

## DISTÚRBIOS HARMÔNICOS: ESTUDO DE CASO EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA HOSPITALAR NA CIDADE DE TERESINA ESTADO PIAUÍ

JADSONN DE JESUS COÊLHO LIMA<sup>1</sup>, JOSÉ EDICARLOS GOMES LUSTOSA<sup>2</sup>, DANIELLE CRISTINNY LEITE E SILVA<sup>3</sup>, RODRIGO PEREIRA DE OLIVEIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Elétrica, UNIFSA, jadsonengenharia@hotmail.com;

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Elétrica, UNIFSA, edicarloslustosa@hotmail.com;

<sup>3</sup> Msc. Engenharia Elétrica, UFC; [engenheiradanielle@gmail.com](mailto:engenheiradanielle@gmail.com);

<sup>4</sup> Especialista em Segurança do Trabalho, CESVALE

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** A Qualidade da Energia Elétrica (QEE), antes era relacionada diretamente a continuidade do seu fornecimento, logo a preocupação era apenas evitar as interrupções e manter o nível de tensão das instalações elétricas dentro dos limites permitidos. Hoje o Sistema Elétrico de Potência (SEP) está mais robusto, interligado e sensível a presença de distúrbios nas formas de onda da tensão e corrente, para operar de forma satisfatória e sem prejuízos. É necessário que a qualidade da energia atenda a parâmetros como: valor eficaz, frequência, distúrbios harmônicos, dentre outras. Este é objeto do presente estudo de caso é causada por cargas não lineares. A principal ênfase no estudo de caso é a coleta de dados através de instrumento apropriado (Analisador de Energia-PowerNET 600) para medir e quantificar as distorções harmônicas e assim analisar a Qualidade da Energia Elétrica (QEE) de uma unidade consumidora hospitalar. A caracterização das informações foi tomada com parâmetros, como o manual de Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, normatização da IEEE e IEC que normatizam e padroniza as atividades técnicas relacionados ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. O objetivo do presente trabalho caracteriza-se por analisar os distúrbios harmônicos, dando ênfase às distorções harmônicas nas instalações elétricas de uma unidade consumidora hospitalar na cidade de Teresina estado Piauí. A partir dessa análise, foram propostos métodos para melhorar o sistema elétrico e manter as condições operacionais satisfatórias de acordo com a normatização apresentada no capítulo 3, o estudo de caso apresentou índice de Distorção Harmônica Total de Tensão (DHTV) equivalente a 7,30%, respeitando os limites das principais normas nacionais e internacionais. Já índices de Distorção Harmônica Total de Corrente; Distorção Harmônica Individual (DHTI; DHII) não estão em conformidade com os limites estabelecidos.

**PALAVRAS- CHAVES:** Qualidade de Energia Elétrica. Distúrbios Harmônicos. Unidade Consumidora Hospitalar.

### HARMONIC DISORDERS: CASE STUDY IN A HOSPITAL CONSUMER UNIT IN THE CITY OF TERESINA STATE PIAUÍ

**ABSTRACT:** The Quality of Electric Energy (QEE) was previously directly related to the continuity of its supply, so the concern was only to avoid interruptions and maintain the voltage level of the electrical installations within the limits allowed. Today, the Electric Power System (SEP) is more robust, interconnected and sensitive to the presence of disturbances in voltage and current waveforms, to operate satisfactorily and without damage. It is necessary that the quality of the energy meets parameters such as: effective value, frequency, harmonic disturbances, among others. This object of the present case study is caused by non-linear loads. The main emphasis in the case study is to collect

data through an appropriate instrument (PowerNET-PowerNET 600) to measure and quantify harmonic distortions and thus analyze the Quality of Electric Power (QEE) of a hospital consumer unit. The characterization of the information was taken with parameters such as the Manual of Procedures for Distribution of Electric Energy in the National Electric System - PRODIST, IEEE and IEC standardization that standardize and standardize the technical activities related to the operation and performance of electric power distribution systems . The objective of the present work is to analyze harmonic disturbances, emphasizing the harmonic distortions in the electrical installations of a hospital consuming unit in the city of Teresina state Piauí. From this analysis, methods were proposed to improve the electrical system and maintain satisfactory operating conditions according to the standardization presented in chapter 3, the case study presented Total Harmonic Distortion Voltage (DHTV) index equivalent to 7.30% , respecting the limits of the main national and international standards. Already Total Harmonic Distortion Current Indexes; Individual Harmonic Distortion (DHTI) does not comply with the established limits.

