

Análise de harmônicos na instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico do UNIPAM

Analysis of harmonics in the electrical installation of UNIPAM Dental Clinical Center



Clênio José Martins Júnior

Graduando em Engenharia Elétrica. e-mail: cleniojunior@unipam.edu.br

Fabio de Brito Gontijo

Orientador e Professor pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: Hoje vivemos em uma era de tecnologia, sendo que essa evolução decorre dos avanços da eletricidade em conjunto com a eletrônica conseguiu a produção de vários equipamentos. Entretanto, equipamentos novos têm a característica de ser uma carga não linear, ou seja, a corrente elétrica drenada por estes equipamentos não segue os princípios da forma de onda da alimentação, causando para o sistema elétrico uma distorção na forma de onda da corrente elétrica e da tensão elétrica. Essa distorção na rede elétrica provoca vários problemas em uma instalação elétrica, dessa forma, este trabalho se destina a verificar em uma instalação elétrica se será necessário mitigar esses fenômeno que causa várias perturbações em uma rede elétrica, preservando assim a qualidade de energia do sistema.
Palavras chave: Qualidade de energia. Distorção harmônica. Carga não linear.

Abstract: Today we live in an era of technology, where together with electronics managed to produce various equipment. However, new equipment has the characteristic of being a non-linear load, that is, the electric current drained by this equipment does not follow the principles of the power waveform, causing to the electrical system a distortion in the waveform of the electric current and of the electrical voltage. This distortion in the electrical network causes several problems in an electrical installation, so this work will verify in an electrical installation if it is necessary to mitigate these phenomena that causes various disturbances in a power grid, thus preserving the quality of energy of the system
Keywords: Energy quality, harmonic distortion, nonlinear load.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios de sua concepção existencial, os seres humanos buscam formas e maneiras para atender com mais praticidade a suas necessidades. Inevitavelmente, a descoberta da eletricidade foi uma das maiores revoluções nas relações sociais humanas, trazendo um indiscutível conforto para a população.

Segundo os historiadores, a eletricidade surgiu na Grécia Antiga em meados do século VI a.C., sendo descoberta pelo matemático e filósofo Tales de Mileto, que após encontrar a estrutura de uma pedra que foi chamada como âmbar (*elektron*, em grego), realizou a tarefa de friccionar esta com outros materiais leves, gerando o atrito e, assim, constatando o poder de magnetismo em atrair objetos (FILHO, 2013).

As propriedades do âmbar eram conhecidas na Grécia antiga (Tales, filósofo e matemático grego). Essa substância, chamada pelos gregos de *elektron*, atraía, quando friccionada, grãos de poeira e pequenos pedaços de materiais leves, tais como madeira e papel (FILHO, 2013, p. 8).

Com o avanço tecnológico, foi possível transmitir energia elétrica para as primeiras casas residenciais, em meados do século XX, possibilitando a alimentação dos primeiros equipamentos elétricos. Contudo, as cargas elétricas daquela época eram puramente lineares, ou seja, a forma de onda da corrente comportava-se da mesma maneira da forma espectral da tensão.

Nessa mesma década, houve também a ascensão da eletrônica, que possibilitou a criação de equipamentos modernos, que resultaram na otimização da qualidade de vida das pessoas.

Ressalta-se que tais dispositivos eletrônicos apresentam forma não linear, cuja onda senoidal da corrente denota múltiplas frequências (distintas da alimentação), ocasionando um sinal distorcido. Esse sinal é chamado de harmônico, sendo o responsável pela má qualidade da energia elétrica. Essa baixa qualidade deve-se a perturbações originadas na rede elétrica, as quais são ocasionadas pela distorção harmônica. As harmônicas provocam distorções e alterações, como, por exemplo, amplitude do sinal, frequência (forma de onda), aumento da corrente de neutro, erro de medição de grandezas elétricas, ruídos eletromagnéticos e outros fatores prejudiciais que trazem consequências indesejáveis para o circuito elétrico (DIAS, 2002).

