

# Medição da Irradiação Não Intencional de Equipamentos *PLC/BPL* sobre Comunicações HF

C. P. Colvero, V. R. D. Carneiro, B. F. Cunha

**Resumo** — Neste trabalho apresentamos os resultados de medições da irradiação não intencional de espúrios em equipamentos de comunicações pela rede de energia elétrica de média tensão (*PLC/BPL*) sobre as comunicações de voz e dados na faixa de HF. Os procedimentos da recomendação K-60 da ITU-T para utilização nestas medições de interferências eletromagnéticas são aplicados, mas devido a não apresentarem bons resultados em sistemas elétricos operando em condições reais de funcionamento, eles são revisados e são propostas modificações. Os experimentos de campo foram realizados em Campinas-SP e Porto Alegre-RS, com o apoio da Aeronáutica com um sistema de comunicações móvel tático na faixa de HF, operando com voz e dados e instalado no mesmo ambiente de um sistema *PLC/BPL*.

**Palavras-chaves** — *Power line communication, broadband over power line, interferência, frequências HF, propagação ionosférica.*

## I. INTRODUÇÃO

Desde os primeiros experimentos em diversos países do mundo, voltados para instalação e proliferação de utilização dos sistemas de comunicações de voz e dados pela rede de energia elétrica, chamados de sistemas *PLC/BPL*, existe uma preocupação generalizada com a emissão de espúrias de forma não intencional geradas pelo funcionamento destes sistemas na faixa de frequências de 1 a 30 MHz.

Muito embora esta seja uma questão preocupante e inclusive de segurança nacional, a falta de regulamentações específicas para o assunto tem levado vários autores a utilizar adaptações de normas gerais, como a recomendação K-60 da União Internacional de Telecomunicações – ITU-T para as medições de interferências nesta faixa de frequências. Para evitar possíveis contaminações do espectro e viabilizar a convivência dos sistemas *PLC/BPL*, proporcionando a devida compatibilidade eletromagnética com os demais serviços alocados nas faixas em questão (1 a 30 MHz), tornam-se necessários estudos que especifiquem os devidos processos de mitigação, indiquem as faixas a serem protegidas e os limites para a operação dos equipamentos *PLC/BPL* [1].

Este trabalho demonstra resultados comparativos de operação de sistemas de comunicações em HF, com voz e

Claiton Pereira Colvero, [cpcolvero@inmetro.gov.br](mailto:cpcolvero@inmetro.gov.br), Vinícius Rangel Duarte Carneiro, [vcarneiro@inmetro.gov.br](mailto:vcarneiro@inmetro.gov.br), Bráulio Faria Cunha, [bfcunha@inmetro.gov.br](mailto:bfcunha@inmetro.gov.br), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, Divisão de Metrologia em Telecomunicações - Dimci / Ditel. Av. Nossa Senhora das Graças, 50, Xerém, Duque de Caxias - RJ, Brazil, CEP 25250-020. Telefone: +55-21-2679-9072, FAX: +55-21-2679-1627.

Este trabalho foi apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PROMETRO/CNPq), que são vinculadas ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

dados, operando no mesmo ambiente com sistemas *PLC/BPL* em dois experimentos montados em redes de energia elétrica de média tensão, sendo o primeiro enlace montado experimentalmente em uma rede elétrica dedicada e o segundo enlace montado em uma rede de distribuição de energia real e com o sistema *PLC/BPL* em operação regular.

Os estudos foram desenvolvidos com o intuito de caracterizar especificamente a potencialidade de interferência dos sistemas *PLC/BPL* em estações HF em sistemas de distribuição de energia elétrica reais, evitando possíveis degradações nos serviços regulamentados na faixa HF [1].

O desenvolvimento de modernas técnicas de transmissão digital em HF, de transceptores sintetizados mais precisos com alta estabilidade, de protocolos robustos para gerenciamento de frequências e transmissão de dados, permitiu novas aplicações para as comunicações ionosféricas, já largamente utilizadas em vários serviços devidamente regulamentados. Podem ser citadas utilizações clássicas como o Serviço Móvel Aeronáutico (comunicações de tráfego aéreo), Serviço Fixo Aeronáutico, Serviço Móvel Marítimo, canais para uso em correspondências governamentais, faixas de frequências para uso exclusivo militar, Serviço Fixo, Radioamador e outros. Esses fatos relevam a importância na manutenção das devidas proteções contra interferências e regulamentação que possa garantir a devida segurança para os serviços que utilizam as faixas de HF. Os experimentos tiveram o objetivo de descrever os resultados de ensaios sobre transmissão de dados e voz efetuada por meio de equipamentos de comunicações em HF, situado nas proximidades de sistemas *Power Line Communications – PLC/BPL* em operação, e foram realizados na região metropolitana de Campinas, São Paulo e no bairro da Restinga, zona sul de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, sendo este último o foco principal do nosso trabalho.

