

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE REDES PLC NA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

**Antonio Luiz Pereira de Siqueira CAMPOS (1); Augusto César Fialho WANDERLEY (2);
Maria de Fátima Leão dos SANTOS (1); Rafael Briani BIONDI (2)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Unidade de Ensino Descentralizada da Zona Norte de Natal, Departamento Acadêmico de Tecnologia da Informação e Indústria, Rua Brusque, S/N – Conjunto Santa Catarina – Potengi – CEP 59112-490 – Natal-RN – Brasil, Fone/Fax: (84)4005-2600, E-mail: antonioluiz@cefetrn.br e fatileao@click21.com.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial, Av. Sen. Salgado Filho, 1559 – CEP 59015-000 – Tirol – Natal-RN – Brasil, Fone/Fax: (84)4005-2635, E-mail: augusto@cefetrn.br e rafa_alr@yahoo.com.br

RESUMO

Trabalhos recentes têm estudado características do meio elétrico para a transmissão de dados, ruídos e técnicas empregadas na comunicação pela rede elétrica. A maioria dos trabalhos que aborda o *HomePlug* limita-se a fazer testes de desempenho do protocolo. Dentre esses trabalhos, alguns fazem testes comparativos entre a subcamada de controle de acesso ao meio (MAC) do *HomePlug* com a do IEEE 802.11. Lin (2003) apresentou os padrões, dando ênfase ao *HomePlug*, e comparando-os em termos de vazão e conectividade da rede com o aumento das distâncias dos enlaces em um ambiente doméstico. Lee (2002) fez a mesma análise em outro cenário doméstico. Ambos apontam melhor desempenho do *HomePlug*, principalmente para ambientes mais ruidosos. Diversos pesquisadores têm se preocupado com a influência das transmissões de dados na rede elétrica sobre as comunicações sem fio, mas ninguém tem se preocupado com a influência dessas transmissões na qualidade da energia elétrica. Neste trabalho, pretende-se avançar os estudos desenvolvidos sobre a tecnologia PLC, elaborando-se uma metodologia de análise do efeito produzido por redes de computadores que utilizem essa tecnologia, na qualidade da energia elétrica. Para isso, serão escolhidos os parâmetros apropriados para análise da qualidade da energia elétrica, bem como serão definidas as formas de se obter esses parâmetros. Será implementada uma rede de computadores, com modem's PLC, no CEFET-RN e serão realizados testes iniciais para medição da qualidade de energia elétrica.

Palavras-chave: Qualidade da energia elétrica, Homeplug 1.0, Redes PLC.

1. INTRODUÇÃO

Uma demanda crescente por conectividade em ambientes domésticos vem surgindo devido à necessidade de compartilhar recursos e acesso à Internet em banda larga. Assim, o paradigma de redes domiciliares foi criado privilegiando características importantes como a onipresença de pontos de acesso à rede na residência (CAMPISTA, 2004). O grande mercado para os próximos anos em redes domiciliares é a interconexão, em rede e com qualidade de serviço, de equipamentos de áudio e vídeo. O custo é fator primordial em redes domiciliares e, conseqüentemente, a realização de obras civis para instalação de novos cabos pode ser decisiva na escolha da tecnologia a ser adotada.

Assiste-se hoje a uma grande oferta de produtos de diferentes tecnologias que implementam redes locais no lar e compartilham o acesso à Internet de alta velocidade. As tecnologias de redes que são usadas no domicílio são classificadas em *com fio*, *sem fio* e *sem novos fios* (LIN, 2003). Nos últimos anos, a solução sem novos fios recebeu uma atenção especial.

As redes domiciliares através da rede elétrica (Redes PLC – *Power Line Communication*) são uma alternativa de acesso que têm a grande vantagem de não precisarem de novos cabos para a comunicação. Redes domiciliares é a interconexão de dispositivos domésticos restritos a uma área residencial, limitada a 300 m. Prevêem-se aplicações de controle e monitoramento de eletrodomésticos, interconexão de computadores, aparelhagem de som e vídeo, telefonia (voz sobre IP) e compartilhamento de acesso a Internet em banda larga. Hoje o mercado está voltado para as aplicações de interconexão de computadores e acesso à Internet, enquanto para um futuro próximo espera-se poder atender a aplicações de vídeo.

