

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA NO *CAMPUS* DA UNICAMP EM BARÃO GERALDO

TIAGO R. RICCIARDI<sup>1\*</sup>, MURILO O. DE MORAES<sup>1</sup>, FELIPE L. MICHELUTTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Curso de Graduação - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação / UNICAMP

E-mail do autor correspondente: tricciardi@gmail.com

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo apresentar uma análise da qualidade da energia elétrica consumida no *campus* de Barão Geraldo da Unicamp e suas implicações sobre o ambiente de trabalho na Universidade. As análises foram baseadas nos resultados de medições experimentais em campo e em entrevistas com profissionais da Universidade que lidam com o assunto. Com base nessa análise serão identificados problemas que afetam e também potenciais problemas que podem afetar o cotidiano da comunidade acadêmica decorrentes de uma eventual baixa qualidade da energia elétrica consumida.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia elétrica, poluição eletromagnética, interferência eletromagnética, qualidade em serviço de utilidade pública.

### INTRODUÇÃO

A Qualidade da Energia Elétrica (QEE) é um assunto que vem despertando a atenção de fornecedores e de consumidores de eletricidade (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Tal preocupação decorre em partes da obrigatoriedade da observação de normas e legislações que regem o mercado de energia elétrica. Além disso, devemos levar em conta que a eletricidade atingiu o *status* de bem comum e essencial para o funcionamento da

nossa sociedade, em todas as áreas. Energia Elétrica é um insumo básico da indústria, seu consumo é um ótimo indicador da atividade econômica de uma nação, sem contar que está fortemente relacionada com o conforto e a segurança das populações. Devemos, por tais razões, tratar desse recurso tão essencial de modo que todas as atividades humanas possam fazer uso desta sem criar interferência com outras atividades. Guardadas as devidas proporções, o complexo sistema que transporta

energia desde as usinas geradoras das mais diversas fontes até as tomadas e lâmpadas de nossas casas e cidades pode ser visto como a atmosfera, o solo ou nossos recursos hídricos. Todos nos fornecem insumos vitais para a manutenção da nossa existência individual e em sociedade (ar, água, alimentos, energia). É um bem comum no qual todos compartilhamos os mesmos recursos - e por isso somos todos responsáveis pela sua qualidade. Assim como o ar, a água e o solo, a energia elétrica que utilizamos também pode ser “poluída” e apresenta qualidade. A baixa qualidade da energia fornecida a equipamentos elétricos pode resultar em mau funcionamento dos equipamentos, em desgastes e prejuízos materiais, em aumento nas perdas energéticas, em aumento no consumo e até resultar em perturbações físicas e fisiológicas em usuários, levando ao comprometimento da capacidade produtiva tanto das máquinas quanto das pessoas. A baixa qualidade pode ser decorrente de problemas em partes do sistema supridor como também pode ser decorrente de problemas na forma como alguns equipamentos utilizam a eletricidade. Neste trabalho analisaremos através de levantamentos experimentais, bem como de relatos e entrevistas, a qualidade da energia elétrica no *campus* de Barão Geraldo da Unicamp, apresentando respostas para a pergunta: A energia elétrica consumida no campus é de boa qualidade ou não? Como a falta de qualidade

na energia do *campus* pode afetar a vida da comunidade acadêmica?