Assim, as distorções harmônicas podem trazer danos indesejados para o sistema elétrico, influenciando diretamente na redução da vida útil de aparelhos, além de perdas consideráveis de energia elétrica (LEÃO, 2014).

O Centro Clínico Odontológico do UNIPAM possui em suas instalações elétricas diversos equipamentos eletrônicos que apresentam a característica de uma

carga não linear. Sabendo dos efeitos prejudiciais que as harmônicas causam, esse relatório foi realizado em prol da necessidade de verificar a influência das harmônicas no Centro Odontológico do UNIPAM.

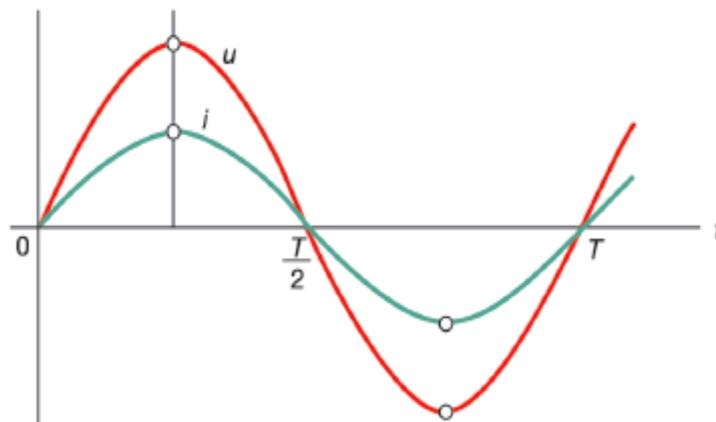
Dessa forma, a obtenção da quantificação das harmônicas no sistema elétrico do Centro Clínico Odontológico se perfaz de suma importância para verificar se existe a necessidade de promover a instalação de filtros para minimizar uma possível distorção harmônica presente na instalação elétrica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Na Engenharia Elétrica, pode-se trabalhar com dois tipos diferentes de corrente. A corrente pode ser contínua ou alternada, sendo que a forma espectral das duas é distinta. O sistema em corrente contínua fornece para o sistema uma tensão contínua no tempo, ou seja, em qualquer instante do tempo ela sempre terá o mesmo valor. Já a corrente alternada sempre varia no tempo, e sua forma de onda é uma senoide. Sendo assim, em cada período de tempo, a tensão vai oscilar entre valores negativos e positivos. Na figura 1, podemos ver o comportamento da senoide, as características de um sistema alternado, em que a forma de onda da tensão e da corrente é alternada.

FIGURA 1



Fonte: PINTO, 2018.

Hoje, a maior parte do sistema de distribuição brasileiro é com a forma de onda alternada, e isso determina que qualquer instalação elétrica, seja ela residencial, comercial ou industrial, tem a particularidade de a sua rede elétrica operar no sistema alternado. Dessa forma, a onda da tensão e corrente em uma instalação elétrica varia em função do tempo (PINTO, 2018).

2.2. CARGAS

A energia elétrica é fornecida em nossas casas para proporcionar facilidade e comodidade para os usuários. Com o fornecimento de energia elétrica conseguimos utilizar aparelhos elétricos, como, por exemplo, geladeiras, televisores, rádios, ar-condicionado, dentre outros.