A idéia de usar a fiação elétrica como meio de comunicação não é nova. Já em 1838, surgiu o primeiro medidor de consumo remoto. A fiação elétrica é um meio bastante hostil para comunicações de dados, e estas aplicações pioneiras somente foram possíveis por requerem baixas taxas de transmissão. Recentemente, surgiram as primeiras propostas de se utilizar complexas técnicas de modulação e correção de erros para permitir o aumento da taxa de transmissão. Isto possibilitou a interconexão de computadores e o compartilhamento de acesso a Internet usando a fiação elétrica, com isto, surgiu o Padrão *HomePlug*.

O padrão *HomePlug* (LEE, 2002) está em sua primeira versão e foi desenvolvido pela *HomePlug Powerline Alliance*. Este padrão define o método de acesso ao meio e especificações da camada física. Sua principal preocupação é a robustez da transmissão de dados para compensar as adversidades do canal. Segundo Pavlidou o meio elétrico tende a ser pior que o meio sem fio em termos de atenuação e ruído (PAVLIDOU, 2003).

Os principais fatores que dificultam a propagação de sinal são: a atenuação, o ruído e a distorção. Para resolver estes problemas o padrão *HomePlug* usa técnicas avançadas de modulação como o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) e controle de acesso ao meio por CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). O controle de acesso ao meio por CSMA/CA é geralmente utilizado, pois devido à atenuação, não é possível garantir a detecção de colisão (BINGHAM, 2003).

Outra questão fundamental para esse tipo de rede é a segurança, pois a rede elétrica de uma casa também é compartilhada por outras que estejam ligadas no mesmo transformador. Dessa forma, em uma casa é possível receber o tráfego de dados de outra. Para garantir a segurança, é feita uma rede virtual em cada casa, apesar delas participarem de uma mesma rede física.

Trabalhos recentes (PAVLIDOU, 2003) e (BIGLIERI, 2003) estudaram características do meio elétrico para a transmissão de dados, ruídos e técnicas empregadas na comunicação pela rede elétrica. A maioria dos trabalhos que aborda o *HomePlug* limita-se a fazer testes de desempenho do protocolo. Dentre esses trabalhos, alguns fazem testes comparativos entre a subcamada de controle de acesso ao meio (MAC) do *HomePlug* com a do IEEE 802.11. Lin apresentou os padrões, dando ênfase ao *HomePlug*, e comparando-os em termos de vazão e conectividade da rede com o aumento das distâncias dos enlaces em um ambiente doméstico (LIN, 2003). Lee fez a mesma análise em outro cenário doméstico (LEE, 2002). Ambos apontam melhor desempenho do *HomePlug*, principalmente para ambientes mais ruidosos.

Este trabalho objetiva o efeito produzido por redes PLC na qualidade da energia elétrica. Para isso, será desenvolvida uma metodologia de análise de parâmetros de medição de qualidade da energia elétrica, avançando-se nos estudos desenvolvidos sobre a tecnologia PLC, analisando-se o efeito produzido por redes de computadores que utilizem essa tecnologia, na qualidade da energia elétrica. A partir da definição da metodologia de análise será possível estudar o efeito produzido pelas transmissões de dados de redes PLC na qualidade da energia elétrica.

2. ESTADO DA ARTE

Diversas experiências já foram realizadas no Brasil, no sentido de se avaliar as potencialidades da tecnologia PLC para transmissão de voz e dados pela rede elétrica. As concessionárias ELETROPAULO (São Paulo, SP), CELG (Goiânia, GO), CEMIG (Belo Horizonte, MG), COPEL (Curitiba, PR) e LIGHT (Rio de Janeiro, RJ), fizeram experiências piloto, todas com sucesso (VIDAL, 2006).