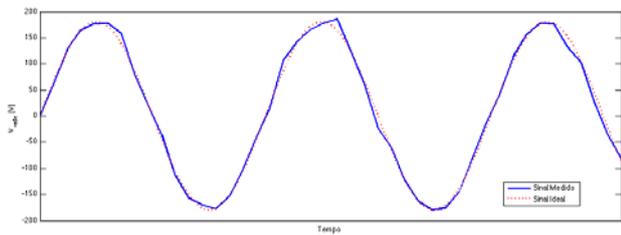
## MATERIAL E MÉTODOS

Identificamos dois pontos do *campus* para elaborarmos nossas análises, a Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) e o Hospital das Clínicas (HC). A FEEC foi escolhida por ser um local onde teríamos mais facilidade para realizar coleta de alguns dados e por se tratar de uma típica unidade acadêmica do campus, onde algumas cargas (equipamentos elétricos) potencialmente perturbadoras estão instaladas nos seus mais diversos laboratórios de ensino e pesquisas. O HC foi escolhido, além de sua importância estratégica e social, por se tratar de um local onde existem muitos equipamentos médico-hospitalares eletro-eletrônicos importantes para o funcionamento da unidade e que podem sofrer problemas de funcionamento quando sujeitos à alimentação elétrica de baixa qualidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Se pudéssemos ver a forma como a eletricidade está presente em nossas tomadas, veríamos uma forma senoidal. Essa é a que apresenta as melhores propriedades para ser produzida, transportada e consumida. Todavia, diversos equipamentos que utilizamos em casa, no trabalho, na indústria consomem energia

elétrica de um formato diferente deste que é indubitavelmente o mais adequado. É aí que surge a “poluição” da energia, pois estes equipamentos “sujam” a eletricidade alterando o formato que deveríamos ter em nossas tomadas. Na Figura 1 a seguir podemos “visualizar” um formato da tensão elétrica medido com um Osciloscópio Digital Tektronix em uma tomada de um laboratório de ensino da FEEC.



**Figura 1.** Oscilograma da tensão elétrica em uma tomada monofásica de 127 V medido em um laboratório de ensino da FEEC.

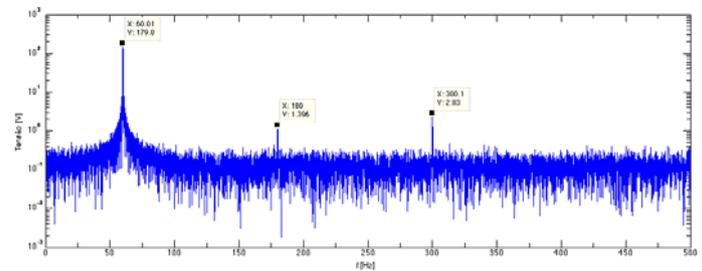
Podemos reparar que o traço obtido pelas medidas (azul) é um pouco “deformado” em relação ao traço em pontilhado em vermelho, que representa uma eletricidade “pura”.

Um método largamente aceito pela literatura (DECKMAN & POMILIO, 2008) para se quantificar a distorção da forma de onda da tensão elétrica é aquele baseado no cálculo da DHT - Distorção Harmônica Total. A DHT é uma porcentagem que indica o quanto um sinal elétrico é mais ou menos parecido com uma senoide. Na Figura 2 a

seguir apresentamos o espectro de amplitude em frequência do sinal medido no traço azul da Figura 1. Com base nos valores das componentes harmônicas deste sinal podemos calcular o DHT pela seguinte equação:

$$DHT = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left( \frac{V_h}{V_1} \right)^2}$$

onde  $V_h$  é a componente harmônica de  $h$ -ésima ordem do sinal de tensão e  $V_1$  é a componente fundamental.