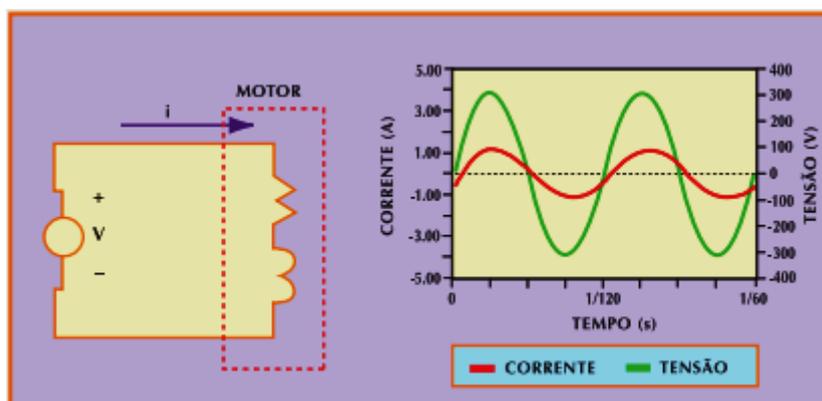
Na eletricidade, todo tipo de aparelho que consome energia elétrica é caracterizado como carga, pois quando uma tensão é aplicada neste equipamento, ele drena do sistema elétrico uma corrente, possibilitando assim o seu funcionamento (COTRIM, 2009). A partir da definição de tensão e corrente, foi possível verificar que atualmente existem dois conceitos de cargas elétricas, que podem ser classificados como cargas lineares e cargas não lineares (COTRIM, 2009)

2.2.1. Cargas lineares

Cada carga da rede elétrica é composta por um tipo de relação entre tensão e corrente. Em uma resistência elétrica, a relação da tensão e corrente é linear, possuindo uma reta para expressar tensão por corrente. Capacitores e indutores também são considerados cargas elétricas lineares, visto que a relação entre corrente e tensão é proveniente de derivadas e integrais.

A carga linear tem como principal característica manter a sua impedância equivalente durante todo o seu período de funcionamento, mantendo assim, em regime permanente, uma corrente elétrica constante e sem interrupções ao longo do tempo (FIGUEIREDO, 2016). Posto isso, a forma de corrente que esta carga drena do sistema elétrico é exatamente a mesma forma de onda que a tensão de alimentação, ou seja, se a tensão de alimentação é uma senoide pura, a corrente que a carga vai consumir do sistema também será puramente senoidal, respeitando assim a forma de onda de alimentação (FIGUEIREDO, 2016). Na figura 2 abaixo, pode-se observar que a forma de onda da corrente é igual à forma de onda da tensão.

FIGURA 2. Corrente de uma carga linear



Fonte: MORENO, 2001

Sendo assim, esta carga consome da rede uma corrente elétrica que tem as mesmas características da fonte de alimentação, contendo na forma de onda da tensão e corrente apenas a frequência fundamental da rede.

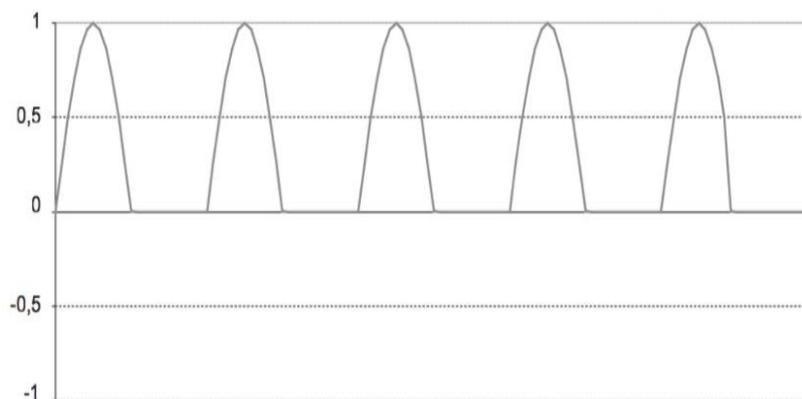
2.2.2. Cargas não lineares

Anos atrás, praticamente todos os equipamentos existentes tinham como principal característica ser uma carga linear, entretanto, a tecnologia impulsionou a eletrônica para um avanço extraordinário. Essa nova era da eletrônica possibilitou a invenção de vários equipamentos que propiciaram uma maior comodidade para os consumidores de energia (GEDRA e col., 2014).

