



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Técnico em Eletrotécnica

ANÁLISE DOS EFEITOS HARMÔNICOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: IMPACTOS, DIAGNÓSTICO E PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO.

ANALYSIS OF HARMONIC EFFECTS IN ELECTRICAL INSTALLATIONS: IMPACTS, DIAGNOSIS AND MITIGATION PROPOSALS

Ana Lucia da Silva ¹

Arthur de Jesus Hashimoto Spila ²

Jean Marcel Demetrio Rocha ³

Lucas de Siqueira Cavallini ⁴

Resumo: Este estudo aborda a qualidade da energia elétrica como tema central, com foco nos impactos causados por distúrbios harmônicos em sistemas industriais e comerciais modernos, especialmente diante do aumento do uso de cargas não lineares. O problema analisado está relacionado às alterações indesejadas na forma de onda da corrente e da tensão elétrica, que comprometem o funcionamento e a durabilidade dos equipamentos, além de afetarem negativamente a eficiência dos sistemas de energia. O objetivo da pesquisa é compreender a origem, a classificação e os efeitos das harmônicas, além de propor estratégias de mitigação que promovam maior confiabilidade e desempenho energético nas instalações. A metodologia utilizada inclui revisão de literatura técnica e especializada, análise normativa baseada no padrão IEEE 519, (esta norma estabelece metas para o projeto de sistemas elétricos que incluem cargas lineares e não lineares. As formas de onda de tensão e corrente que podem existir em todo o sistema são descritas, e as metas de distorção da forma de onda para o projetista do

1. Técnico em análise e produção de Açúcar e Álcool, Etec Orlando Quagliato – SP – ana.silva6289@etec.sp.gov.br
2. Ensino Médio, E.E. Justina de Oliveira Gonçalves, Ourinhos – SP – arthur.spila@etec.sp.gov.br
3. Ensino Médio, E.E. Horácio Soares, Ourinhos – SP – jean.rocha11@etec.sp.gov.br
4. Ensino Médio, E.E. Horácio Soares, Ourinhos – SP – lucas.cavallini@etec.sp.gov.br



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

sistema são estabelecidas. A interface entre fontes e cargas é descrita como o ponto de acoplamento comum [*Point of Common Coupling*], e a observância das metas de projeto reduzirá a interferência entre os equipamentos elétricos. Esta norma aborda as limitações do regime permanente. Condições transitórias que excedem essas limitações podem ser encontradas. O trabalho em questão, define a qualidade da energia que deve ser fornecida no ponto de acoplamento comum. Além disso, ele não abrange os efeitos da interferência de radiofrequência. Além de estudos de caso e simulações computacionais que permitem observar o comportamento do sistema diante da presença de harmônicas e fenômenos como a ressonância harmônica. Os resultados demonstram que cargas não lineares, como inversores de frequência, retificadores, fontes chaveadas e outros dispositivos eletrônicos, são as principais responsáveis por distorções harmônicas, que podem sobrecarregar o condutor neutro, provocar aquecimento excessivo, perdas por efeito Joule e falhas em equipamentos sensíveis. Destaca-se a importância do uso de filtros passivos e ativos para a correção dos harmônicos, além da adoção de práticas como o monitoramento contínuo da qualidade da energia, o redimensionamento adequado de condutores e a separação de cargas lineares e não lineares. A análise de ressonância mostrou, por exemplo, que bancos de capacitores podem intensificar certos parâmetros harmônicos ao coincidir com suas frequências naturais, o que exige atenção especial no planejamento do sistema elétrico. Conclui-se que a gestão eficiente da qualidade da energia é fundamental para evitar prejuízos operacionais, garantir segurança e assegurar que os sistemas elétricos funcionem dentro dos padrões exigidos pelas normas técnicas, promovendo maior durabilidade dos equipamentos e eficiência energética em ambientes industriais cada vez mais automatizados.

Palavras-chave: Qualidade de energia elétrica, harmônicos, cargas não lineares, filtros ativos e passivos, IEEE 519.