As medições realizadas foram prévia e devidamente acordadas com a ANATEL, no âmbito da Comissão Brasileira de Comunicações 10 – CBC 10 (Administração do Espectro e Propagação), para elaboração de futura contribuição aos estudos sobre *PLC* na União Internacional de Telecomunicações – ITU sobre o assunto [1].

Os estudos de sistemas *PLC/BPL* estão em uma das questões do *Study Group 3 – SG3* da União Internacional de Telecomunicações - UIT, no *Working Party 3L* que trata da Propagação Ionosférica - WP-3L sendo, portanto de interesse da CBC 10 (Questão UIT-R 230/3 - Métodos de Predição e Modelos Aplicáveis para os Sistemas de Telecomunicações por Meio de Linhas de Energia Elétrica.) [1].

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, INMETRO, coordenou com o Comando da Aeronáutica / Departamento de Controle do

Espaço Aéreo – DECEA/GCC, a instalação de estações de rádios transceptores HF, *modems* e antenas, além do deslocamento de uma equipe técnica especializada para instalação de enlaces de rádio na faixa de operação de HF, sendo no primeiro momento uma estação móvel transportável instalada em Campinas - SP e outra na cidade de Brasília – DF e no segundo momento a mesma estação móvel transportável instalada em Porto Alegre - RS e outra na cidade do Rio de Janeiro - RJ, disponibilizando a comunicação de voz e dados nestes enlaces de HF através de um salto único na camada ionosférica [1].

## II. AMBIENTES DE MEDIÇÃO

Os ensaios do primeiro local de testes foram realizados nas dependências do CPqD, em Campinas, São Paulo, na área de testes indicada nas fotos da Fig. 1 e da Fig. 2. O CPqD forneceu total suporte para os trabalhos que foram desenvolvidos em período chuvoso e frio, necessitando de infra-estrutura especial com a montagem de abrigos para proteção do pessoal e dos equipamentos.



Fig. 1. Local de realização dos testes (vista aérea)



Fig. 2. Local dos testes com indicações de posicionamento das antenas e distâncias.

Neste experimento em Campinas-SP, foi montado um enlace de voz e dados em HF com a cidade de Brasília-DF, onde devido a distância entre as duas cidades, de menos de

2.000 km a comunicação se deu através de apenas um salto na ionosfera, utilizando os equipamentos de comunicações da Aeronáutica e que constitui um serviço primário de comunicações regulamentado pela Anatel, sendo que não pode sofrer interferências de outros sistemas, por se tratar de segurança nacional e/ou emergência. Como a rede de energia elétrica utilizada neste experimento foi dedicada para esta finalidade, possuía carga relativamente constante, era linear em sua extensão e os sistemas *PLC/BPL* foram instalados apenas para realização dos experimentos, foi possível controlar todos os parâmetros de propagação e de estabilidade da rede, tornando os resultados adequados aos previstos na recomendação K-60 da ITU-T [4-6].

Em relação aos experimentos realizados no Bairro de Restinga, Zona Sul de Porto Alegre – RS, onde tínhamos uma rede de energia elétrica de média tensão cheia de ramificações, derivações, redes secundárias, transformadores, não linear na extensão e com carga altamente variável e aleatória durante todo o dia, além de um sistema *PLC/BPL* realmente instalado e em operação, os resultados obtidos comparados a recomendação da ITU-T não foram nada coerentes com o previsto, e desta forma tornou-se o foco deste trabalho.

Neste local, a rede elétrica foi dividida em vários pontos denominados por letras, conforme pode-se observar na Fig. 3. Para a realização das medições, foi utilizado como ponto de irradiação o *Modem PLC/BPL* localizado no ponto “C” da Estrada João Antônio Silveira, e as medições se deram através do deslocamento da equipe pela Rua Clara Nunes, até um terreno da Prefeitura de Porto Alegre no final da mesma.