A comodidade adquirida através dos aparelhos eletrônicos trouxe (além de benefícios) também um grande problema para a rede de eletricidade, pois a tecnologia colocou cargas não lineares para o sistema elétrico brasileiro, modificando o cenário de cargas.

A carga não linear tem como principal característica consumir uma corrente elétrica do sistema diferente da forma de onda da alimentação do circuito elétrico, ou seja, se a alimentação da carga é uma senoide, a corrente que a carga vai proporcionar para o circuito elétrico não respeitará uma forma espectral de uma senoide, prejudicando dessa forma o sistema elétrico (GEDRA e col., 2014). Na figura 3 podemos observar como essa carga se comporta na presença da tensão elétrica.

FIGURA 3. Corrente de uma carga não linear



Fonte: GEDRA e col., 2014.

O motivo pelo qual a corrente elétrica se diferencia da tensão de alimentação do circuito é o fato de que a impedância equivalente da carga varia em regime de operação, proporcionando assim variações ou descontinuidades na onda da corrente elétrica (FIGUEIREDO, 2016). Assim sendo, a forma de onda da corrente

elétrica que é drenada pela carga não linear vai se distorcendo da forma de onda original, sendo assim, a corrente do sistema que era senoidal passa a não ter característica de uma senoide. Essa distorção é conhecida no ramo da Engenharia Elétrica como distorção harmônica.

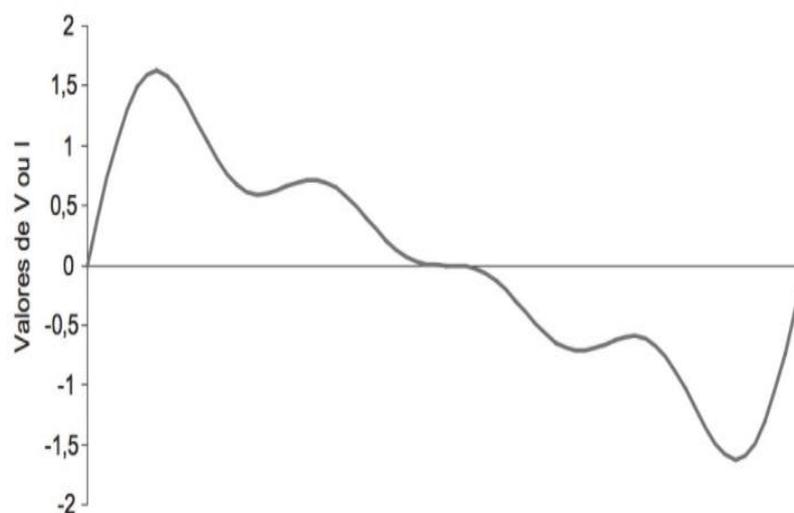
Os componentes responsáveis pela distorção da corrente dentro de uma carga não linear são os semicondutores, como os diodos, os transistores, etc. Esses equipamentos têm por finalidade chavear a onda original de corrente, possuindo assim descontinuidade da onda (FIGUEIREDO, 2016).

2.3. DISTORÇÕES HARMÔNICAS E SEUS PROBLEMAS

Como já foi dito, a evolução da eletrônica alterou alguns parâmetros nas instalações elétricas. A chegada das cargas não lineares influenciou diretamente na qualidade da energia elétrica, ocasionando distorções harmônicas em todo o sistema elétrico.

A distorção harmônica é simplesmente a resultante da somatória de várias ondas periódicas no tempo de frequências diferentes, proporcionando assim uma distorção na forma de onda original. Assim, no circuito elétrico temos distorções harmônicas na forma de onda da corrente e na forma de onda da tensão. Abaixo na figura 4, podemos observar a forma de onda resultante do sistema e como ela se comporta com essa somatória de ondas diferentes, ocasionando a distorção da forma da onda original. Sendo assim, na figura 4, que está abaixo, podemos observar um sinal elétrico distorcido no tempo, seja ele uma corrente elétrica ou uma tensão.