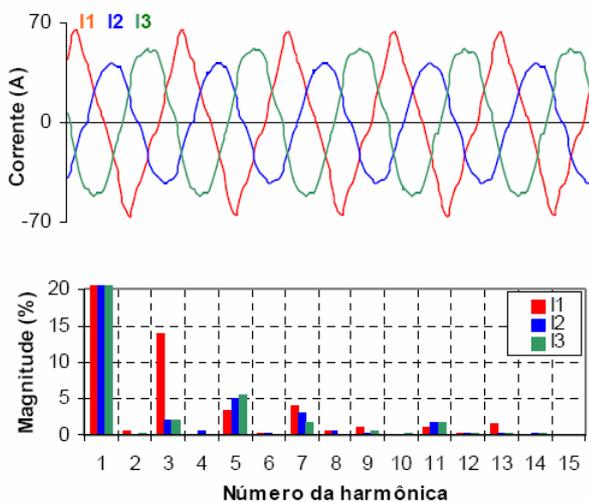


**Figura 2.** Espectro de amplitude em frequência para o sinal de tensão elétrica medido na Figura 1.

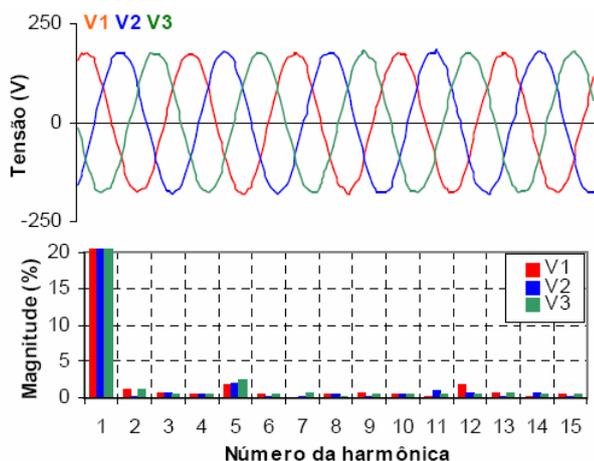
O valor obtido para a DHT foi de 1,76 %. Podemos considerar que é um valor aceitável, pois a principal norma internacional sobre o tema (IEEE Std. 519) dispõe que são aceitáveis níveis de até 5% de DHT da tensão para o nível de tensão de uma tomada. Todavia, esse valor depende essencialmente do tipo e da quantidade de equipamentos que estavam ligados na instalação elétrica no momento em que realizamos as medidas.

Durante a elaboração deste artigo, descobrimos que um trabalho sobre conservação da energia elétrica que estava sendo desenvolvido na FEEC realizava

medições com um equipamento muito mais sofisticado num transformador que alimenta os prédios de salas de aula e laboratórios de ensino da FEEC. Com ajuda da equipe envolvida pudemos coletar alguns dados que serviriam para nossas análises em uma base de tempo maior. Os resultados das medidas são compilados nas Figuras 3 e 4 a seguir.