Abstract: This study addresses the quality of electrical energy as its central theme, focusing on the impacts caused by harmonic disturbances in modern industrial and commercial systems, especially in view of the increased use of non-linear loads. The problem analyzed is related to unwanted changes in the waveform of the current and



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

voltage, which compromise the operation and durability of equipment, in addition to negatively affecting the efficiency of power systems. The objective of the research is to understand the origin, classification, and effects of harmonics, in addition to proposing mitigation strategies that promote greater reliability and energy performance in facilities. The methodology used includes a review of technical and specialized literature, normative analysis based on the IEEE 519 standard (this standard establishes goals for the design of electrical systems that include linear and nonlinear loads. The voltage and current waveforms that may exist throughout the system are described, and waveform distortion goals for the system designer are established. The interface between sources and loads is described as the common coupling point, and compliance with design goals will reduce interference between electrical equipment. This standard addresses the limitations of the steady state. Transient conditions exceeding these limitations may be encountered. This document defines the quality of power that should be provided at the common coupling point. This document does not cover the effects of radio frequency interference; however, guidance is provided for wired telephone systems. In addition to case studies and computer simulations that allow us to observe the behavior of the system in the presence of harmonics and phenomena such as harmonic resonance. (Conclusion) The results show that nonlinear loads, such as frequency inverters, rectifiers, switching power supplies, and other electronic devices, are primarily responsible for harmonic distortions, which can overload the neutral conductor, cause excessive heating, Joule losses, and failures in sensitive equipment. It is important to use passive and active filters to correct harmonics, in addition to adopting practices such as continuous power quality monitoring, proper conductor resizing, and separation of linear and nonlinear loads. Resonance analysis has shown, for example, that capacitor banks can intensify certain harmonics when they coincide with their natural frequencies, which requires special attention in the planning of the electrical system. It can be concluded that efficient power quality management is essential to avoid operational losses, ensure safety, and ensure that electrical systems operate within the standards required by technical regulations, promoting greater equipment durability and energy efficiency in increasingly automated industrial environments.

Keywords: Power quality, Harmonics, Non-linear loads, Active and passive filters, IEEE-519



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da energia elétrica é um tema de grande importância na engenharia moderna, especialmente em um cenário em que o uso de equipamentos eletrônicos e sistemas automatizados cresce constantemente. A busca por uma energia limpa, estável e eficiente é fundamental para garantir o bom funcionamento de aparelhos, processos industriais e sistemas de comunicação. No entanto, a presença de distúrbios elétricos tem se tornado um desafio significativo, podendo comprometer o desempenho e a confiabilidade do fornecimento de energia.

Entre os principais distúrbios que afetam a qualidade da energia, destacam-se as harmônicas, que são deformações da forma de onda da tensão ou da corrente elétrica. Essas distorções surgem principalmente devido ao uso de cargas não lineares, como inversores, retificadores, fontes chaveadas e outros equipamentos eletrônicos amplamente utilizados na atualidade. A presença desses componentes harmônicos pode causar diversos problemas, como aquecimento de transformadores e cabos, falhas em dispositivos de proteção e interferências em sistemas sensíveis.

O aumento da quantidade de cargas não lineares nas redes de distribuição torna indispensável o estudo das harmônicas e de seus efeitos. A falta de controle sobre esses distúrbios pode resultar em prejuízos econômicos e técnicos, além de comprometer a vida útil de equipamentos e a estabilidade do sistema elétrico. Por esse motivo, compreender as origens, classificações e consequências das harmônicas é essencial para o desenvolvimento de soluções eficazes de mitigação que garantam uma energia de melhor qualidade.

Diante desse contexto, este artigo tem como tema a qualidade da energia elétrica, com ênfase nos distúrbios harmônicos. O problema de pesquisa que orienta o estudo é: quais são os impactos das harmônicas na qualidade da energia elétrica e de que forma é possível reduzi-las? Parte-se da hipótese de que a aplicação de técnicas adequadas de mitigação, como filtros harmônicos e correções de projeto, contribui para a redução dos efeitos das distorções e para o aprimoramento do desempenho do sistema elétrico.

O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência das harmônicas na qualidade da energia elétrica e propor estratégias de mitigação adequadas. Como objetivos específicos, busca-se identificar as principais fontes geradoras de harmônicas, avaliar os impactos dessas distorções sobre os equipamentos e o



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

sistema, apresentar métodos de mitigação e discutir soluções práticas aplicáveis às redes elétricas atuais. Assim, espera-se que este estudo contribua para o entendimento e o controle dos distúrbios harmônicos, promovendo maior eficiência, segurança e confiabilidade no fornecimento de energia.

2. QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

A qualidade da energia elétrica é um aspecto fundamental para o desempenho e a confiabilidade dos sistemas elétricos, especialmente em ambientes industriais e centros comerciais, onde há elevada concentração de cargas sensíveis e processos automatizados. Ela está diretamente relacionada à conformidade dos parâmetros da energia fornecida como tensão, frequência e forma de onda com os padrões estabelecidos por normas técnicas, como a IEEE 519. A presença de desvios nesses parâmetros caracteriza distúrbios de qualidade de energia, que podem acarretar falhas operacionais, mau funcionamento de equipamentos, interrupções em processos produtivos e redução da vida útil de máquinas.

Nos últimos anos, o aumento significativo da utilização de equipamentos eletrônicos baseados em componentes não lineares como inversores de frequência, retificadores, fontes chaveadas e controladores de motor tem intensificado os problemas relacionados à distorção harmônica da corrente e da tensão. Esses dispositivos, ao interagirem com a rede elétrica, alteram as características da forma de onda senoidal ideal, gerando distúrbios como harmônicos, flutuações de tensão, flicker e desequilíbrios de carga.

Diante desse cenário, a qualidade da energia elétrica tornou-se uma preocupação central no planejamento, operação e manutenção de sistemas elétricos modernos. A adoção de estratégias de monitoramento contínuo, análise harmônica e compensação de distúrbios por meio de filtros ativos e bancos de capacitores tornou-se essencial para garantir a integridade do fornecimento de energia e a eficiência energética em instalações críticas. Assim, o estudo e a gestão da qualidade de energia vêm ganhando destaque nas áreas de engenharia elétrica e automação industrial, exigindo soluções técnicas cada vez mais robustas e inovadoras.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Crescimento do Uso de Equipamentos com Componentes Não Lineares – Índice (1950–2025)

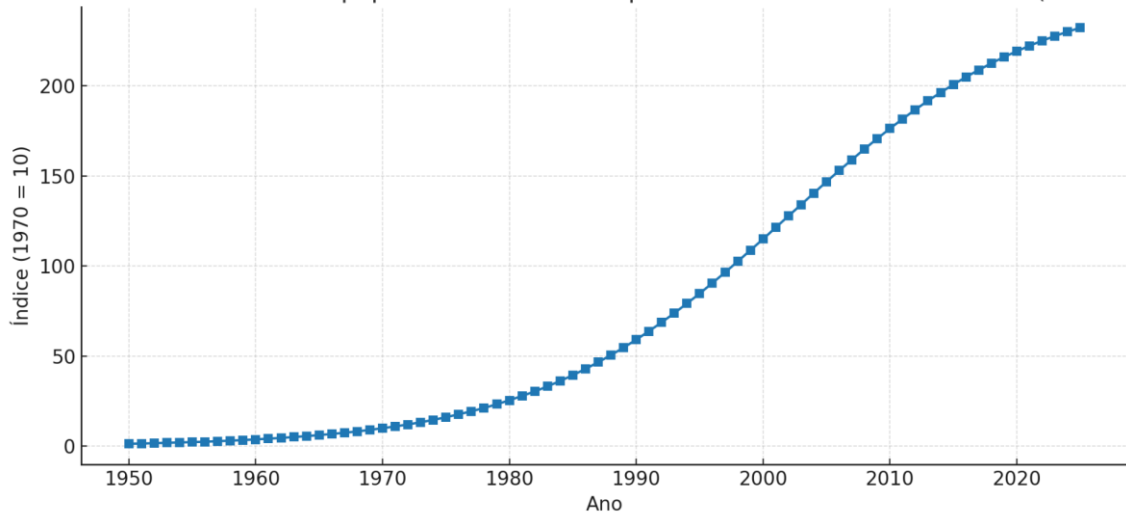


Figura 1 – Crescimento do uso de equipamentos com componentes não lineares (1950–2025)
Fonte: Imagem criada com auxílio de Inteligência Artificial (IA)

2.1 Distúrbios de energia elétrica

Os distúrbios de energia elétrica são alterações indesejadas nas características da forma de onda senoidal que podem afetar o desempenho de equipamentos e sistemas.

Esses distúrbios referem-se a qualquer alteração nos parâmetros de energia elétrica ideal e podem prejudicar a eficiência, desempenho e longevidade de máquinas e equipamentos. Esses distúrbios podem ser temporários ou permanentes e variam de acordo com intensidade, duração e frequência.