FIGURA 4. Distorção harmônica na onda senoidal



Fonte GEDRA e col, 2014.

A distorção harmônica na forma de onda da corrente elétrica é causada por cargas não lineares, e se em uma instalação elétrica houver grandes níveis de harmônicos de corrente, ela começa a impactar diretamente na forma de onda da tensão de alimentação do circuito, ou seja, quem provoca a distorção na onda senoidal da tensão são as harmônicas de corrente (OLIVEIRA, 2016).

Com isso, iniciam-se vários problemas com as instalações elétricas. Hoje em dia, níveis altos de harmônicos são a grande causa para a queima prematura de equipamentos. Além da atuação de dispositivos de proteção sem necessidade e da sobrecarga em condutores de neutro, há também o registro de valores imprecisos por equipamentos de medição, além de vários outros fatores negativos. Dessa forma, é de grande importância quantificar esses níveis de distorção harmônicos na rede elétrica, para assim filtrar esses sinais, reduzindo os efeitos provocados no sistema (LEÃO, 2014).

2.4. NÍVEIS DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS

A quantificação das harmônicas será expressa em THD, distorção harmônica total, sendo o método mais utilizado para expressar os níveis de distorção harmônicos (TEIXEIRA, 2009). O THD significa o quanto a onda está distorcida em relação à forma de onda original do sistema elétrico (MORENO, 2001). Entretanto, é preciso ter muito cuidado ao se fazer a análise em THD, pois um THD de 100% em uma corrente muito baixa não influencia de maneira impactante no sistema, mas uma corrente elétrica alta com um THD de 100% pode causar grandes influências negativas em uma instalação elétrica, conforme já mencionado neste trabalho (TEIXEIRA, 2009).

Hoje, no Brasil não existe uma norma regulamentadora para a distorção harmônica de corrente, dessa forma, quanto menor for a distorção harmônica total, melhor será o sistema (MORENO, 2001). Entretanto, há alguns livros que citam esses valores, como, por exemplo, o material do Instituto Brasileiro do Cobre de 2003, que indica que a distorção harmônica total de tensão entre 0 a 5% é normal, de 5% a 8% pode provavelmente ocasionar problemas para o sistema e a distorção harmônica total superior a 8% indica que disfunções são prováveis, sendo assim passíveis de instalação de filtros. Já para os níveis de corrente, o instituto brasileiro do cobre (PROCOBRE) indica que inferior a 10% é normal, entre 10% a 50% pode levar a problemas no sistema elétrico e superior a 50% indica a implantação de filtros para eliminar possíveis problemas.

Na tabela 1, podemos relacionar o grau da distorção harmônica total de corrente e tensão em função dos riscos impostos nas instalações elétricas.

TABELA 1. Níveis da distorção harmônica total

Para tensão:	Para corrente:
Variável linguística: THD_U	Variável linguística: THD_I
Termo linguístico:	Termo linguístico:
Baixo: THD de tensão inferior a 5% - (NORMAL).	Baixo: THD de corrente inferior a 10% - (NORMAL).
Médio: THD de tensão entre 5 e 8% - (SIGNIFICATIVO).	Médio: THD de corrente entre 10 e 50% - (SIGNIFICATIVO).
Alto: THD de tensão acima de 8% - (CRÍTICO).	Alto: THD de corrente acima de 50% - (CRÍTICO).

Fonte: GONÇALVES et al, 2009.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da finalidade e do objetivo deste presente trabalho, houve várias etapas de metodologia de estudo. Primeiramente foram utilizados vários materiais e livros de autores que são renomados no assunto deste trabalho, proporcionando assim uma grande contribuição para o seu desenvolvimento.