**KEYWORDS:** Electric Power Quality. Harmonic Disturbances. Hospital Consumption Unit.

## **INTRODUÇÃO**

Os primeiros relatos de problemas de distorções harmônicas datam, aproximadamente, do período entre 1930 e 1940. Provavelmente o primeiro equipamento a ser “acusado” de causar problemas de distorção harmônica, foi o transformador e as primeiras vítimas foram as linhas telefônicas (FREITAS, CORRÊA, 2007). Distorções harmônicas sejam elas harmônicas, inter-harmônicas e sub-harmônicas são fenômenos contínuos e não devem ser confundidos com fenômenos de curta duração, por exemplos, subtensão, transientes ou desvios na frequência.

Devido ao recente crescimento tecnológico que permitiu um aumento no consumo industrial, comercial e residencial, baseando-se no desenvolvimento da eletrônica de potência e automação os equipamentos evoluíram em rendimento, controle e custos. No entanto, a maioria destes equipamentos funciona como cargas não lineares, ou seja, equipamentos que consomem tensões e correntes não senoidais, logo poluem a rede elétrica com distúrbios harmônicos.

Apesar de ser um problema relativamente novo nos sistemas elétricos as distorções harmônicas, inter-harmônicas e sub-harmônicas receberam inúmeros estudos nos últimos anos, porém, a maioria desses estudos está voltada para consumidores industriais, comerciais ou residenciais, fato este que incitou o desenvolvimento de um estudo de caso em uma unidade consumidora hospitalar.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizada uma medição com analisador de energia (Analisador de Energia-PowerNET 600) para coletar as medições das grandezas elétricas necessárias. A análise das medições teve por base as normativas atualmente vigentes sobre distúrbios harmônicos.

O PowerNet P-600 é um medidor e registrador portátil de grandezas elétricas, que em conjunto com o seu SOFTWARE ANALISADOR permite analisar graficamente as medições realizadas e gerar relatórios de acordo com a resolução 505 da ANEEL. Suas características permitem que ele seja utilizado para as seguintes aplicações entre outras (CATÁLOGO TÉCNICO POWERNET P-600, 2013).

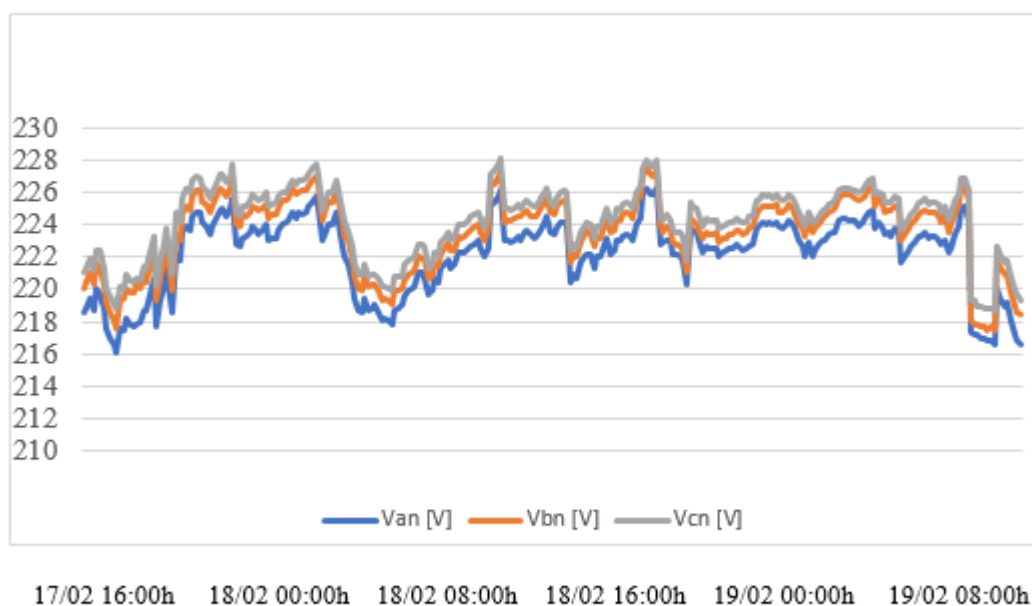
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Qualidade da Energia Elétrica (QEE) é de suma importância tendo em vista a garantia do adequado funcionamento dos equipamentos e a segurança das instalações elétricas. Os conceitos relativos aos distúrbios harmônicos bem como todos os índices relativos à quantificação das distorções harmônicas foram analisados a partir das principais organizações, IEEE Std 519-2014, IEC 61000 e ANEEL em especial o PRODIST Módulo-8, que estabelecem os limites toleráveis, considerando as diferentes abordagens das normas aos limites propostos.