**Figura 3.** Medidas trifásicas de corrente elétrica na saída do transformador.



**Figura 4.** Medidas trifásicas de tensão elétrica na saída do transformador.

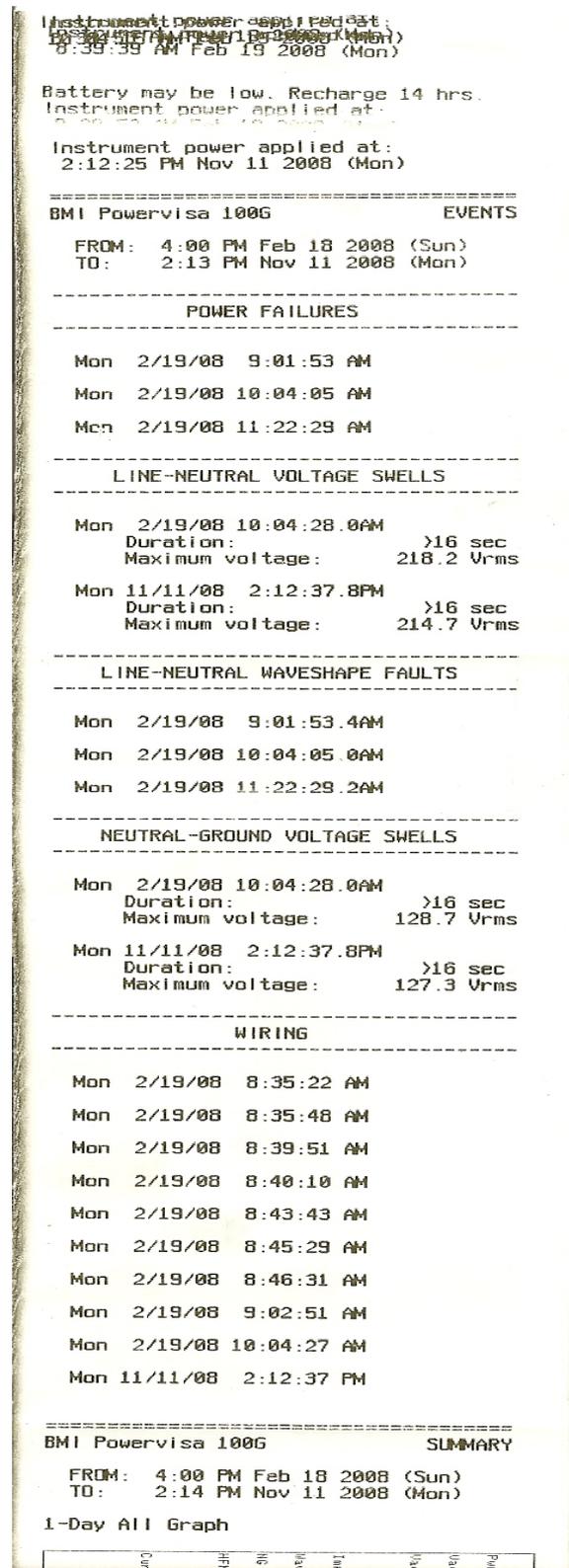
Para que a tensão elétrica na tomada seja senoidal, é necessário que a corrente elétrica drenada pelo equipamento (ou no caso, pela instalação com todo um conjunto de equipamentos) também seja senoidal. Na Figura 3 fica claro o problema, pois o conjunto de equipamentos instalados nos prédios consome corrente elétrica de forma bastante distorcida e não senoidal. As lâmpadas fluorescentes bem como os computadores e demais equipamentos eletrônicos que formam a enorme parte dos equipamentos utilizados no prédio são os responsáveis por isso, pois são equipamentos que consomem eletricidade de uma forma não saudável para o funcionamento da rede. Os problemas de QEE identificados na FEEC podem ser de pequena importância e ter pouco impacto sobre as atividades desenvolvidas na unidade. Um lugar no *campus*, porém, merece atenção devido à atividade fim que desenvolve e à alta dependência de energia elétrica: o Hospital das Clínicas da Unicamp (ZEVZIKOVAS, 2004).

Para analisar a questão do HC, inicialmente, contatamos e realizamos uma entrevista com uma equipe de técnicos e engenheiros do Centro de Engenharia Biomédica (CEB), unidade ligada à reitoria da Unicamp e que entre outros presta serviços de manutenção de mais de 9000 equipamentos médico-hospitalares para 9 unidades da área de saúde da Universidade tais como HC, CAISM, Hemocentro, Gastrocentro, FCM, CECOM, etc. Questionamos a equipe se era comum que

equipamentos eletromédicos chegassem ao CEB para receberem manutenção devido a falhas de funcionamento típicas de problemas de QEE. A equipe nos relatou que isso de fato acontece. Comentaram que muitos equipamentos do hospital são alugados de empresas especializadas neste negócio e que é comum que por ocorrência de falhas em tais equipamentos, a empresa acuse problemas na rede elétrica do hospital. O CEB possui um equipamento chamado “Analisador de Rede” que, ligado em uma tomada sob suspeita, permite que um equipamento possa funcionar enquanto alguns parâmetros elétricos são monitorados para se analisar se as causas da(s) falha(s) são decorrentes de interferências na rede elétrica. O equipamento já acusou em diversas ocasiões problemas na rede elétrica do hospital que podem ser responsabilizados pelas falhas de equipamentos. Na Figura 5 apresentamos uma imagem de um relatório gerado pelo equipamento. Ele acusa falhas na continuidade do serviço, valores de tensão muito altos ou muito baixos que estragam equipamentos elétricos, formatos de onda