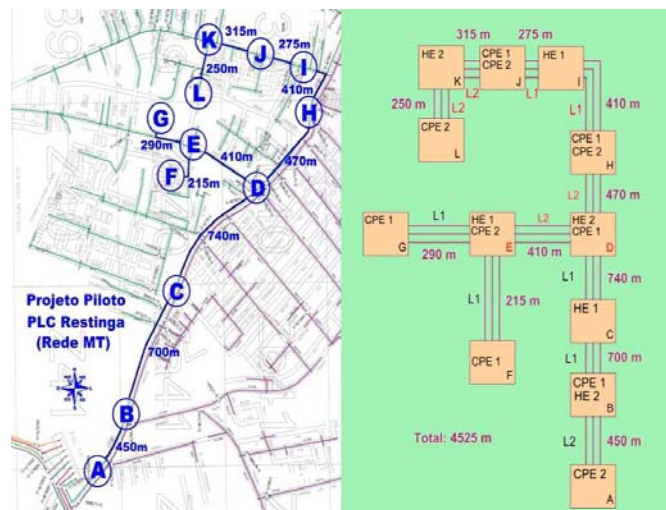


Fig. 3. Representação da topologia e dos equipamentos da rede *PLC* de Restinga.

Neste experimento no bairro de Restinga, em Porto Alegre-RS, foi montado um enlace semelhante ao de Campinas-SP de voz e dados em HF com a cidade do Rio de Janeiro-RJ, onde novamente devido a distância entre as duas cidades, de menos de 2.000 km, a comunicação se deu através de apenas um salto único na ionosfera, utilizando os mesmos equipamentos de comunicações da Aeronáutica.

A rede de distribuição de energia elétrica de média tensão utilizada pelo sistema de comunicações *PLC/BPL* é administrada pela Companhia de Energia Elétrica do Estado do Rio Grande do Sul – CEEE, e apresenta todas as características de flutuações de carga e impedância comuns em quaisquer outros sistemas elétricos existentes.

### III. PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

#### A. Procedimentos de testes segundo determinação da Recomendação Internacional K-60 da ITU-T (2003).

Para conferir uma boa credibilidade na medição da interferência dos sistemas *PLC/BPL* foram utilizados como referência os procedimentos da recomendação K-60 da ITU-T (2003), que estabelece de forma generalizada os máximos níveis de emissão irradiada permitidos a partir do sistema de comunicações irradiante, que neste caso em especial é a própria rede de energia elétrica. Os níveis de energia irradiada apresentados nesta recomendação para a faixa de frequências em torno de 1 MHz até 30 MHz foram transcritos na Tabela I [2-7].

Nesta Tabela podemos observar que a unidade de referência utilizada é o  $dB\mu V/m$ , que é utilizado para se calcular a partir desta componente de intensidade de campo elétrico o equivalente para uma condição de onda plana [4-6].

TABELA I. LIMITE DE EMISSÕES IRRADIADAS

K-60 ITU-T Recommendation (2003)	
Faixa de Frequência (MHz)	1 – 30
Limite de intensidade de campo - Pick ( $dB\mu V/m$ )	$52 - 8,8 * \log(f \text{ (MHz)})$
Limite de intensidade de campo - Quasi-pick ( $dB\mu V/m$ )	$40 - 8,8 * \log(f \text{ (MHz)})$
Distância de medição (m)	3
Banda passante de medição (kHz)	9

A recomendação K-60 da ITU-T prevê que mais alguns procedimentos também sejam seguidos, como a medição de intensidade de campo nesta faixa, com, por exemplo, a utilização de uma antena do tipo loop, a 1 metro de altura e em posições distanciadas de  $\lambda/4$  ao longo da linha até se possível uma distância de 1 km. Por questões de limitações físicas do ambiente e/ou de equipamentos, estas distâncias podem ser modificadas e compensadas com pós-processamento dos dados, conforme prevê a própria recomendação [4-7].

#### B. Estabelecimento de enlaces HF

Atualmente as comunicações ionosféricas são realizadas com maior qualidade, devido à disponibilidade de modernos equipamentos e aplicação de procedimentos mais apurados que permitem encontrar a frequência ótima de trabalho em função do horário de operação e da localização das estações.