Foram citados alguns principais componentes geradores de distúrbios harmônicos que estão presentes em todos os setores, com destaque para as lâmpadas fluorescentes, retificadores monofásicos, retificadores trifásicos e conversores de frequência (presentes nos circuitos eletrônicos e

de potência), assim como transformadores de força operando em carga leve, inserem distorções harmônicas no ambiente hospitalar. Além das distorções nas ondas de tensão e corrente, as harmônicas afetam o funcionamento dos sistemas de comando e proteção, aumento do efeito pelicular, vibrações e oscilações mecânicas nas máquinas elétricas, designadamente transformadores e motores, diminuição do fator de potência da instalação, degradação do isolamento, devido a envelhecimento precoce e a consequente perda da sua rigidez dielétrica, mau funcionamento dos equipamentos, sobreaquecimento e aumento das perdas, em cabos e transformadores, resultando em diminuição da vida útil dos equipamentos (Gráfico 1).

Gráfico 1: Tensão média fase-neutro (17/02 a 19/02).



Fonte: Adaptade PowerNETP-600.

Quanto à QEE constatou-se uma variação entre 216,5V a 228V, valores mínimos e máximos, respectivamente medidos, que se encontram em conformidade com padrões estabelecidos pelo Módulo-8 do PRODIST. Registrou-se o maior nível de distorção harmônica total de tensão (DHTv) com valor de 7,30% (fase B), o qual se encontra abaixo dos limites de 10% estipulado pelo PRODIST Módulo-8 e principais normas internacionais. Algumas harmônicas individuais de tensão dentre as 41 ordens analisadas merecem destaque: 7ª e 9ª ordens que alcançaram valores de 6,8% e 6,2% respectivamente. Suas distorções harmônicas individuais excedem os limites de DHIV recomendados por normas internacionais (Tabela 1).

Tabela 1: Valores da DHTv máxima, mínima e média para cada fase.

Resumo Geral do Período de Monitoração			
Tensão	DHT Van [%]	DHT Vbn [%]	DHT Vcn [%]
Máximo	6,60	7,30	6,93
Mínimo	4,5	6,00	4,70
Media	5,73	6,70	6,31

Fonte: Adaptade PowerNETP-600.

As distorções harmônicas totais (DHTI) e individuais de corrente (DHII) apresentam níveis mais elevados se comparados às distorções na tensão. Os níveis máximos de DHTI foram: fase A-28,4%; fase B-30,3%; fase C-28,98%, ultrapassando o recomendado pela IEEE Std. 519, que é 8%. Vale reforçar a predominância de cargas não lineares na unidade consumidora em questão, tais como computadores, iluminação com reatores eletrônicos e LED, central de ar condicionado inverter, e aparelhos hospitalares embarcados com importante presença de eletrônica de potência. As mesmas contribuíram para que as DHII imprimissem no sistema as componentes de 3ª, 5ª, 7ª e 9ª ordens de forma mais significativa (Tabela 2).

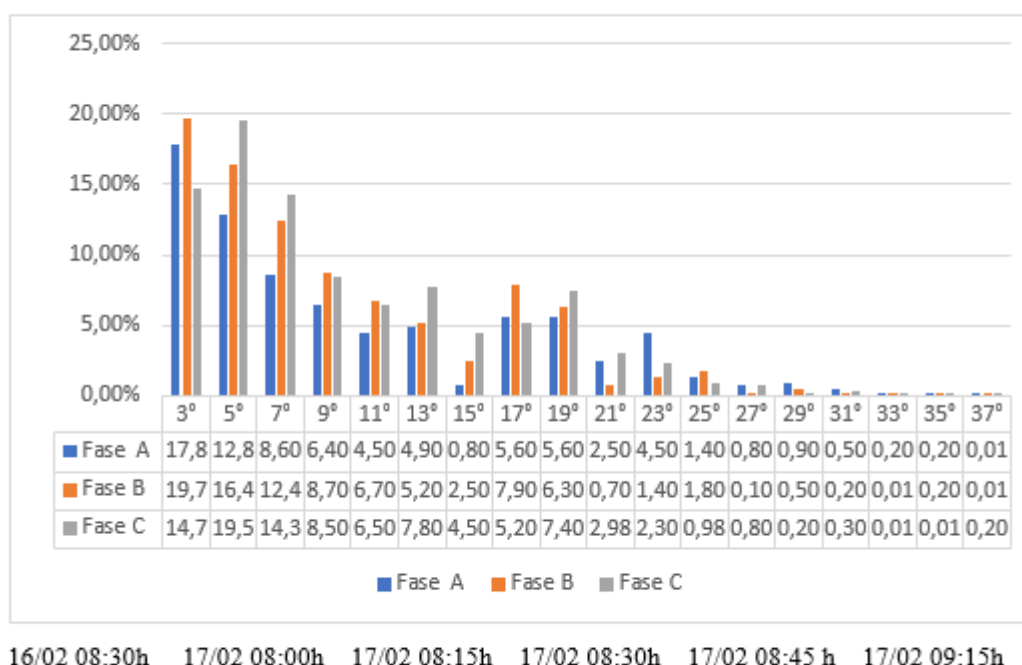
Tabela 2: Valores máximo, mínimo e médio das harmônicas de corrente.