Cumprir salientar que houve a necessidade de realizar um trabalho de campo, pois este trabalho necessitou de coleta de amostra com dados de painéis elétricos para verificar a qualidade de energia encontrada nos painéis elétricos do Centro Odontológico do Centro Universitário de Patos de Minas. Para este estudo de campo, foram seguidas as normas do PRODIST módulo 8 (ANEEL), que indica como devem ser feitos os registros de dados elétricos para a análise de qualidade de energia elétrica.

Posteriormente, com os dados registrados e com o estudo dos materiais, foi possível verificar e analisar o nível e o grau de impacto das harmônicas nas instalações elétricas do Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a quantificação das harmônicas em um sistema elétrico, é necessário utilizar analisadores de energia, pois esses equipamentos conseguem quantificar os níveis de distorções harmônicas em uma barra elétrica, além de serem um utensílio próprio para análises de qualidade da energia elétrica. Isto posto, foi necessário utilizar um analisador de energia FLUKE 435 série II, que foi disponibilizado pelo UNIPAM. Assim foi realizada a quantificação das harmônicas no Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

A subestação do Centro Clínico Odontológico é composta por um transformador de 300 kVA, e por um Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) com disjuntor

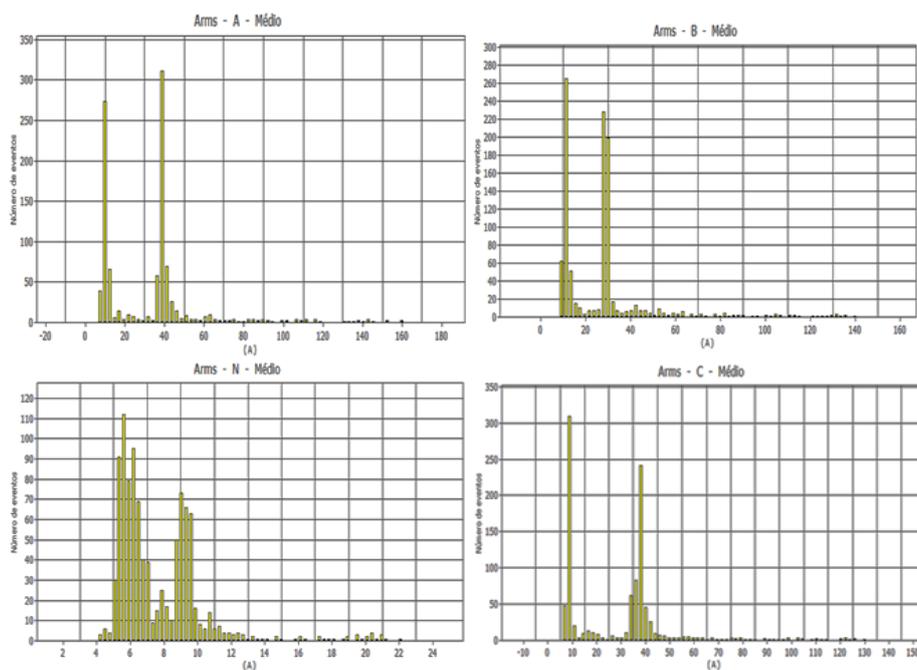
geral e capacidade de condução de 800 amperes. A medição com o FLUKE 435 série II foi feita após no painel QGBT, que alimenta todas as cargas elétricas do Centro Clínico Odontológico, como ar condicionado, cadeiras odontológicas, iluminação, autoclaves e todos os demais circuitos elétricos.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) rege os métodos de medição para verificar a qualidade de energia, e assim, o FLUKE foi configurado de acordo com as normas da ANEEL. Com o FLUKE foi realizada a análise do sistema durante 7 (sete) dias, com intervalos de integração de medição de 10 (dez) minutos, totalizando 1008 (mil e oito) amostras líquidas para a quantificação real dos níveis de distorção harmônicas no sistema elétrico do Centro Clínico Odontológico da UNIPAM.