O equipamento de radiocomunicação utilizado nos testes possuía os sistemas de estabelecimento automático de enlace, *ALE (Automatic Link Establishment)* e *Transcall*. Ambos os sistemas têm o propósito de facilitar o estabelecimento de comunicações HF através da varredura automática das frequências disponíveis para comunicações entre as estações configuradas [4], [7-9].

Para estabelecer os enlaces, o operador do equipamento de rádio tem por obrigação escolher a melhor frequência de operação (FOT) para cada horário. Para uma melhor avaliação da interferência do sistema *PLC/BPL* no enlace, o operador escolheu a FOT de 11,5 MHz no início da medição e esta frequência foi mantida para os demais enlaces e tomadas de dados. Na sequência, a pedido, o operador de Brasília ou do Rio de Janeiro fazia uma contagem longa oral, e pela avaliação desta eram obtidas a clareza e intensidade do sinal, segundo a Norma do Ministério das Comunicações nº. 31/94 Apêndice 9, conforme as indicações da Tabela II [4-9].

TABELA II. AVALIAÇÃO DA CLAREZA E INTENSIDADE

Código Q		
Notas	Clareza do Sinal	Intensidade do Sinal
1	<i>Ruim</i>	<i>Fraca</i>
2	<i>Pobre</i>	<i>Apenas Perceptível</i>
3	<i>Razoável</i>	<i>Boa</i>
4	<i>Boa</i>	<i>Satisfatória</i>
5	<i>Excelente</i>	<i>Ótima</i>

### IV. RESULTADOS

#### 4.1. Ruído ambiente x ruído PLC em ambiente controlado.

Nas medições em Campinas, a rede elétrica de média tensão utilizada apresentava condições controladas que favoreciam as medições de interferência dos sistemas *PLC/BPL* sobre as transmissões HF segundo a recomendação K-60 da ITU-T, pois era uma rede pequena, linear, interna, dedicada e de carga não variável significativamente ao longo dia. Os dados coletados foram colecionados com data, hora, informação sobre a operação do *PLC*, frequência utilizada, graduação da clareza e intensidade dos sinais recebidos, avaliação da qualidade da frequência testada, nível médio medido em  $dBu$ , valor teórico calculado, diferença entre os valores (medido e teórico), nível médio de ruído (em pontos de interesse), tempo de transmissão dos arquivos recebidos, velocidade de transmissão dos arquivos, e observações sobre as percepções e fatos julgados relevantes. Nestes testes, o ruído ambiente foi adquirido e compensado dos ruídos irradiados medidos em três diferentes sistemas *PLC/BPL* instalados exclusivamente no local para este experimento [4].

Na Fig. 4 demonstramos um sinal no espectro apenas do ruído ambiente, com níveis constantes e invariáveis durante todo o período e horários das medições [4-6].

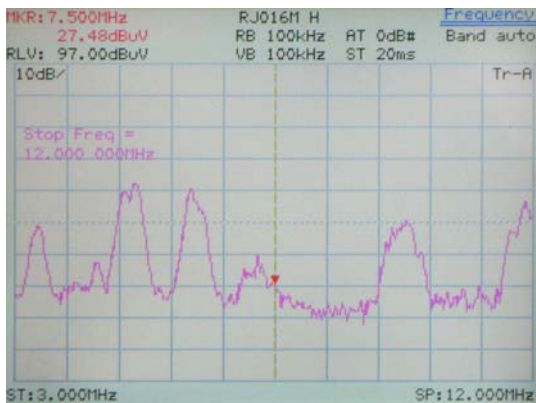


Fig. 4. Espectro de 3 a 12 MHz sem operação do sistema PLC/BPL.

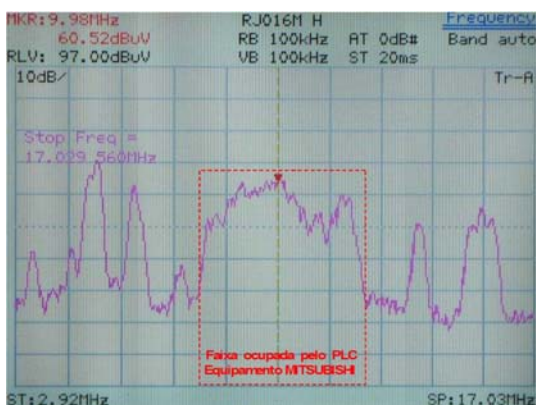


Fig. 5. Espectro de 2,92 a 17,02 MHz com operação do PLC Mitsubishi.