Esses distúrbios podem ser causados por falhas na rede, equipamentos obsoletos, ou seja, equipamentos antigos, ultrapassados; equipamentos mal dimensionados, além da crescente automação industrial, que exige maior controle e estabilidade das formas de onda.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

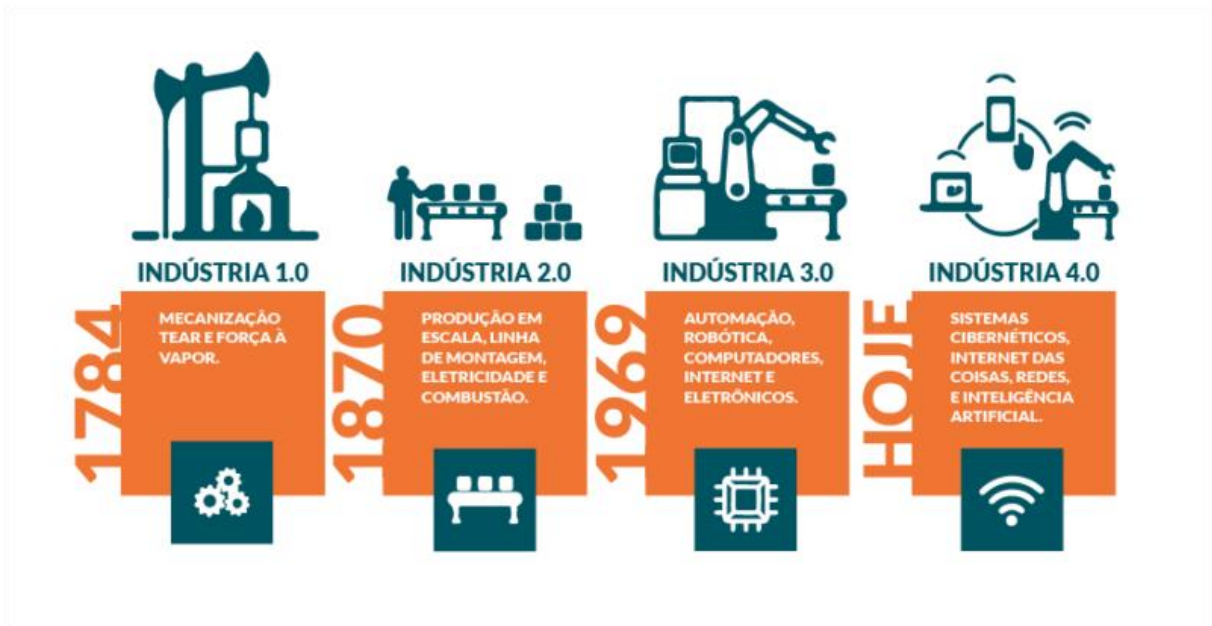


Figura 2 – Crescimento ao longo dos anos, da automação industrial
 Fonte: <https://tcas.com.br/industria-4-0-o-que-e-e-como-chegamos-ate-aqui/>

3. HARMÔNICAS

Um distúrbio harmônico é uma forma de perturbação da qualidade da energia elétrica caracterizada pela presença de componentes de corrente ou tensão em frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental do sistema elétrico (no Brasil 60 Hz). Esses componentes não pertencem à forma de onda senoidal ideal e resultam na distorção do sinal elétrico, afetando o desempenho, a eficiência e a confiabilidade de equipamentos e sistemas de potência.

3.1 Origem dos harmônicos

Harmônicos são introduzidos principalmente por cargas não lineares, que não apresentam uma relação linear entre a tensão aplicada e a corrente absorvida. Ao contrário de cargas lineares (como resistores, motores de indução operando em regime permanente, etc.), essas cargas modificam a forma da corrente consumida, gerando correntes com conteúdo espectral em múltiplos inteiros da frequência fundamental.

Exemplos típicos de cargas não lineares incluem:

- Fontes chaveadas (SMPS - Switch Mode Power Supplies);
- Retificadores de onda completa com filtro capacitivo;

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

- Inversores e conversores eletrônicos de potência;
- Variadores/Inversores de frequência (VFDs);
- Lâmpadas fluorescentes eletrônicas e LEDs;
- Equipamentos de solda por arco;
- Estações de carregamento de veículos elétricos.