bastante

distorcidos,



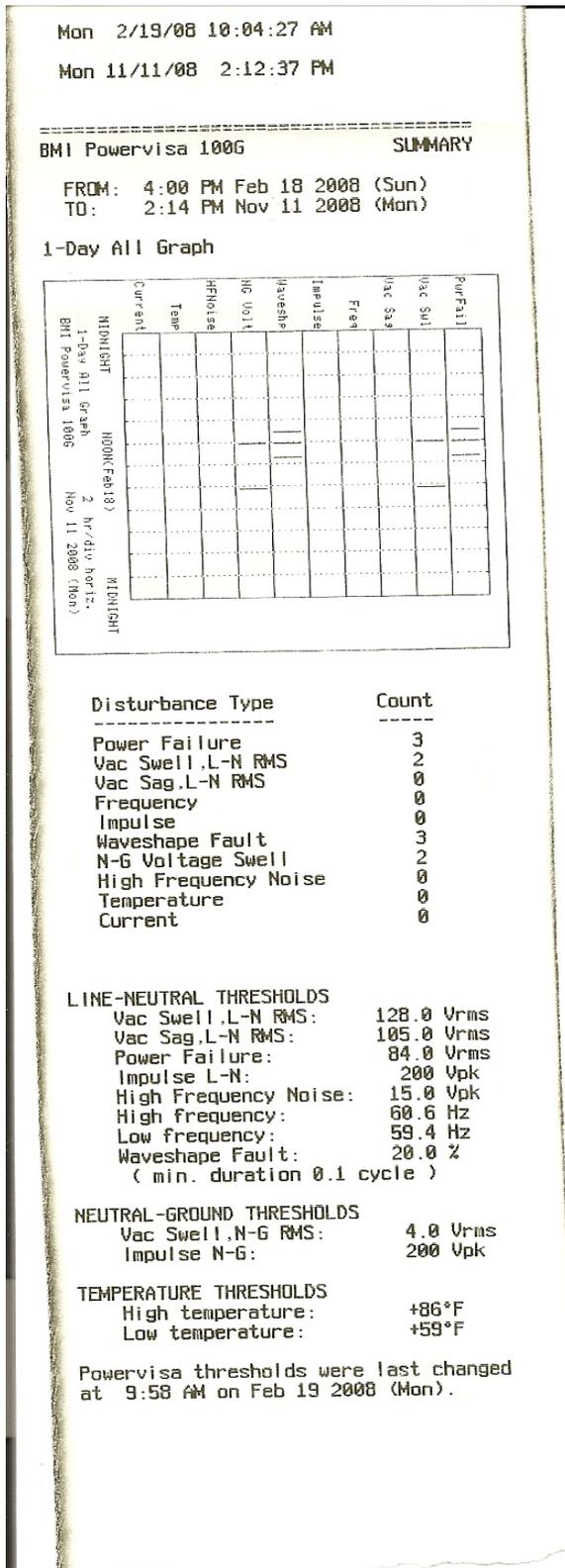


Figura 5. Medições do analisador de redes.

A equipe do CEB nos relatou dois casos em particular que foram mais prejudiciais. O

primeiro aconteceu no Laboratório de Imunologia e Alergia Experimental da FCM, onde por causa de uma instalação elétrica muito antiga e pouco adequada para o funcionamento de uma significativa quantidade de equipamentos eletromédicos lá presentes, diversos problemas foram registrados em um pequeno intervalo de tempo e muitos equipamentos não funcionavam corretamente em determinadas condições. A situação era tal que somente uma reforma e readequação completa na infra-estrutura elétrica do laboratório resolveu os problemas. Um outro problema relatado no CEB foi sobre uma série de surtos de tensão na rede elétrica que queimaram compressores de *freezers* no Hemocentro que armazenavam bolsas de sangue coletadas de doadores para transfusão. Nessa ocasião o prejuízo foi duplo, tanto do equipamento quanto das coletas sanguíneas que tiveram que ser desprezadas, pois o fato ocorreu numa madrugada de final de semana e estragou todo o estoque antes que alguém percebesse. Problemas semelhantes já foram relatados também em *freezers* que guardam vacinas e injeções no Hospital. A equipe do CEB nos encaminhou para conversar com o Engº Jun Tanaka, da Divisão de Engenharia e Manutenção do HC. O Sr. Jun, que lá trabalha a 24 anos e que viu partes do HC sendo construídas, é responsável por toda a infra-estrutura de energia elétrica e instalação predial do Hospital.