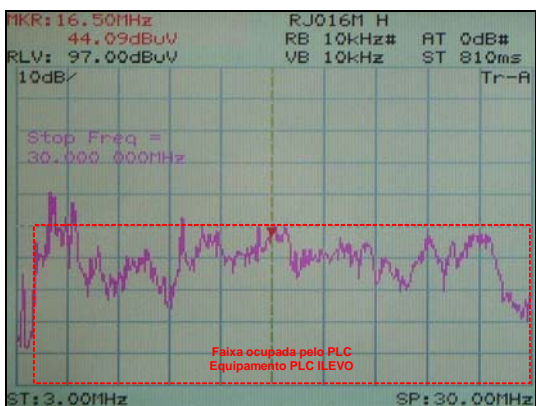


Fig. 6. Espectro de 3 a 30 MHz com PLC Ileva ligado.

Na Fig. 5 pode-se observar que em uma medição na distância de 40 m da rede elétrica, o equipamento PLC/BPL da Mitsubishi irradiou níveis da ordem de  $60 \text{ dB}\mu\text{V}$ , que impediram o estabelecimento do enlace do sistema de comunicações em HF da Aeronáutica. De forma idêntica, na Fig. 6, podemos observar que o sistema PLC/BPL, de banda mais ampla, também irradiou mais de  $40 \text{ dB}\mu\text{V}$  [4-6].

#### 4.2. Ruído no ambiente x ruído PLC em uma rede elétrica complexa e real em operação.

As medições realizadas no bairro de Restinga, zona sul da região metropolitana de Porto Alegre-RS foram efetuadas em

um sistema de distribuição de energia elétrica de média tensão existente no local e em pleno funcionamento, bem como o sistema PLC/BPL do fabricante Mitsubishi que está em operação nominal também no local. Como esta rede de energia tem a carga consideravelmente variável durante todo o dia, antes fechar o enlace e de iniciar as comunicações com o sistema HF da Aeronáutica, eram efetuadas diversas verificações e medições do ambiente eletromagnético, de modo a aprimorar o conhecimento sobre a ocupação do espectro na região do experimento, conforme recomenda a norma K-60 da ITU-T. O objetivo desta medição é avaliar a ocupação do espectro no ambiente com os sistemas PLC desligados, com intuito de avaliar de forma mais correta a real influência do espectro local nos dados obtidos das medições com os sistemas PLC/BPL ativos.

Nestas medições a rede elétrica de média tensão foi dividida em vários pontos de interesse ou conexões, sendo que para a realização das medições foi utilizado como ponto de irradiação o Modem PLC/BPL na Estrada João Antônio Silveira, e as medições se deram através do deslocamento da equipe com as unidades móveis pela Rua Clara Nunes, até um terreno da Prefeitura de Porto Alegre no final da mesma. A Fig. 7 demonstra o mapa do bairro e os pontos de medição com as unidades móveis em diferentes distâncias até 1 km.



Fig. 7. Mapa das distâncias das medições de voz e dados do enlace de rádio na faixa de HF no bairro de Restinga, região metropolitana de Porto Alegre – RS, segundo recomendação K-60 da ITU-T.

As Fig. 8 e 9 apresentam, na faixa de 3 MHz a 30 MHz, a 29 m da linha de média tensão os dados obtidos nesta medição com PLC/BPL desligado e ligado, respectivamente, podendo assim efetuar uma comparação com o ruído ambiente e o ruído da irradiação não intencional. É evidente que a interferência do sistema PLC/BPL nos canais de HF alocados pela Anatel não permite que seja estabelecida a comunicação entre Porto Alegre e Rio de Janeiro no caso, porém sem o conhecimento exato do ruído do ambiente, não é possível quantificar com precisão a real contribuição destes sistemas no espectro eletromagnético local.