Figura 3 - Cargas Não Lineares

3.2 Classificação das Harmônicas

As harmônicas são classificadas conforme com relação a:

- Frequência:
 - 2ª harmônica = 120 Hz (em sistemas de 60 Hz);
 - 3ª harmônica = 180 Hz, etc.
- Ordem:
 - Harmônicas de ordem ímpar: MAIS COMUNS (3ª, 5ª, 7ª, 9ª...);
 - Harmônicas de ordem par : menos frequentes, indicam assimetria ou falhas.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

- Sequência de fase:
 - Harmônicas de sequência direta: 4^a, 7^a, 10^a...
 - Harmônicas de sequência inversa: 2^a, 5^a, 8^a...
 - Harmônicas de sequência zero: múltiplos de 3 (3^a, 6^a, 9^a...)

As harmônicas de sequência zero são aquelas cujas componentes de corrente ou tensão têm uma fase idêntica em todas as três fases do sistema trifásico. Ou seja, elas se comportam como se estivessem "somando" ou "adicionando" suas correntes nas três fases, sem se cancelar mutuamente, como ocorre com as harmônicas de sequência direta ou inversa.

Por exemplo, a 3^a harmônica (180 Hz em um sistema de 60 Hz) e suas múltiplas (6^a, 9^a, etc.) são harmônicas de sequência zero, o que significa que elas têm a mesma fase em todas as três fases do sistema trifásico.

Ou seja, mesmo quando as cargas parecem estar bem distribuídas entre as fases, essas harmônicas de sequência zero podem fazer com que o fio neutro que normalmente deveria transportar pouca ou nenhuma corrente fique sobrecarregado e aqueça mais do que o esperado, podendo causar falhas, desligamentos ou até incêndios se não for corretamente dimensionado ou protegido.

4. CONSEQUÊNCIAS DO DISTÚRBO HARMÔNICO

A presença de harmônicas aumenta a impedância dos condutores e transformadores (devido ao efeito peculiar), elevando as perdas por efeito Joule (I^2R).

Equipamentos sensíveis à forma da onda (ex: relés, sensores, CIs, fontes) podem falhar ou operar de forma errática.

Transformadores podem sofrer saturação magnética, levando ao aumento das perdas no núcleo (perdas por histerese e correntes parasitas).

Motores podem apresentar vibrações mecânicas, sobreaquecimento e redução do torque útil, especialmente com harmônicas de sequência inversa.

Medidores eletromecânicos antigos podem registrar consumo incorretamente, enquanto medidores eletrônicos modernos podem apresentar erros de leitura se não forem devidamente projetados para filtrar ou contabilizar harmônicos.

A tarifação com base na energia ativa pode não refletir corretamente o impacto do consumo distorcido, especialmente se houver penalizações por baixo fator de potência harmônico, comum em indústrias.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

4.1 Proposta de Mitigação

Nas abordagens de filtragem existem dois tipos de filtros passivos e ativos. Filtros passivos: são eficazes para harmônicos específicos (por exemplo, 5ª e 7ª). É importante estar atento, pois em algumas situações o filtro pode interagir com a rede elétrica e gerar oscilações indesejadas no sistema.

Filtros ativos: oferecem resposta mais flexível e podem mitigar uma ampla gama de harmônicos sem criar novas ressonâncias, mas exigem planejamento de funcionamento e manutenção.

Realizar uma gestão de cargas não lineares, distribuir as cargas não lineares por áreas distintas para reduzir o compartilhamento de vias de alimentação.

Substituição de fontes com distorção muito elevada por alternativas com menor THD ou com características de comutação mais suaves.

Dimensionamento adequado de condutores e neutro para suportar correntes harmônicas sem sobreaquecimento.

Separação física de circuitos de cargas lineares e não lineares quando possível.

Monitoramento contínuo de qualidade de energia para detectar mudanças na geração de harmônicos ao longo do tempo.

Utilizar analisadores de qualidade de energia para monitorar THD, distorções de tensão e corrente, e a evolução de harmônicos ao longo de operações normais para verificação e instrumentação.

5. HARMÔNICOS NO SISTEMA ELÉTRICO

Os harmônicos são causados por diversos equipamentos presentes nos sistemas elétricos, principalmente em indústrias, e podem afetar a qualidade da energia. Neste estudo, são apresentados os principais tipos de cargas que geram harmônicos e os efeitos que eles causam no sistema e nos equipamentos.

