a ênfase dos projetos e por sua vez determinado um diferencial de desempenho não somente técnico, mas competitivo para a viabilidade comercial almejada para a implantação / adequação da operação.

Tratamento Teórico

Em aplicações de radiodifusão, as principais propriedades de radiação de uma antena de transmissão em que normalmente se está interessado em analisar referem-se ao seu diagrama de azimute (também chamado de diagrama horizontal), diagrama de elevação (também chamado de diagrama vertical) e ganho (que resulta dos diagramas de radiação e das técnicas construtivas da antena) pois estes parâmetros permitem univocamente identificar como e quanto a antena está distribuindo no espaço a potência aplicada aos seus terminais de entrada. Sem dúvida nenhuma outros parâmetros tais como largura de faixa de impedância (variação de VSWR com a frequência), largura de faixa de diagrama (variação do diagrama com a frequência) e relação axial (relação entre as componentes de polarização horizontal e vertical em sistemas de polarização elíptica) serão cada vez mais relevantes à medida que a abordagem de projeto de sistema assim o requerer e técnicas de modulação digital estiverem sendo consideradas.

Para poder estimar teoricamente os diagramas de radiação “instalados” de antenas e/ou arranjos de antenas isto é, resultantes da sua situação de instalação na prática, podem ser empregadas três abordagens distintas :

- Aproximação por *função matemática*;
- Aproximação por *composição amplitude x fase*;
- Aproximação por *modelo computacional eletromagnético*.

A técnica de aproximação por *função matemática* associa equações aos cortes horizontal e vertical do diagrama de radiação tridimensional da antena em análise; representa um modelo simplificado das propriedades de radiação da antena e, portanto, limitado na precisão dos resultados dele decorrentes. Além do mais as equações de diagrama disponíveis na literatura abrangem somente algumas poucas classes de antenas convencionais, bem como a formulação dos efeitos de espalhamento e re-irradiação em estruturas próximas da antena torna-se um estudo caso a caso de matemática avançada, sem atrativo prático dado a dificuldade analítica e gama de variáveis envolvidas.

Para ilustrar um exemplo da aplicação desta técnica, na Figura 1 tem-se o diagrama horizontal de uma antena tipo slot cilíndrica obtido através da função matemática que a descreve e o diagrama resultante desta mesma antena quando projetada a partir do vértice de uma torre triangular como indicado na figura. O “diagrama instalado” apresentado é resultante da soma vetorial do campo da antena slot com o campo espalhado provocado pela torre, o espalhamento é aproximado matematicamente pelo cálculo da reflexão de ondas eletromagnéticas em cilindros verticais infinitamente

DIAGRAMAS DE RADIAÇÃO INSTALADOS DE ANTENAS DE TRANSMISSÃO

longos associados aos montantes da torre. Nota-se neste caso que a diferença entre o “campo instalado” e o campo espaço livre (isto é, da antena slot sem considerar a influência da torre) tem oscilação no intervalo [-1,+1] dB e vale pontualmente -0,5 dB no azimute 0 graus.