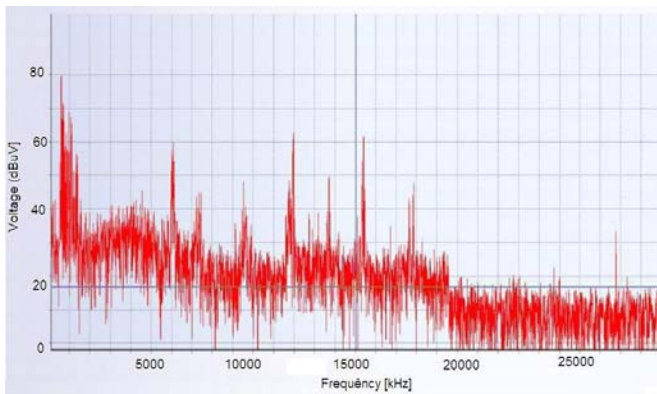


Fig. 8. Espectro de 3 MHz a 30 MHz a 29 m da linha de média tensão com o sistema *PLC/BPL* desligado.

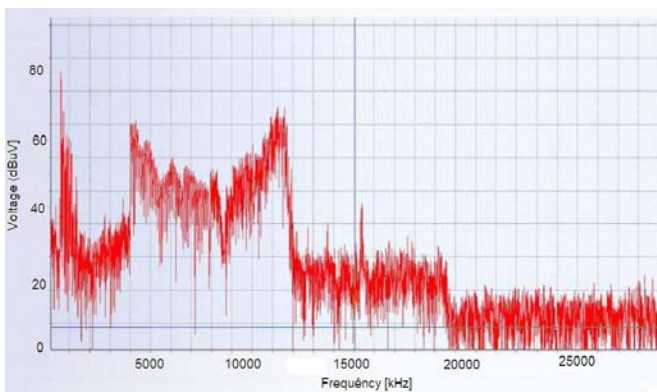


Fig. 9. Espectro de 3 MHz a 30 MHz a 29 m da linha de média tensão com o sistema *PLC/BPL* ligado.

As medições realizadas neste local durante o período de testes não apresentaram resultados satisfatórios em relação aos níveis de sinal irradiado pelo sistema *PLC/BPL* em diferentes distâncias em relação à linha de energia elétrica em que ele se encontra instalado, embora os procedimentos de medição da recomendação K-60 da ITU-T tenham sido seguidos, conforme podemos observar na Fig. 10, que apresenta apenas alguns exemplos de ruídos obtidos com o espectro em diferentes locais e em mesmos locais em horários diferentes. Estas variações aleatórias da intensidade de campo irradiado precisaram ser analisadas em cada caso.

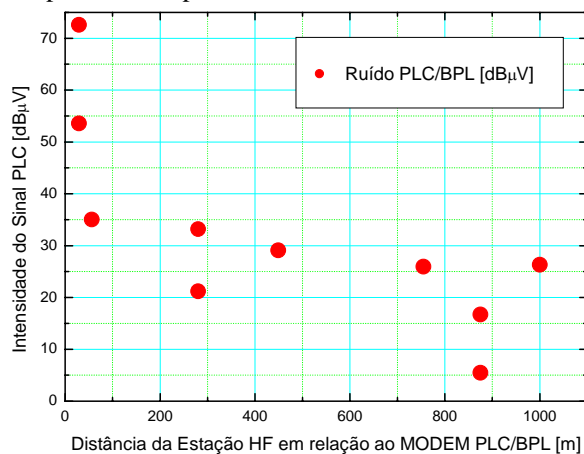


Fig. 10. Exemplo de alguns resultados obtidos na medição de interferência do sistema *PLC/BPL* para diferentes distâncias até 1 km e diferentes horários nos mesmos locais.

#### 4.3. Proposta de revisão da norma para aplicações específicas em sistemas *PLC/BPL*.

Após análise criteriosa dos resultados obtidos durante estes dois experimentos, nós podemos observar, embora estes resultados já tenham sido publicados e não tenham sido apresentados neste relatório, que a recomendação K-60 da ITU-T é adequada para redes de energia que possuem grande estabilidade durante o dia e também são lineares em sua extensão, como no caso de Campinas-SP [4].

Quando passamos a utilizar uma rede de distribuição de energia real, com todas suas sub-redes, circuitos vizinhos, desbalanceamentos e topologias não lineares, as divergências com os procedimentos de testes da recomendação K-60 da ITU-T ficam muito evidentes, como foi o caso dos experimentos realizados em Restinga, região metropolitana de Porto Alegre-RS.