Também são explicados os indicadores utilizados para medir a distorção harmônica, que ajudam a avaliar se os níveis estão dentro dos limites permitidos pelas normas.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Além disso, foi feita uma análise de ressonância harmônica, que mostra como o sistema responde em diferentes frequências. Essa análise foi feita com a ajuda de um programa de computador, que simula o comportamento do sistema e calcula a distorção em diferentes pontos.

Um ponto importante identificado foi a presença de ressonância próxima ao 4º harmônico, causada pelos bancos de capacitores na barra de 13,2 kV, o que pode aumentar os problemas com harmônicos.

ORDEM HARMÔNICA	1	3	5	7	11	13	17	19	23	25
Corrente em Amper	860	3,4	20,6	12,0	28,4	19,8	2,6	2,6	2,6	4,3
% da corrente fundamental	100	0,4	2,4	1,4	3,3	2,3	0,3	0,3	0,3	0,5

Tabela 1 - Distorções harmônicas do sistema em estudo

Fonte: Douglas Angelo Teixeira (Universidade Federal de Minas Gerais)
ALVES, M. F. Filtros Harmônicos, Belo Horizonte, E.R. Equipamentos Elétricos de Alta Tensão Ltda.,

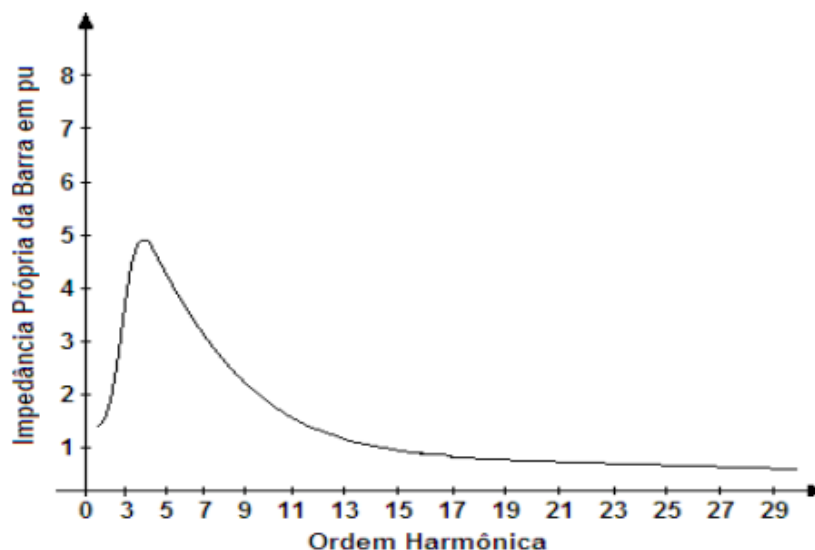


Figura 4 Análise de ressonância Harmônica

Fonte: Douglas Angelo Teixeira (Universidade Federal de Minas Gerais)
ALVES, M. F. Filtros Harmônicos, Belo Horizonte, E.R. Equipamentos Elétricos de Alta Tensão Ltda.,
(Boletim Técnico ERE-BT-006).

Nesses estudos nota-se que os efeitos harmônicos em instalações elétricas não são apenas uma comodidade teórica, são fatores que influenciam diretamente a confiabilidade, a eficiência e a vida útil dos equipamentos. Os efeitos harmônicos são um tema central na qualidade de energia em instalações modernas. Com uma



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

abordagem prática de diagnóstico, planejamento e mitigação levando em conta as características específicas de cada instalação é possível reduzir impactos, aumentar a confiabilidade e manter os equipamentos operando dentro dos limites esperados.

6. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em: pesquisa bibliográfica, com base em livros, artigos científicos, publicações técnicas e materiais disponíveis em bases de dados, análise normativa, criação de imagem com inteligência artificial abordando temas como qualidade da energia elétrica, harmônicos, cargas não lineares e técnicas de mitigação. Essa revisão serviu como base teórica para compreender o funcionamento das harmônicas e seus efeitos nas instalações elétricas.

Em seguida, foi realizada uma análise das normas com destaque para a norma brasileira IEEE 519:2022, que define limites de distorção harmônica e diretrizes para o ponto de acoplamento comum (PCC). Essa etapa foi importante para compreender os parâmetros recomendados e garantir que as análises seguissem padrões reconhecidos internacionalmente.