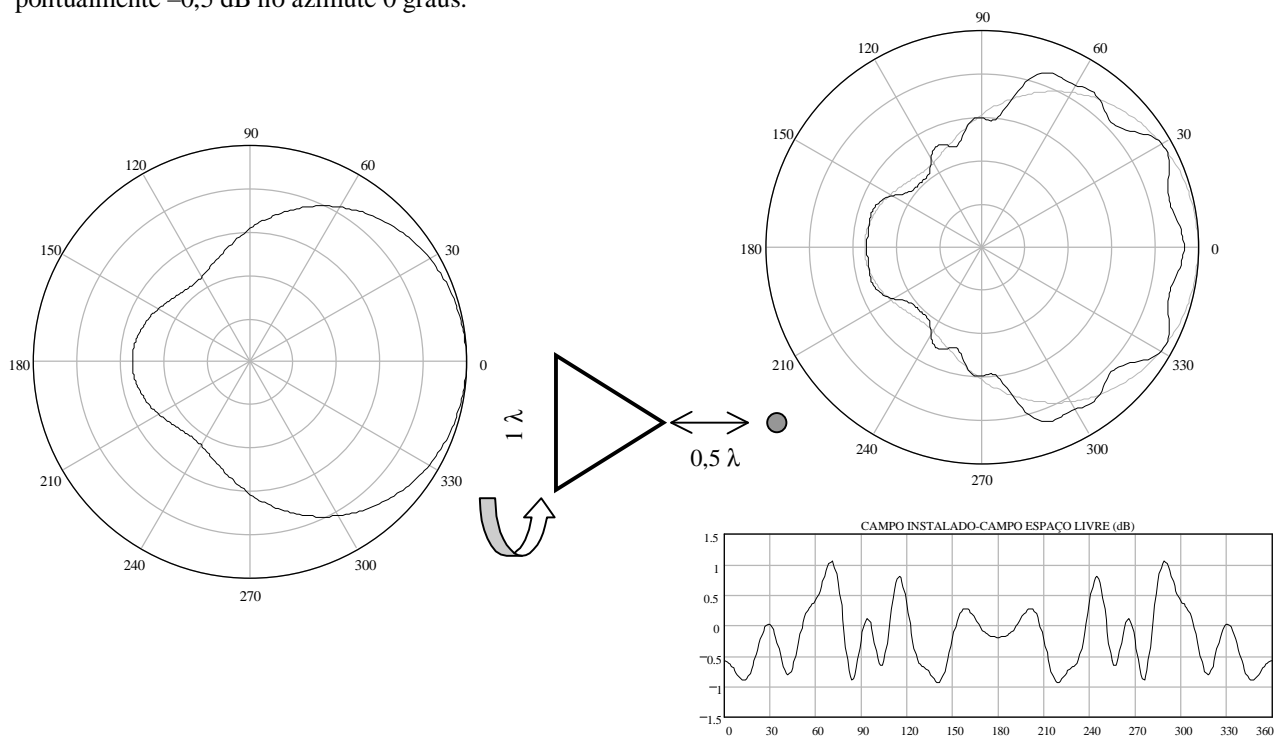


Figura 1 : Aproximação por função matemática

A técnica de aproximação por *composição amplitude x fase* representa uma evolução da técnica anterior, pois passa a considerar adicionalmente a informação da resposta de fase da antena. As equações de fase, similarmemente às equações de amplitude, embora de difícil obtenção analítica agregam precisão indispensável ao modelo como pode ser verificado pelo exemplo da Figura 2. Neste caso verifica-se alteração significativa do “diagrama instalado” bem como da diferença entre o “campo instalado” e o campo espaço livre que, neste modelo, apresenta oscilação no intervalo [-1.1,+1.2] dB e vale pontualmente +1.2 dB no azimute 0 graus, ao contrário da técnica anterior onde valia -0.5 dB.