Redes de energia elétrica, de baixa, média ou alta tensão, devem atender as diferentes necessidades de cada sistema de distribuição, onde clientes e a companhia de energia elétrica devem, dentro do que é tecnicamente possível, estar em acordo quanto ao fornecimento e o consumo de energia. Desta forma, em redes elétricas normais, não costumamos encontrar distribuições perfeitas de cargas ou balanceamento automático de usuários de pequeno e grande consumo, assim, cada momento em que usuários entram e saem da rede, ou que utilizam equipamentos de maior carga do que o seu habitual, a rede de energia sente esta variação e os sistemas de transformação e proteção devem absorver os transientes oriundos destas comutações. Durante estes momentos, principalmente a impedância da linha de energia é alterada, acarretando em maiores ou menores dificuldades de propagação e/ou irradiação não intencional dos sistemas *PLC/BPL*.

Transformadores de energia também são fontes em potencial de ruído ambiente e maior irradiação não intencional de espúrios dos sistemas *PLC/BPL*, devidos as suas características construtivas, são máquinas indutivas formadas por inúmeras espiras em *loop* no seu interior, impedindo a passagem do sinal do *PLC* e aumentando a irradiação não intencional. Outra característica importante é a topologia da rede, onde podemos observar que ramificações, derivações, cruzamentos de linhas secundárias, outros circuitos ou fechamento de anéis são grandes problemas para se determinar quantitativamente as interferências oriundas dos sistemas de comunicações *PLC/BPL*.

Desta forma, e através de mais alguns experimentos futuros em linhas de distribuição de energia operacionais com sistemas *PLC/BPL* instalados, estamos propondo um estudo para a modificação dos procedimentos de medição da recomendação K-60 da ITU-T quando esta for utilizada na medição de interferências oriundas dos sistemas *PLC/BPL*, através de um documento de pedido de revisão no âmbito da Comissão Brasileira de Comunicações 10 – CBC 10 (Administração do Espectro e Propagação), para elaboração de uma futura contribuição aos estudos sobre *PLC* na União Internacional de Telecomunicações – ITU sobre este assunto.

Os estudos de sistemas *PLC/BPL* já estão em uma das questões do *Study Group 3 – SG3* da União Internacional de Telecomunicações - UIT, no *Working Party 3L* que trata da Propagação Ionosférica - WP-3L sendo, portanto de interesse da

CBC 10 (Questão UIT-R 230/3 - Métodos de Predição e Modelos Aplicáveis para os Sistemas de Telecomunicações por Meio de Linhas de Energia Elétrica) [4-6].

As modificações de procedimentos propostas são basicamente uma caracterização detalhada e contínua do ruído ambiente da medição durante um período de tempo longo onde possam ser amostrados diversos dias da semana em diferentes horários do dia, sem que o sistema *PLC/BPL* esteja ligado, para a determinação dos locais onde existem muitas fontes irradiantes de ruído da linha e a evolução do ruído da mesma durante os dias; e posteriormente, para a realização dos testes ao longo da linha e se distanciando da mesma, as medições devem seguir o seguinte procedimento:

1 – Desligar o sistema *PLC/BPL* e realizar uma medição do ruído ambiente no local especificado pela recomendação;

2 – Ligar imediatamente após esta medição o sistema *PLC/BPL* e realizar as medições necessárias da interferência em outros sistemas de comunicações HF que utilizam a mesma faixa de frequências;

3 – Desligar imediatamente o sistema *PLC/BPL* e realizar novamente uma nova medição do ruído ambiente, em caso de discrepância com a primeira medição do ruído ambiente, esta medição deverá ser descartada devido a evolução aleatória do ruído da rede durante o experimento, podendo refazer a medição ou optar por trocar de local do teste. Estes procedimentos sendo repetidos para cada medição garantirão uma boa confiabilidade metrológica das medições devido a calibração do ruído de forma independente e local para cada ponto de amostra do sinal.

## V. CONCLUSÕES

Ao utilizarmos o sistema de comunicações em HF da Aeronáutica, foi possível observar de forma muito clara a interferência dos sistemas *PLC/BPL* que utilizam uma faixa de operação de 1 MHz a 30 MHz. Com os equipamentos *PLC/BPL* desligados, a recepção de voz e dados na estação próxima ao sistema sempre apresentava uma qualidade (clareza e intensidade) desejável. O mesmo não ocorria com o início da operação dos equipamentos do sistema *PLC/BPL*.