Para evidenciar a importância deste trabalho, destaca-se que sua realização contribui diretamente para o aprimoramento do conhecimento de técnicos e engenheiros elétricos, ao oferecer uma análise clara e fundamentada sobre os impactos dos harmônicos nos sistemas de energia. A compreensão desses efeitos é essencial para diagnóstico, planejamento e implementação de medidas de mitigação que garantem maior confiabilidade, eficiência e vida útil dos equipamentos. Assim, este estudo não apenas reforça conceitos teóricos, mas também apresenta aplicações práticas indispensáveis para o cotidiano profissional, tornando-se uma ferramenta relevante para a formação e atuação na área elétrica.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos harmônicos em instalações elétricas, identificando suas causas, consequências e propondo medidas eficazes de mitigação para assegurar a qualidade da energia elétrica. A partir da revisão bibliográfica, da análise normativa e dos estudos de caso, foi possível compreender que a presença de cargas não lineares é o principal fator responsável



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

pela geração de harmônicas, comprometendo o desempenho, a confiabilidade e a durabilidade dos sistemas elétricos.

Constatou-se que as harmônicas provocam diversos impactos negativos, como o aquecimento excessivo de condutores e transformadores, a sobrecarga do condutor neutro, o aumento das perdas por efeito Joule, a redução do torque em motores e a possibilidade de falhas em equipamentos sensíveis. Tais efeitos demonstram que a distorção harmônica não é apenas um fenômeno teórico, mas um desafio real para a operação segura e eficiente das instalações modernas.

A análise baseada na norma IEEE 519:2022 mostrou-se essencial para estabelecer limites de distorção aceitáveis e orientar o planejamento de sistemas que contemplem tanto cargas lineares quanto não lineares. Os resultados indicaram que o atendimento a esses padrões é fundamental para minimizar a interferência entre equipamentos e preservar a integridade dos sistemas elétricos no ponto de acoplamento comum (PCC).

Entre as principais estratégias de mitigação destacam-se o uso de filtros passivos e ativos, o redimensionamento de condutores e do neutro, a separação de circuitos lineares e não lineares, além do monitoramento contínuo da qualidade da energia. Observou-se que, embora os filtros passivos apresentem bom desempenho para frequências específicas, os filtros ativos se mostram mais eficazes para compensações dinâmicas e múltiplas ordens harmônicas, contribuindo para a estabilidade e o equilíbrio do sistema.

Outro ponto de relevância foi a análise de ressonância harmônica, que demonstrou a possibilidade de amplificação de distorções quando as frequências harmônicas coincidem com as frequências naturais dos bancos de capacitores. Esse fenômeno reforça a necessidade de um projeto criterioso e de avaliações preventivas em sistemas elétricos industriais.

Dessa forma, confirma-se a hipótese inicial de que a aplicação de técnicas adequadas de mitigação aliadas ao cumprimento das normas técnicas e ao uso racional de equipamentos eletrônicos é capaz de reduzir significativamente os efeitos das distorções harmônicas, elevando a eficiência e a confiabilidade das instalações elétricas.

Em termos práticos, a gestão eficiente da qualidade da energia contribui não apenas para a segurança operacional e a redução de falhas, mas também para o aumento da vida útil dos equipamentos e a otimização do consumo energético,



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

aspectos indispensáveis no contexto atual de automação industrial e sustentabilidade.

Como recomendação, sugere-se que futuras pesquisas aprofundem a aplicação de técnicas inteligentes de compensação harmônica, o uso de filtros híbridos controlados por sistemas de automação e a integração de sensores de monitoramento em tempo real. Essas abordagens podem representar importantes avanços na prevenção e no controle de distúrbios elétricos em sistemas de potência cada vez mais complexos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. F. *Filtros Harmônicos*. Belo Horizonte: E.R. Equipamentos Elétricos de Alta Tensão Ltda., Boletim Técnico ERE-BT-006, [s.d.].

Disponível em: <https://tcas.com.br/industria-4-0-o-que-e-e-como-chegamos-ate-aqui/>.
Acesso em: 15/09/2025.

IEEE. *IEEE Std 519-2022 – Standard for Harmonic Control in Electric Power Systems*. Revisão do IEEE Std 519-2014. 5 ago. 2022. doi: 10.1109/IEEESTD.2022.9848440. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9848440&isnumber=9848439>. **Acesso em:** 12/10/2025.

TEIXEIRA, Douglas Angelo. Universidade Federal de Minas Gerais.