Em 2004 a FITec Inovações Tecnológicas, em conjunto com a CELG, ELETROPAULO e APTEL (Associação de Empresas Proprietárias de Infra-estrutura e Sistemas Privados de Telecomunicações), também desenvolveu várias experiências com sucesso, incluindo serviços de acesso à Internet e transmissão de dados e vídeo (FITEC, 2006).

A experiência mais recente, ainda em operação, denominada Projeto Barreirinhas, consistiu na implantação de uma “Ilha Digital” na pequena localidade de Barreirinhas (MA), interligando escolas, prefeitura, postos de saúde e centro de artesanato à Internet, utilizando a rede elétrica como *backbone*, através da tecnologia PLC (FORUMPLC, 2006). A Figura 1 ilustra o projeto da cidade de Barreirinhas.

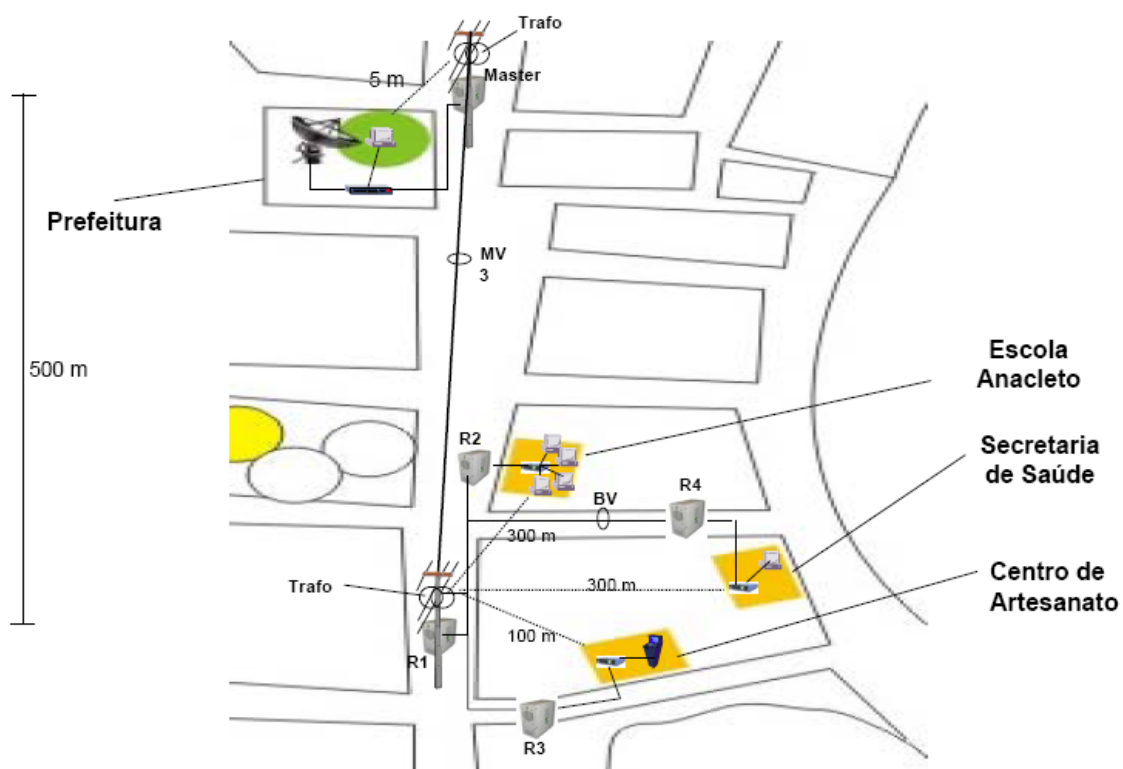


Figura 1 – Esquema do projeto Barreirinhas

A FITec, juntamente com a APTEL, tem trabalhado intensamente, objetivando criar esta oportunidade para o país. Recentemente coordenou proposta de parceria com a Comunidade Européia, colocando o Brasil como o único país fora da Comunidade Européia para integrar o projeto OPERA (*Open PLC European Research Alliance*), projeto no âmbito do programa *Broadband for all*, das Tecnologias para a Sociedade de Informação (IST) das atividades de pesquisa da Comunidade Européia (FITEC, 2006).