De acordo com as informações expostas neste trabalho, o sistema *PLC* irradia, de forma não intencional, níveis de energia suficientemente fortes para interferir nos serviços primários de comunicações na faixa de HF. A ocupação do espectro observada em alguns pontos na faixa de 3 a 30 MHz chegou a 60  $dB\mu V$ . Foi efetuada a supressão de portadoras dos sistemas *PLC/BPL* através de filtros *notch*, mas não foi suficiente para solucionar a interferência no canal HF, entretanto, permitiu atenuar a interferência em sistemas estáticos que utilizam canais singelos (com uma única frequência).

Em ambientes com condições controladas, os testes procederam de forma satisfatória e os resultados foram conclusivos, porém, em ambientes sob condições de utilização reais, que foi o foco deste trabalho, os procedimentos de medição das interferências geradas pelos dispositivos *PLC/BPL* não forneceram subsídios suficientes para atender aos objetivos de nossa parte para este trabalho apenas seguindo a recomendação K-60 da ITU-T.

Foi constatada a necessidade de efetuarmos uma medição do ruído ambiente logo antes de cada medição da interferência do

sistema *PLC/BPL* no enlace de HF e outra logo após a realização desta medição, desta forma, garantindo a mínima qualidade metrológica do experimento. Da forma em que as medições foram conduzidas, sem a possibilidade desta comutação rápida do sistema *PLC* antes e depois de cada medição, o procedimento proposto pela K-60 da ITU-T não é válido, conforme demonstrado neste estudo.

Diversas medições em diferentes locais ao longo dos dias demonstraram que necessitamos de um grande cuidado para realizar estas medições em redes urbanas desbalanceadas, onde a irradiação não intencional dos sistemas *PLC/BPL* pode facilmente ser confundida com variações muito rápidas e aleatórias dos ruídos ambientes induzidos pelo próprio sistema de energia elétrica através de suas transientes, ruídos de indução, transformadores e variações de carga e fator de potência, que modificam de forma rápida e desorganizada a impedância da linha como um todo, além de interferências através de induções em outras linhas secundárias aos circuitos elétricos utilizados, assim demonstramos a necessidade de revisão dos procedimentos da recomendação K-60 da ITU-T quando utilizada em sistemas *PLC/BPL*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo a colaboração por meio do empréstimo de equipamentos da estação de HF, em especial ao esforço do Sargento Pablo Pontes Arraes, bem como a Anatel pela parceria e infra-estrutura disponível.

## REFERÊNCIAS

- [1] Colvero, C. P. ; Carneiro, V. R. D. ; Neri, H. F. ; Andrade, R. T. . “Medição de Compatibilidade Eletromagnética de Sistemas PLC”. In: METROSUL - V Congresso Latino Americano de Metrologia, 2007, Curitiba.
- [2] Joon-Myung Kang, et al., “Design and Implementation of Network Management System for Power Line Communication Network”, IEEE international Symposium, 26 – 28 march, 2007, pp. 23-28.
- [3] Oka, N.; Kanda, M.; Konishi, Y.; Nitta, S., “Reduction of Radiated Emission from PLC Systems by Studying Electrical Unbalance of the PLC Device and T-ISN”, IEEE international Symposium, 09 – 13 July, 2007, pp. 1-5.
- [4] Assis, Mauro Soares, et al., Relatório da Comissão Brasileira de Comunicações – 10, “Relatório de Compatibilidade Eletromagnética de Sistemas PLC Sobre Enlaces HF”, julho, 2007.
- [5] Paleta, Rodrigo, Vellano, Victor, Relatório da Comissão Brasileira de Comunicações – 10, “Ensaio de Desempenho e Radio-interferência em Sistemas PLC de Média e de Baixa Tensão”, Setembro, 2007.
- [6] Anatel, Relatório da Comissão Brasileira de Comunicações – 10, “Ensaio de Desempenho e Radio-interferência em Sistemas PLC – Sistemas de Média e de Baixa Tensão”, Dezembro, 2007.
- [7] CICLO SOLAR – “Predição”. Disponível em forma eletrônica na web: <<http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml>>.
- [8] MANCHAS SOLARES, Número de. Disponível em forma eletrônica na web: <<http://www.spaceweather.com/>>.
- [9] ITS HF, Propagation, software. Recomendação UIT-R P.533-8.
- [10] PROPWIZ, software. Recomendação UIT-R P.533-8.
- [11] ILEVO SCHNEIDER ELECTRIC, Power Line Communication, ILV2010 Head End Outdoor.
- [12] CORINEX, Corinex AV200 ALMA Document.