A medição foi realizada entre os dias 08/02/2018 a 15/02/2018, resultando assim na amostra de dados em períodos em que o sistema se comporta com carga e intervalos sem a presença de cargas elétricas. Assim, é possível analisar as distorções harmônicas em estágios que exigem uma corrente elétrica alta e baixa, o que permite verificar a influência ocasionada diretamente na tensão elétrica, pois, como já foi dito neste trabalho, quem provoca a distorção harmônica na tensão é a própria distorção harmônica da corrente elétrica.

Entretanto, para uma real quantificação das harmônicas é necessário verificar os níveis de corrente presente no sistema, verificando o comportamento das cargas no Centro Clínico Odontológico. Na figura 5, é possível observar o comportamento da corrente elétrica durante as 1008 amostras coletadas.

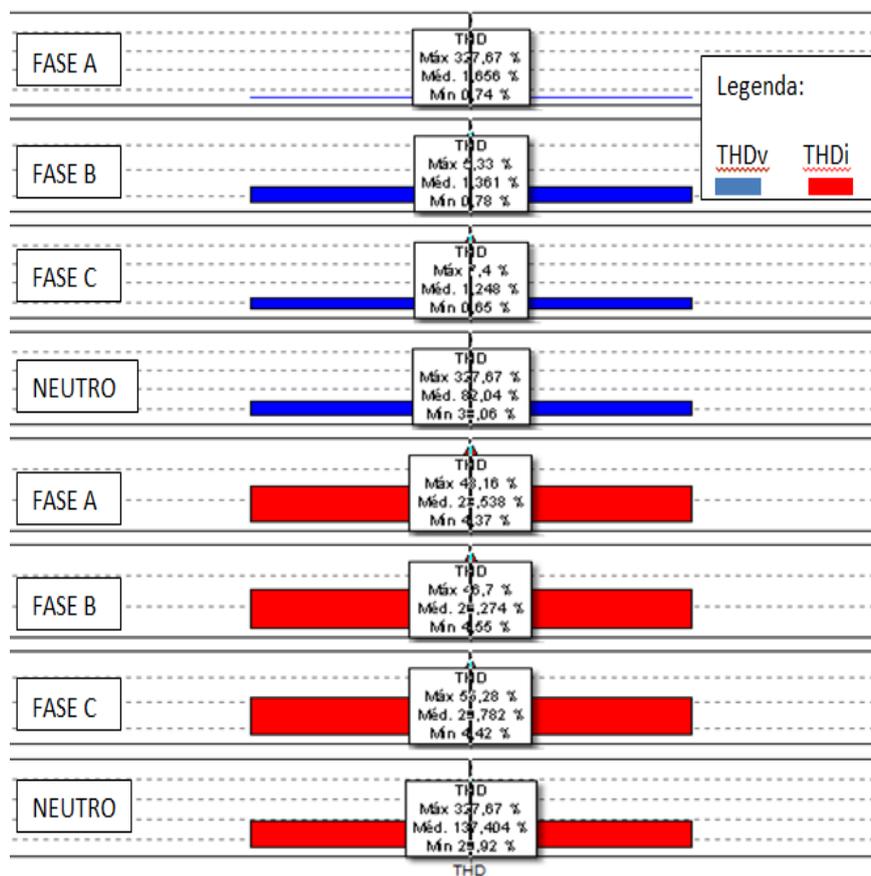
FIGURA 5. Níveis de corrente



Fonte: Os autores

Abaixo segue a figura 6, que indica um gráfico dos níveis dos harmônicos de tensão e correntes encontrados no Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

FIGURA 6. Níveis de harmônicos



Fonte: Os autores

Essa imagem indica os níveis de harmônicos de tensão e corrente no sistema elétrico do Centro Clínico Odontológico. Nota-se que as distorções harmônicas totais de tensão não são preocupantes, entretanto, a distorção harmônica total de corrente já ultrapassa o limite adequado para um bom funcionamento de uma instalação elétrica, segundo a tabela 1. É importante mencionar que a distorção de corrente harmônica total chegou a valores de 35%, todavia, a corrente da rede foi na média de 40 A por fase, comprovando assim que o sistema estava trabalhando com uma pouca quantidade de carga durante as 1008 amostras em relação a sua demanda. O valor da distorção harmônica total da corrente elétrica permaneceu alto, mas com uma corrente baixa no sistema do Centro Clínico Odontológico.