O Sr. Jun nos relatou uma enorme quantidade de problemas relacionados à QEE no HC que ele presencia na sua atividade profissional. Ele disse que o projeto elétrico do HC era adequado pra época de sua construção, mas hoje apresenta uma série de problemas estruturais. Sr. Jun disse que precisa de uma verba de pelo menos R\$ 80.000,00 para refazer o aterramento do hospital, que está danificado e foi parcialmente furtado. Para uma reforma mais ampla que contempla inclusive a readequação dos pára-raios e a proteção contra descargas atmosféricas, a verba é próxima de R\$ 800.000,00. A falta de um aterramento adequado em uma instalação elétrica é seguramente causa de problemas de QEE. Além de danificar equipamentos, a falta de aterramento também pode prejudicar o funcionamento de equipamentos que transfiram dados para um computador ou outro equipamento para análise. Indagado sobre esse tipo de problema, o Eng<sup>o</sup> Jun nos contou sobre um problema que o HC tinha com o funcionamento de um tipo de tomógrafo computadorizado, que tinha problemas para transferir as imagens obtidas em um exame clínico para um computador onde os exames eram analisados.

Outro problema crítico apontado pelo Sr. Jun é o do déficit de geradores de emergência que o Hospital apresenta. A carga instalada no HC está dividida em 3 Subestações que totalizam cerca de 10MVA de capacidade transformadora<sup>(1)</sup>. Só a UTI tem

uma carga atendida por uma Subestação exclusiva no 3º andar que totaliza 3,25 MVA. Para atender a demanda do HC em uma eventual falha de abastecimento da rede elétrica externa do campus, estão instalados 2 geradores de emergência de 500 kVA cada, sendo que um está a mais de um ano com problemas no seu regulador de velocidade, uma peça fundamental para a operação segura do equipamento. Além dos 2 geradores o HC possui *no breaks* para assumir a carga da UTI e do CPD enquanto os geradores entram em operação por ocasião de algum problema de suprimento ao hospital.

O Engenheiro também nos falou que normas técnicas de instalações elétricas em ambientes hospitalares não são observadas em alguns locais, relatando que uma unidade (Hospital Dia) ficou impedida de ser inaugurada devido ao não cumprimento de normas básicas adequadas ao funcionamento da instalação elétrica de um local como um Hospital.

Outro ponto bastante preocupante que o Sr. Jun comentou durante a entrevista foi a de que a maioria dos transformadores do Hospital utiliza óleo ascarel para refrigeração e isolamento. Essa substância foi proibida em 1981 por uma Lei Federal e o limite para se substituir todos os equipamentos que utilizam o ascarel é 2010. O ascarel é cancerígeno, afetando principalmente o fígado, os rins e o baço, além de causar danos irreversíveis ao sistema nervoso. Ele nos falou que não há como

descartar nem substituir esse óleo, e que é necessário trocar todos os transformadores do HC, o que ele vem pedindo a Unicamp desde 1994. O Sr. Jun disse que o vazamento de óleo de algum desses equipamentos seria trágico, e que não se encontra no mercado ascarel sequer para eventualmente se completar o nível do tanque do reservatório dos transformadores. A utilização do ascarel é um crime ambiental e seu descarte é muito oneroso.

Concluindo, o Sr. Jun nos expõe que seguramente o HC sofre com problemas de QEE, devido aos problemas no seu aterramento e devido à peculiaridade das cargas que lá estão instaladas, incluindo uma grande quantidade de lâmpadas eletrônicas e computadores. Ele nos contou que equipamentos como ultra-sons e ressonâncias magnéticas que custam milhões de dólares são ligados por estabilizadores de baixa qualidade que espalham harmônicos pela rede. Um desses estabilizadores inclusive, ao invés de fornecer uma forma de eletricidade senoidal como o traço vermelho da Figura 1, alimenta equipamentos sensíveis com formatos de onda praticamente quadrada!