Resumo Geral do Período de Monitoração			
Correntes	DHT Ia [%]	DHT Ib [%]	DHT Ic [%]
Máximo	27,90	30,30	28,98
Mínimo	21,09	27,56	27,09
Media	25,18	29,24	28,00

Fonte: Adaptada PowerNET P-600.

Comparando estas distorções individuais de corrente com os limites estabelecidos pela recomendação IEEE Std. 519-2014 que tem como limite admissível até (7%) de (DHII) até a 9ª ordem, constatou-se que todas as componentes não se encontram dentro dos limites considerados aceitáveis pela norma. Outras componentes harmônicas merecem destaque, as de 17ª e 19ª ordens, as quais apresentaram distorções um pouco acima do limite de 3,5% (Gráfico 2).

Gráfico 2: Valores de distorções harmônicas individuais de corrente.



16/02 08:30h 17/02 08:00h 17/02 08:15h 17/02 08:30h 17/02 08:45 h 17/02 09:15h

Fonte: Adaptada PowerNET P-600.

## CONCLUSÃO

Ressalta-se a importância do conhecimento sobre os níveis de distorções harmônicas de tensão e corrente, bem como as principais fontes destes distúrbios que comprometem a QEE. Há ainda uma flexibilidade considerável acerca do atendimento aos limites de distorção, principalmente pela ausência de normativo nacional que balize os limites de distorção harmônica de corrente. As distorções harmônicas de corrente prejudicam ainda mais o sistema elétrico do que as harmônicas de tensão, acarretando principalmente em redução da vida útil dos equipamentos, sobreaquecimento, atuação indevida da proteção, operação insipiente de cargas, entre outros efeitos nocivos. Ademais, para mitigação dos efeitos nocivos das distorções detectadas na unidade hospitalar recomenda-se realizar o dimensionamento de filtros de potência

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Esp. Rodrigo Pereira de Oliveira por seus ensinamentos e ajuda fornecendo os dados utilizados neste trabalho

## REFERÊNCIAS

ANEEL, A. N. D. E. E. **PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, 2018.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/prodist>>.

ANEEL, A. N. D. E. E. **PRODIST Módulo 8 - Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional: Qualidade da Energia Elétrica,** Jan 2018. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/Módulo8\\_Revisao\\_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfba3058d19](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/Módulo8_Revisao_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfba3058d19)>.

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 1.** Introdução, aprovado pela Resolução Normativa 664/2015. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8.** Qualidade da energia elétrica, aprovado pela Resolução Normativa 728/2016.

IEC. Comissão Eletrotécnica Internacional. **Informações como as normas internacionais da IEC são produzidas,** Jun 2014. Disponível em: <[http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/about\\_iec/welcome\\_to\\_the\\_iec-p.pdf](http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/about_iec/welcome_to_the_iec-p.pdf)>. Acessado em agosto de 2018,  
IEEE C57.110. **Recommended Practice for Establishing Liquid-Filled and Dry-Type Power and Distribution Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load**

IEEE STD 1159<sup>TM</sup>-2009, - **IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality,** Disponível em:< <https://ieeexplore.ieee.org/document/5154067>> Acesso em: 20 Nov, 2018

**IEEE Std 242-1986, IEEE - Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems** Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/27904>> acesso em: 10 set. 2018.

IEEE STD 519. **IEEE Standard 519 - Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,** Jun 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7047985>>. Acesso em: 10 Set. 2018.