Os fatos acima, o grande número de atividades e experiências em andamento em todo o mundo, inclusive no Brasil, com a tecnologia PLC, os resultados já obtidos com esta tecnologia, as potencialidades da rede PLC para novos serviços permitem a inclusão da tecnologia PLC dentre aquelas com mais amplas possibilidades de revolucionar as comunicações e a inclusão digital brasileira, em futuro muito próximo, a conferir.

3. O PADRÃO HOMEPLUG 1.0

A tecnologia PLC começou a ser utilizada na década de 1920 para transmissão de voz (modulação AM) em redes de alta tensão. Mais tarde começou a ser utilizada em aplicações de telemetria e controle. Apenas na década de 1990 foi criado o primeiro protótipo de um modem que trabalhava com uma taxa modesta de 60

bps e transmitia a uma distância máxima de 1 km. Dentre as principais melhorias do protótipo estão a capacidade de transmissão bidirecional, a utilização de frequências mais elevadas e menores níveis de potência do sinal transmitido.

Até pouco tempo atrás não havia nenhum padrão para essa tecnologia, o que significa que cada empresa desenvolvia sua própria tecnologia PLC. A iniciativa de criar uma tecnologia unificada teve início com a criação do grupo HomePlug Alliance, formado por algumas das maiores empresas de tecnologia do mundo como LG, Motorola, Linksys, Intel, Samsung, Sharp, Texas Instruments, etc.

Desta união foi criado o padrão HomePlug 1.0, para distribuição de internet residencial, HomePlug AV destinado para transmissões de dados, áudio e vídeo (HDTV) “in-home” e HomePlug BPL, que é responsável pelo acesso à internet diretamente pela concessionária de energia. Neste trabalho, será apresentado o padrão Homeplug 1.0.

O padrão Homeplug 1.0 foi o primeiro padrão PLC desenvolvido pela HomePlug Alliance, um consórcio criado em 2000 composto de empresas de grande participação no mercado internacional de tecnologia como Linksys, Intel, LG, Samsung, Motorola, etc com o objetivo de criar um padrão para a tecnologia PLC. Esse protocolo foi concebido para distribuir internet em um ambiente residencial. Na verdade ele veio para tentar suprir um “vácuo” entre as tecnologias “com fio” e “sem fio”.

No desenvolvimento de parte de uma rede em que não é possível a passagem de cabos comuns e o sinal *Wireless* não é captado com qualidade, dispositivos HomePlug 1.0 oferecem uma solução de qualidade. Utilizando a fiação elétrica já existente no local (sem novos fios) esse padrão é capaz de alcançar uma taxa nominal de 13,78 Mbps na sua camada física (?).

Para conseguir essas taxas o padrão utiliza multiplexação OFDM com as modulações derivadas do PSK (*Phase Shift Keying*): DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) e DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*). Enquanto que a modulação DBPSK consegue transmitir 1 bit por símbolo por portadora, o DQPSK consegue modular 2 bits por símbolo por portadora.

O acesso ao meio é feito através de uma versão aprimorada do CSMA/CA, na qual um registrador chamado DC (Deferal Counter) é implementado para impedir que pacotes de menor prioridade fiquem esperando serem transmitidos por muito tempo.

Para detecção e correção de erros o protocolo HomePlug 1.0 utiliza como FEC (*Forward Error Correction*) o Código Convolutacional concatenado com Reed-Solomon que, embora consiga garantir qualidade no recebimento da informação, reduz a taxa efetiva de dados.

