



03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Qualidade de Lâmpadas LED: elas não danificam por excesso de acionamento

Alisson Luiz Agusti

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Campus Caçador

Angelo Marcelo Tuset

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa

Resumo: O presente artigo apresenta os resultados de um estudo acerca da durabilidade de lâmpadas LED em função do número de acionamentos. Notoriamente, nas instalações, tais lâmpadas não tem atingido a sua vida útil apontada por seus fabricantes, o que leva a crer na baixa qualidade destes produtos. Um dos fatores de degradação da vida útil reside na incidência de Transientes proveniente de seus acionamentos – os interruptores manuais – que podem levar à degradação paulatina, mormente quando associados às condições físicas das instalações elétricas. Objetivamente pretendeu-se testar a hipótese de que tais lâmpadas têm sua durabilidade diminuída pelo número de acionamentos – gerador de Transiente. Efetuou-se medições das magnitudes destes Transientes e executou-se testes automatizados de acionamentos intermitentes. Dois testes de aproximadamente 400.000 acionamentos cada foram realizados e as lâmpadas não danificaram, apontando para outros fatores, tais quais aqueles aventados na seção de revisão bibliográfica. Continuidades em experimentos foram sugeridas, tais quais os testes em campo e não somente laboratoriais.

Palavras-chave: Transiente, Acionamento, Lâmpada LED, Qualidade.

LED Lamps Quality: they do not get damaged by excessive switching

Abstract: This article presents the results of a study on the durability of LED lamps as a function of the number of switching. It is well known that these lamps have not reached the life cycle specified by their manufacturers in installations, which suggests the low quality of these products. One of the factors contributing to their useful life degradation is the incidence of Transients generated by their activations – manual switches – which can lead to gradual degradation, especially when combined with the physical electrical installation's conditions. The objective was to test the hypothesis that consists of durability of these lamps decreases with the number of activations – a Transient generator. Magnitudes measurements of these transients were taken, and automated intermittent activation tests were performed. Two tests of approximately 400,000 switching each were performed, and the lamps were not damaged, suggesting other factors, such as those observed at literature review section. Experimental continuity was suggested, such as field testing rather than just laboratory testing.

Keywords: Transient, Switching, LED Lamp, Quality.

1. Introdução

Fabricantes de lâmpadas LED têm afirmado que as suas podem atingir uma vida útil de até 50.000 horas, com vida mediana de 25.000 horas. Este valor é consideravelmente elevado em comparação com aquelas fluorescentes e incandescentes (não mais comercializadas) – 8.000 e 1.000 horas respectivamente. Entretanto, é notório que, no cotidiano, a longevidade útil tem se apresentado muito inferior, impactando na necessidade de substituições muito antes do prazo previsto.

Tal fato poderia estar relacionado à defeitos de fabricação, supressão de circuitos internos, ou por processos de fabricação desajustados. Importa que, falhas têm se apresentado além das expectativas e muito antes de suas vidas medianas apontadas, o que leva à suspeição acerca da pouca qualidade destes dispositivos.

Entre os principais problemas enfrentados pelas lâmpadas aponta-se os Transientes, isto é, elevações momentâneas dos valores de Tensão elétrica e que, por tal, vão “estressando” os materiais isolantes, quando não a danificação imediata destes componentes.

Uma das fontes de Transientes são as manobras dos circuitos, principalmente quando provenientes de dispositivos interruptores do tipo “contato seco” e por acionamento manual. Esses Transientes, geralmente, são de pequena monta e não causam danos imediatos, mas são fatores de comprometimento gradual e redução de vida útil.

Outros fatores podem potencializar o efeito dos Transientes, tais quais a impedância total do circuito, pontos de mudança de impedância – mormente conexões – acoplamento eletromagnético entre circuitos adjacentes, ressonâncias elétricas, reflexões de onda, efeito corona, efeito rebote do interruptor, entre outros.

Pretende-se, portanto, verificar a durabilidade de lâmpadas LED, aleatórias, em função da intermitência de acionamento assumindo, como hipótese que: os Transientes Impulsivos de Tensão provocados pelos interruptores no acionamento e *desacionamento* são causadores da redução da vida útil das lâmpadas LED.

Assim, este artigo está dividido em cinco seções. A primeira, está contextualizando o tema geral do trabalho, descrevendo rapidamente o problema e indicando o objetivo de sua realização.

A segunda seção, com lâmpadas LED de seis fabricantes distintos escolhidos aleatoriamente - alguns renomados comercialmente - explicará o método experimental utilizado com vistas à aceitação ou não da hipótese aventada. O método de estudos contemplará medições com osciloscópio dos Transientes provenientes de acionamento manual e automático a fim validá-los e permitirá testes de intermitência de acionamento.

A terceira Seção trará revisão de bibliografia acerca de acionamento de cargas elétricas e fontes geradoras de Transientes, bem como um apanhado sobre o efeito destes nas instalações elétricas e não somente nos dispositivos de consumo. Abordar-se-á degradação paulatina dos elementos bem como a possibilidade de apresentação defeitos precoces ao invés de as falhas catastróficas, potencializados por diversos elementos constituintes da instalação elétrica em si.

A quarta seção apresentará a execução da pesquisa em laboratório bem como os seus resultados. Mostrará coletas automatizadas, pelo osciloscópio, e medições dos Transientes impulsivos de Tensão. Posteriormente mostrará a execução dos testes de acionamento intermitente de seis conjuntos de lâmpadas LED e, posteriormente, novo sequenciamento de testes com seis lâmpadas acionadas individualmente.