## CONCLUSÕES

Da mesma forma que devemos comprar um automóvel que emita menos gases poluentes na atmosfera, devemos comprar equipamentos eletro-eletrônicos que também perturbem menos a rede elétrica, ainda que como o carro menos poluidor estes

equipamentos custem mais caro. A solução para os problemas de QEE passa por aí e é objeto de estudo de uma área de pesquisa chamada Condicionamento da Energia Elétrica. Este artigo está longe de ser definitivo e conclusivo sobre o tema. Podemos dizer que as medidas que realizamos não apontam graves problemas de QEE segundo as normas internacionalmente estabelecidas, mas a situação do HC nos deixou um tanto preocupados. Sugerimos como temas para futuros trabalhos aqueles relacionados a outros problemas identificados no HC como o manejo do óleo ascarel dos transformadores e a situação dos geradores e da malha de aterramento.

Oscilações como as que desligaram *freezers* no Hemocentro e “sujeiras” como as detectadas nas medições na FEEC são também responsáveis por fenômenos de cintilação luminosa em lâmpadas, conhecido como efeito *flicker*. Essas cintilações podem provocar incômodos visuais e até reações fisiológicas dependendo do seu formato, intensidade, frequência e propensão da pessoa que fica exposta ao fenômeno. No desenvolvimento deste, não identificamos ninguém no campus que tenha presenciado ou sofrido problemas com fenômenos assim.

Utilizar energia elétrica de uma forma adequada e racional significa reduzir e postergar a necessidade de novas fontes supridoras, o que minimiza inevitáveis impactos ambientais. Se quisermos continuar

tendo eletricidade disponível nas tomadas em quantidade e qualidade apropriadas para o desenvolvimento em sociedade, precisamos adotar posturas e práticas que garantam a sustentabilidade do ambiente. Sabendo utilizar, nunca faltará!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer as seguintes pessoas que gentilmente nos auxiliaram no desenvolvimento do trabalho:

- Prof. Dr. Sérgio Santos Mülhen, Prof. Dr. Fujio Sato, Prof. Dr. José Augusto Fernandes Afonso, todos da FEEC/Unicamp, que nos auxiliaram em medições, facilitaram o contato com funcionários do CEB e do HC e nos relataram casos e experiências interessantes e enriquecedoras;

- Eng<sup>o</sup> Ícaro (CEB), Eng<sup>o</sup> Marcos (CEB) e Eng<sup>o</sup> Jun Tanaka (HC), que nos receberam em seus locais de trabalho, nos relataram fatos e eventos que pudessem nos auxiliar e nos apontaram outros problemas que merecem atenção e que de alguma forma estão relacionados ao objetivo deste trabalho e que também podem ser explorados para estudos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DECKMAN, S. M.; POMILIO, J. A. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. Campinas/SP, DSCE/FEEC/UNICAMP, 2008. 141p.

IEEE Standards 519 “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems”. Edition Oct, 1991.

OLIVEIRA, C. G. *et al.* Estudo de caso de eficiência energética e qualidade de energia elétrica. 6p. **Anais do VIII Induscon Conferência Internacional de Aplicações Industriais**, Poços de Caldas/MG, 2008.

ZEVZIKOVAS, M. Efeitos da interferência eletromagnética conduzida em equipamentos eletromédicos no ambiente hospitalar. 86p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2004.

<sup>(1)</sup> Para efeitos de comparação, o campus é atendido em regime exclusivo por um transformador de potência de 25 MVA da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) instalado na Subestação Barão Geraldo, vizinha à Unicamp, próxima à Guarita da Reitoria. Isso significa que 40% da capacidade de suprimento à Unicamp está confinada no HC.