Na camada física o Homeplug 1.0 utiliza 128 subportadoras igualmente espaçadas ocupando a faixa de 0 a 25 MHz. Destas, apenas 84 são escolhidas depois de uma análise periódica do meio. Além disso, 8 subportadoras não são utilizadas devido à interferência de algumas delas nas transmissões de rádio amador, restando ao final 76 subportadoras. Na camada MAC o protocolo utiliza 2 bits para implementar 4 níveis de prioridade. Assim, cada nível de prioridade do padrão HomePlug 1.0 encapsula dois níveis de prioridade do padrão 802.1Q(VLAN).

Em uma situação em que o meio apresente grandes dificuldades para transmitir o sinal, o equipamento entra em um modo de operação especial chamado ROBO (ROBust OFDM). Em modo ROBO o sinal passa a ser transmitido com maior redundância, o que causa uma queda significativa na taxa de transmissão. Para garantir essa robustez o protocolo passa a modular o sinal apenas em DBPSK, que apresenta menor sensibilidade ao ruído do que o DQPSK. Além disso, cada bit passa a ser repetido 4 vezes. Somando-se a isso a taxa de codificação passa a ser de 50%, isto quer dizer, os dados de redundância serão responsáveis por metade dos dados enviados. Todas essas alterações no protocolo, para garantir o recebimento dos dados, reduzem a taxa de transmissão para, aproximadamente, 0,9 Mbps.

Outro ponto a favor do HomePlug 1.0 é o fato de não interferir com o sinal de outros protocolos de transmissão PLC como o X-10 e LonWorks.

Como foi dito anteriormente, segundo o padrão HomePlug 1.0, a taxa de transmissão na camada física é de 13,78 Mbps. A Tabela 1 mostra a taxa de transmissão nas principais camadas:

Tabela 1 – Taxa de transmissão nas principais camadas do homeplug 1.0

Camada	Vazão
--------	-------

Física	13,78 Mbps
Enlace	8,2 Mbps
Transporte	6,2 Mbps

Outro ponto importante sobre esse protocolo diz respeito ao tipo de criptografia utilizado. A criptografia utilizada no HomePlug 1.0 é a DES (*Data Encryption Standard*) de 56 bits. Essa criptografia foi criada pela IBM e implantada pelos EUA, em 1977, para criptografia padrão de informações não-confidenciais e é considerada, por muitos autores, como sendo uma criptografia não segura.

4. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

A definição de qualidade da energia elétrica pode ser vista de diferentes aspectos. A concessionária de energia elétrica se preocupa com a confiabilidade do sistema elétrico. Para o consumidor residencial a definição diz respeito à continuidade no fornecimento de energia elétrica. Para os processos industriais a falta de energia elétrica ou mesmo a oscilação nos parâmetros elétricos podem ser suficientes para causar grandes prejuízos financeiros.

Portanto, qualidade da energia elétrica é definida como qualquer problema na energia manifestado por desvios na tensão, corrente ou frequência, que resultam na falha ou operação inadequada de equipamentos do usuário (DUGAN,1996).

A qualidade da energia elétrica aborda fenômenos eletromagnéticos que são divididos nas seguintes categorias: transitórios, variações de curta-duração e de longa-duração, desbalanceamento de tensão, distorções na forma de onda, flutuações de tensão e variações na frequência.

Estas categorias por sua vez abrangem várias espécies de fenômenos que classificam e descrevem claramente os distúrbios eletromagnéticos que causam problemas de qualidade da energia elétrica.

Os fenômenos comumente encontrados nas instalações elétricas referentes à qualidade da energia elétrica são apresentados na Tabela 2, juntamente com suas características:

Tabela 2 – Características dos fenômenos de qualidade da energia elétrica

Fenômeno	Duração típica	Amplitude da tensão
Harmônicas	Regime	0 – 20%
Interharmônicas	Regime	0 – 2%
Afundamento de tensão (<i>sag</i>)	0,5 ciclo – 1 minuto	0,1 – 0,9 pu
Elevação de tensão (<i>swell</i>)	0,5 ciclo – 1 minuto	1,1 – 1,8 pu
Subtensão	Maior do que 1 minuto	0,8 – 0,9 pu
Sobretensão	Maior do que 1 minuto	1,1 – 1,2 pu
Interrupção	0,5 ciclo – 1 minuto	Menor do que 0,1 pu
Flutuações de tensão	Intermitente	0,1 – 7%

5. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

O monitoramento da qualidade da energia elétrica deve ser realizado com o objetivo de caracterizar as variações na rede elétrica. Este monitoramento deve atender as seguintes atividades:

- conhecimento das instalações elétricas;
- escolha do(s) local(is) de instalação dos equipamentos de medição;
- duração e quantidade das medições;

- análise dos resultados das medições e
- aplicação de soluções corretivas.

O conhecimento das instalações elétricas abrange o estudo dos diagramas unifilares e trifilares e a inspeção dos vários sistemas e tipos de cargas elétricas. A elaboração de um histórico dos distúrbios observados ajuda no planejamento das ações.

O(s) local(is) de instalação dos equipamentos de medição permite determinar a abrangência do(s) problema(s), ou seja, até onde os seus efeitos são detectados. O primeiro local deve ser o quadro geral. Se apenas um equipamento é atingido seu circuito de alimentação deve ser analisado.

O tempo de monitoração também é um fator importante, pois a duração dos fenômenos, conforme a Tabela 2, é bastante diversificada. Aldabó (2001) afirma que para observar um problema devemos monitorar a tensão; para determinar a causa devemos monitorar a tensão e a corrente.

Os dados monitorados devem ser constantemente revisados e uma correlação entre estes e os sintomas apresentados pela instalação deve ser procurada.

Devido a grande variedade de distúrbios relacionados à qualidade da energia elétrica, também é grande a quantidade de soluções adotadas para a sua correção. Dentre estas soluções podemos citar: equilíbrio das cargas elétricas, instalação de reguladores de tensão, supressores de surto, filtros, sistema de fornecimento ininterrupto de energia (UPS) etc.

6. METODOLOGIA APLICADA NAS MEDIÇÕES

Com o objetivo de analisar os efeitos produzidos por uma rede de computadores utilizando tecnologia PLC, na qualidade da energia elétrica do CEFET-RN, a metodologia adotada prevê várias medições dos parâmetros elétricos envolvidos.

Estas medições devem ser realizadas com os computadores com e sem modem's PLC conectados a eles. Os locais escolhidos para as medições, são:

- Quadro Terminal de Luz (QTL) do qual se origina o circuito elétrico de alimentação dos computadores;
- Quadro de Distribuição Geral (QDG) do laboratório de eletromecânica, o qual alimenta o QTL;
- Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) da subestação 2, o qual alimenta o QDG ELETROMECAÂNICA.

Fazendo as medições nestes quadros elétricos poderemos constatar até onde os possíveis distúrbios originados pelo uso da tecnologia PLC se propagam.

Um diagrama unifilar simplificado das instalações elétricas envolvidas no roteiro acima pode ser visto na Figura 2.