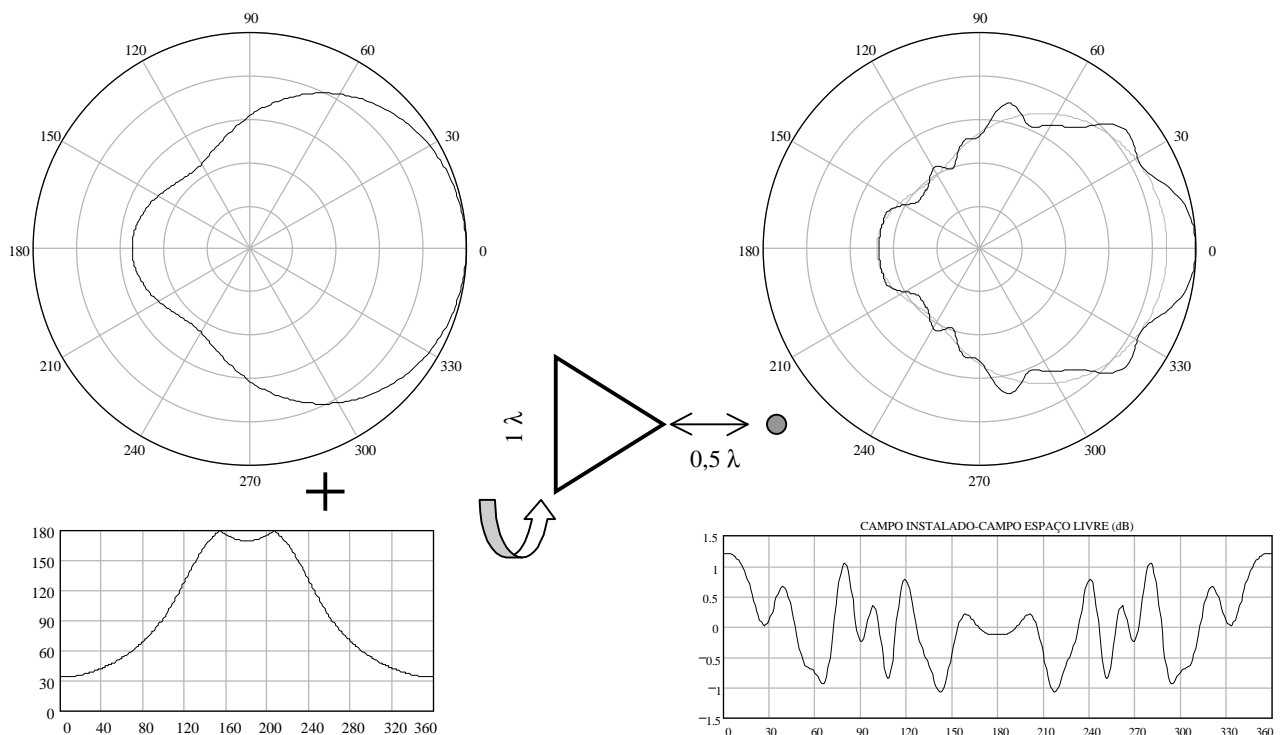


Figura 2 : Aproximação por composição amplitude x fase

DIAGRAMAS DE RADIAÇÃO INSTALADOS DE ANTENAS DE TRANSMISSÃO

Por último, a abordagem empregando *modelo computacional eletromagnético* demonstra ser a técnica mais precisa e versátil para um tratamento integrado da antena em conjunto com o ambiente em que a mesma será instalada. O princípio desta técnica está fundamentado na utilização de poderosos algoritmos que resolvem as equações fundamentais de Maxwell em estruturas genéricas apresentando geometria e orientação arbitrárias no espaço. Esta técnica confere à solução uma precisão tanto maior quanto melhor elaborado o modelo de descrição geométrico da antena e do ambiente ao seu redor. Sua principal vantagem reside na flexibilidade para a descrição do modelo e na precisão dos resultados obtidos, inatingíveis pelas técnicas anteriores, mas requer entretanto um esforço de modelamento e processamento computacional significativos.

Para ilustrar um exemplo de aplicação desta técnica, na Figura 3 apresenta-se o “diagrama instalado” da antena slot considerando-se as mesmas condições de contorno empregadas pelas técnicas anteriores. Nesta figura verifica-se que o “diagrama instalado” resultante do modelo computacional eletromagnético, embora diferente daquele obtido pela técnica anterior de composição amplitude x fase como apresentado na Figura 2, confirma a tendência do resultado anterior (pois apresentam coeficiente de correlação de Pearson = 0,976). Portanto, sob o ponto de vista de tratamento teórico, a diferença entre o “campo instalado” e o campo espaço livre, que neste caso apresenta oscilação no intervalo [-1,+1.25] dB e vale pontualmente +0.4 dB no azimute 0 graus, deve ser interpretado como o resultado de melhor precisão disponibilizado dentre as técnicas estudadas, pois neste caso o modelo computacional eletromagnético está considerando não apenas os efeitos de interferência entre a antena e as estruturas a ela adjacentes mas também os componentes de segunda ordem como re-irradiação e difração eletromagnética presentes no ambiente, efeitos estes até então não considerados pelas outras técnicas.

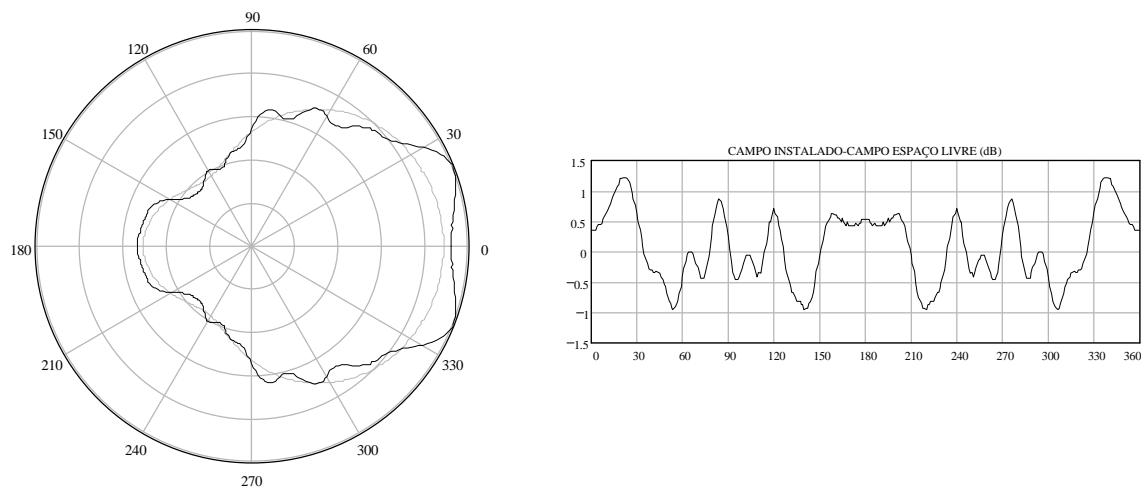


Figura 3 : Aproximação por modelo computacional eletromagnético

Montagem da antena na torre

As possibilidades de instalação de uma antena de transmissão em estruturas de sustentação genéricas sempre irão recair num dos seguintes casos:

- Montagem de *topo*
- Montagem *lateral*
- Montagem com *compartilhamento* de espaço

A montagem de *topo* representa o melhor compromisso entre o “diagrama instalado” e o diagrama espaço livre pois uma vez adequadamente executado irá preservar as especificações de diagrama da antena. Altura representa ganho de propagação e por isto topo de torre caracteriza espaço “premium” caso evidentemente já não se encontre ocupado por alguma outra antena, portanto só se pode considerar esta condição como premissa de especificação caso se esteja investindo em uma nova torre ou numa estrutura para sustentação dedicada à antena em questão.