Comparando os dados encontrados no Centro Clínico Odontológico com os dados de THD, prejudiciais ao sistema elétrico mencionados na tabela 1, foi possível verificar que a total distorção harmônica de tensão está entre 0% a 5%, sendo

um valor normal e não interferindo na instalação elétrica. No entanto, a distorção da corrente está entre 10% a 50%, comprovando que o índice que foi encontrado pode prejudicar a instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico.

5. CONCLUSÃO

Segundo Gonçalves (2013), o valor da THD de tensão entre 0% a 5% é considerado normal para o sistema elétrico, e valores da THD de corrente entre 10% a 50% geram um risco muito grande de aquecimento de condutores, podendo trazer grandes problemas para o sistema, necessitando assim de medidas para mitigação dos valores da distorção harmônica total da corrente elétrica. Diante disso, a instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico de Patos de Minas possui valores ruins da distorção harmônica total de corrente, contudo, são níveis em que as correntes medidas são baixas.

Apesar de saber que a corrente elétrica do sistema foi de 40 amperes, valor baixo considerando a sua demanda de 300 kVA, há indícios de uma possível distorção harmônica na forma de onda da corrente elétrica, entretanto, não é possível afirmar que a instalação necessita de filtros.

Sendo assim, conclui-se que não é possível identificar se há necessidade da instalação de filtros, visto que a corrente média encontrada no sistema do Centro Clínico Odontológico foi de 40 amperes. Para verificar a real necessidade da instalação de filtros, é necessário realizar uma nova medição para analisar o comportamento da distorção harmônica total de corrente com uma quantidade de carga considerável.

REFERÊNCIAS

- COTRIM, Ademaro Alberto M. B. *Instalações elétricas*. 5 ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- DIAS, Guilherme Alfredo Dentzien. *Harmônicas em sistemas industriais*. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.
- FIGUEIREDO, Alfredo Arcanjo Cruz. *Análise de modelos para cargas não lineares no estudo trifásico de penetração harmônica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 112 f, 2006.
- FILHO, Matheus Teodoro da Silva. *Fundamentos de eletricidade*. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- GEDRA, Ricardo Luís; BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo. **Geração, Transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2014.

GONÇALVES, Benevaldo Pereira. et al. Avaliação de impactos harmônicos na rede elétrica através dos indicadores thd e fator de potência utilizando lógica fuzzy. *Revista Brasileira de Energia*. 19(1): 9-27, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE. *Instalações elétricas de baixa tensão: qualidade de energia harmônicas*, [s.n.] 2003, 19p.

LEÃO, Ruth Pastôra Saraiva; SAMPAIO, Raimundo Furtado; ANTUNES, Fernando Luiz Marcelo. *Harmônicas em sistemas elétricos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MORENO, Hilton. *Harmônicas nas instalações elétricas*. São Paulo: [s.n.], 2001.

OLIVEIRA, Miguel Pimentel de Oliveira. *Análise da Qualidade de Energia Elétrica em Edifícios de Serviços e Comércio*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 128 f, 2016.

PINTO, Milton de Oliveira. *Geração, transmissão e sistemas interligados*. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

TEIXEIRA, Douglas Ângelo. *Análise das distorções harmônicas – estudo de caso de um sistema industrial*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, [s.n.], 127f, 2009.

_____. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – *Qualidade de Energia Elétrica*. Rev. 9.