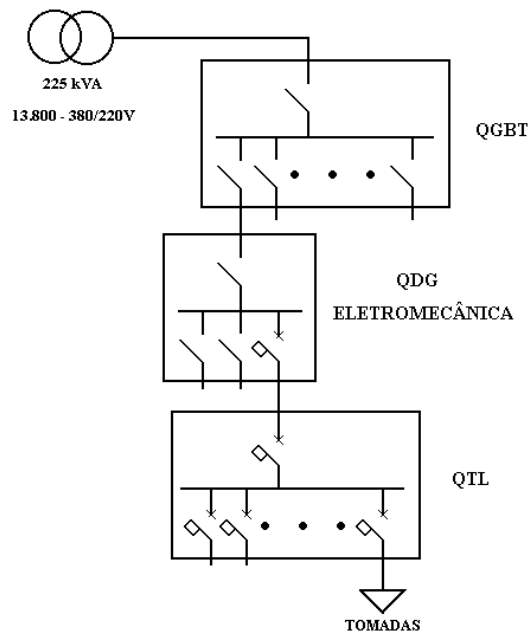


Figura 2 – Diagrama unifilar das instalações elétricas envolvidas nas medições

O equipamento que será utilizado para realizar as medições será um analisador de energia elétrica, modelo 808, distribuído pela HOMIS. Este equipamento, além de medir as grandezas elétricas usuais (tensão, corrente, potência e energia), permite a medição de harmônicas, afundamento e elevação de tensão e transitórios. Através de um *software* fornecido com o equipamento pode-se visualizar em um computador todas as grandezas medidas pelo instrumento.

O diagrama da Figura 3 ilustra como serão efetuadas as medições no QTL, no circuito que alimenta os equipamentos.

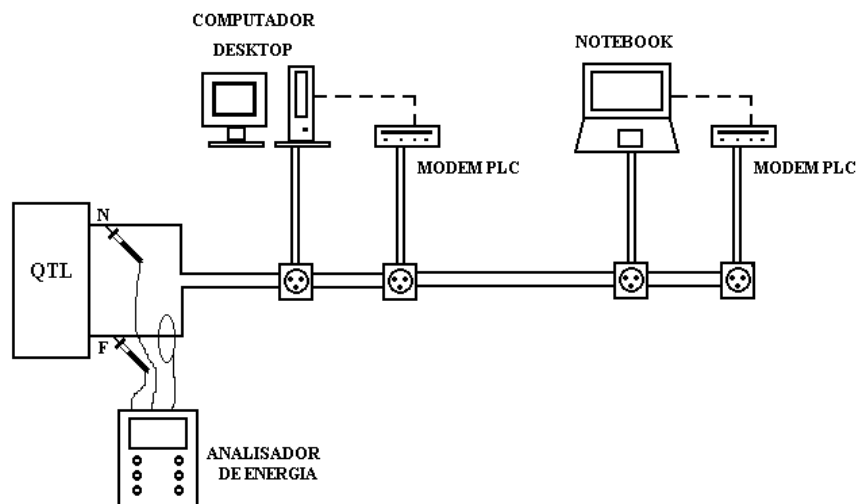


Figura 3 – Diagrama para medição no QTL

Medições serão realizadas nos quadros elétricos indicados na Figura 2, visando detectar possíveis distúrbios causados apenas por um computador e também quando os dois computadores estiverem ligados. Após estas medições, os modem's serão conectados aos seus computadores e novas medições serão realizadas. A seguir, serão enviados entre os dois computadores arquivos de dados e novas medições serão feitas. Em todas as medições os dados serão armazenados no analisador de energia e somente depois serão analisados com o auxílio do *software*.

Os resultados obtidos com estas medições podem sugerir a necessidade de fazê-las em outros pontos da instalação elétrica.

A Figura 4 mostra o diagrama de ligação do analisador de energia em quadros trifásicos, como o QDG ELETROMECAÂNICA e o QGBT.

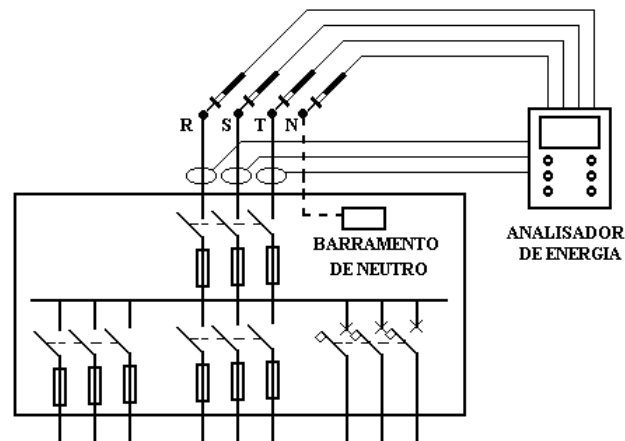


Figura 4 – Diagrama para medição em um quadro trifásico

7. CONCLUSÕES

O trabalho propõe uma metodologia para medição dos parâmetros relacionados à qualidade da energia elétrica quando a tecnologia PLC está sendo utilizada. Os fenômenos comumente encontrados nas instalações elétricas referentes à qualidade da energia elétrica foram apresentados e as atividades necessárias ao seu monitoramento foram descritas.