A montagem *lateral* representa, a princípio, o pior compromisso entre o “diagrama instalado” e o diagrama espaço livre pois naturalmente a torre, ou qualquer outra estrutura para sustentação da antena, estará eletricamente imersa na região de campo próximo da antena e com ela interagindo para a composição dos diagramas de radiação resultantes. A única maneira de minimizar os efeitos desta situação de montagem é transferir a estrutura de sustentação para o interior da antena de transmissão propriamente dita, solução adotada por exemplo quando se opera com arranjos de antenas tipo painel montados ao redor da torre.

DIAGRAMAS DE RADIAÇÃO INSTALADOS DE ANTENAS DE TRANSMISSÃO

A montagem empregando *compartilhamento* de espaço caracteriza um conceito de ocupação de torre onde as antenas estão distribuídas horizontalmente no topo da torre configurando a disposição conhecida como candelabro, ou alinhadas verticalmente configurando a disposição conhecida como empilhamento ou “stacking”. Nestas condições o compromisso entre o “diagrama instalado” e o diagrama espaço livre pode ser considerado uma variável de projeto e otimizado caso a caso. Esta situação de montagem é a que mais concilia interesses comuns das emissoras para a ocupação compartilhada da torre, pois propicia simultaneamente ganhos quanto a propagação e controle dos “diagramas instalados”, requisitos indispensáveis dos novos sistemas de transmissão comunitários emergentes para TV Digital.

Controle dos diagramas de radiação

Uma vez apresentadas as possíveis técnicas para a estimativa teórica dos “diagramas instalados” de antenas de transmissão e as diversas situações práticas de montagem que caracterizam o seu ambiente de operação, decorrem desta análise naturalmente duas perguntas, a saber:

1. Qual a aplicabilidade das técnicas apresentadas?;
2. Qual a precisão dos resultados?

Cada uma das técnicas discutidas anteriormente (aproximação por *função matemática*; aproximação por *composição amplitude x fase* e aproximação por *modelo computacional eletromagnético*) apresenta características intrínsecas quanto a precisão, vantagens e desvantagens oriundas da sua utilização. Nenhuma delas entretanto irá duplicar os resultados provenientes de um “test range” (campo de teste) de antenas utilizando modelos em tamanho natural 1:1 os quais, todavia, são impraticáveis economicamente para a maioria dos casos e conseqüentemente não são utilizados, ou quando muito são implementados em escala 1:n e ensaiados no n-ésimo múltiplo da frequência de operação, incorrendo novamente em erros e aproximações.

Enquanto a técnica empregando aproximação por função matemática é de aplicação imediata para o cálculo de diagramas de arranjos utilizando antenas lineares simples tipo yagi, log-periódica ou painel, a mesma passa a perder muito em precisão se a informação de fase destas antenas não for considerada, por exemplo, para o cálculo dos diagramas de arranjos utilizando “off-set” (deslocamento mecânico) das antenas individualmente. Nestes casos (cálculo de arranjos com “off-set”) a técnica empregando aproximação por composição amplitude x fase passa a ser a mais recomendável e deve ser a utilizada.

Igualmente, a técnica empregando aproximação por composição amplitude x fase pode ser a considerada quando se quiser calcular o diagrama resultante da interação da antena com estruturas que possam ser aproximadas por cilindros verticais, como por exemplo quando da montagem na lateral de torres com seção reta.

Evidentemente que a abordagem empregando aproximação por modelo computacional eletromagnético substitui todas as anteriores, pois é a única capaz de tratar todas as variáveis que emergem de situações práticas de instalação, tais como montagem lateral em torres de seção inclinada (piramidal), montagem candelabro, empilhamento de antenas, influência de um sítio de torres, etc... onde todas as estruturas adjacentes e suas disposições relativas à antena em análise podem ser completamente e precisamente modeladas.

Resta afirmar por último que a técnica empregando aproximação por modelo computacional eletromagnético, uma vez corretamente utilizada, irá gerar resultados consistentes e suficientes para subsidiar o projeto e a especificação integrada de sistemas radiantes combinados com torres e/ou estruturas de sustentação, pois representa a ferramenta de melhor precisão para a estimativa e controle dos diagramas de radiação instalados de antenas de transmissão.

Leitura complementar

Para aqueles interessados em obter mais informações sobre este assunto, consultar o site www.transtelconti.com.br no link “Publicações” => “Deformação de Diagrama / Ecos”.