Também foram apresentados os locais para a realização das medições nas instalações elétricas do CEFET-RN com o intuito de rastrear a abrangência dos possíveis distúrbios originados.

REFERÊNCIAS

- ALDABÓ, R. **Qualidade na energia elétrica**. São Paulo: Artliber, 2001.
- BAIG, S.; GOHAR, N. **A Discrete Multitone Transceiver at the Heart of the PHY Layer of an In-Home Power Line Communication Local Area Network**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 48-53.
- BIGLIERI, E. **Coding and Modulation for a Horrible Channel**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 92-98.
- BINGHAM, J.A.C. **Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come**. IEEE Communications Magazine, Vol. 28, no. 5, 1990, pg. 5 –14.
- CAMPISTA, M. E. M., Uma Análise da Capacidade de Transmissão na Rede de Energia Elétrica Domiciliar. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES – SBRt 2004, 2004, Belém.
- CANETE, F. et. al. **Modeling and Evaluation of the Indoor Power Line Transmission Medium**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 41-47.
- DAI, H.; POOR, V. **Advanced Signal Processing for Power Line Communications**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 100-107.
- DOSTERT, K. M. **Frequency-hopping spread-spectrum modulation for digital communications over electrical power lines**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol 9, no 3, pp 700 – 710, 1990.
- DUGAN, R. C.; McGRANAGHAN, M. F.; BEATY, H. W. **Electrical power systems quality**. New York: McGraw-Hill, 1996.
- FERREIRA, H. C. et al. **Power line communications: an overview**. IEEE Africon 4th Africon Conference, África, vol. 2, no. 4, pp. 558 – 563, 1996.
- GEBHARDT, M. et. al. **Physical and Regulatory Constraints for Communication on the Power Supply Grid**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 84-90.
- HOMIS. Manual do usuário do analisador de energia elétrica modelo 808.

- HUANG, H. et al. **Development of an intelligent energy management network for building automation**. IEEE Transactions On Automation Science And Engineering, vol. 1, no. 1, pp 14 – 25, 2004.
- HWANG, J. K. **Innovative communication design lab based on PC sound card and Matlab: A software-defined-radio OFDM modem example**. Proceedings of the ICASSP, 2003, Vol 3, 2003, pg. 761-764.
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE Std. 519**: IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems. New York, 1992.
- _____. **IEEE Std. 1159**: IEEE recommended practice for monitoring electric power quality. New York, 1995.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61004-4-30**: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods. 2003.
- KELLY, G. **Home Automation: Past, Present & Future**. Electronics Australia, , 1997.
- LEE, M. K. et. al. **HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs –Protocol Description and Performance Results version 5.4**. International Journal of Communication Systems, 2002, pp. 1 – 25.
- LIN, Y. J., LATCHMAN, H. A. e NEWMAN, R. E. **A Comparative Performance Study of Wireless and Power Line Networks**. IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 4, 2003, pp. 54.63.
- MONTICELLI, D.M. e WRIGHT, M.E. **A Carrier Current Transceiver IC for Data Transmission Over the AC Power Lines**. IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol SC-17, No.6, 1982.
- ONUNGA, J. e DONALDSON, R. W. **Distribution line communications using CSMA access control with priority acknowledgments**. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, no. 2, 1989, pp 878 – 881.
- PAVLIDOU, N. et. al. **Power Line Communications: State of the Art and Future Trends**. IEEE Communications Magazine, 2003, pg. 34-40.
- ZHENDAO, W. e GIANNAKIS, G.B. **Wireless multicarrier communications**. IEEE Signal Processing Magazine , Vol. 17, no. 3 , 2000, pg. 29 -48.