Por fim, a quinta e última seção, a Conclusão. Será apresenta o panorama deste trabalho, os resultados dos testes de intermitência, a indicação das oportunidades de continuidade dos estudos e uma asserção acerca da hipótese aventada.

2. Materiais e Métodos

Fez-se verificações no acionamento individualizado das lâmpadas LED por meio de interruptor e contator. Também em as lâmpadas LED individualmente acionadas e em conjunto, por meio de contator. Fez-se verificações e medições, com lâmpada incandescente, de modo a estabelecer esta lâmpada como referencial de funcionamento.

Também foi preciso saber se o potencial de danos às lâmpadas acionadas por contator, é semelhante àquele potencial de dano proporcionado por interruptor. Sendo esses potenciais equivalentes, pode-se acelerar os testes de intermitência utilizando um contator.

O sinal elétrico de medição foi o fio Fase (F), referenciado ao Proteção (terra) (PE) em um sistema monofásico alternado 220 V eficaz, 60 Hz, composto por Fase, Neutro e Proteção (220 V~ / 60 Hz) (F + N + PE).

A escala de medição do osciloscópio não permitiu abranger toda a faixa de Tensão de pico (U_p) (+311 V a -311 V), sendo utilizado 4 canais, e todos eles simultaneamente:

- canal A: semiciclo (+) verificando o sinal na rede;
- canal B: semiciclo (+) verificando o sinal na lâmpada;
- canal C: semiciclo (-) verificando o sinal na rede;
- canal D: semiciclo (-) verificando o sinal na lâmpada);

As telas coletadas possuem deslocamento gráfico equivalente à metade da onda senoidal, ou seja, o instante 0 nas telas corresponde à $\frac{1}{2}$ período da senoide, isto é, 8,33 mS.

Para execução dos testes laboratoriais foram seguidos os passos abaixo, portanto:

- a) Efetuar medições no acionamento por interruptor – incandescente;
- b) Efetuar medições no acionamento por interruptor – LEDs individuais;
- c) Efetuar medições no acionamento por contator – incandescente;
- d) Efetuar medições no acionamento por contator – LEDs individuais;
- e) Efetuar medições no acionamento por contator – LEDs todas (agrupadas);
- f) Verificar o comportamento no teste de intermitência – todas (agrupadas);
- g) Verificar o comportamento no teste de intermitência – individuais.

O Quadro 1 abaixo, apresenta as características das lâmpadas do teste:

Quadro 1 – Configurações das Lâmpadas de Teste.

Lâmpada	U (V)	P (W)	F (Hz)	Tipo	Modelo
Incandescente	220	60	60	Bulbo	Rosca de Edison E27
LED 1	100 – 240	9	50 – 60	Bulbo Compacto	Rosca de Edison E27
LED 2	86 – 265	8	50 – 60	Compacta	Rosca de Edison E27
LED 3	100 – 240	8	50 – 60	Bulbo	Rosca de Edison E27
LED 4	86 – 265	12	50 – 60	Compacta Espiral	Rosca de Edison E27
LED 5	100 – 240	9	50 – 60	Tubular Linear	T8 G13
LED 6	100 – 240	18	50 – 60	Tubular Linear	T8 G13
LED Todas	<i>Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 1 de mesmo lote de fabricação. Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 2 de mesmo lote de fabricação. Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 3 de mesmo lote de fabricação. Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 4 de mesmo lote de fabricação. Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 5 de mesmo lote de fabricação. Subgrupadas 8 Lâmpadas LED 6 de mesmo lote de fabricação. Agrupadas todas formando um conjunto de 48 lâmpadas. Todas conectadas em paralelo.</i>				

Fonte: o Autor.

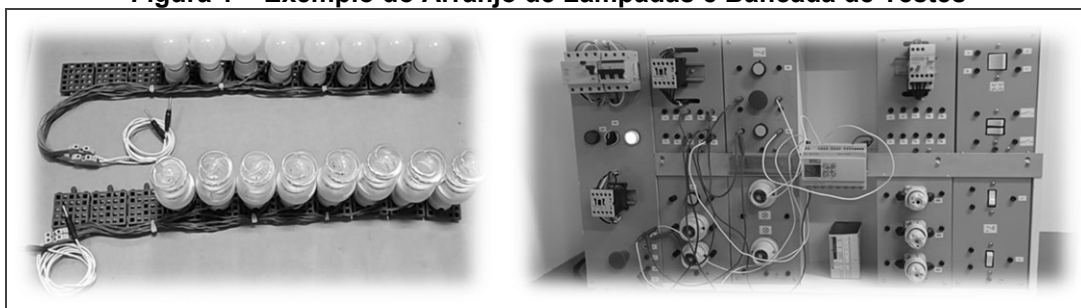
Posterior às medições, deu-se início ao teste de intermitência que se constituiu de:

- a) preparação do ambiente de testes, dividido em duas etapas principais, quais sejam:
 - preparação do ambiente lógico;
 - preparação do ambiente físico;
- b) execução do teste programado, dividido em:
 - início dos ciclos de testes;
 - reinício dos testes;
- c) averiguação dos resultados ao fim de cada ciclo:
 - verificar o estado das lâmpadas;
 - iniciar novo ciclo de testes.

O início dos ciclos de teste, ocorreram sempre manualmente. Eventualmente a execução do programa era interrompida (p. ex. falta de energia elétrica). Todavia, o programa no CLP permitia o reinício dos ciclos a partir do ponto de “última parada”. Na fase de reinício de um novo ciclo de testes, se verificava alguma alteração no estado de funcionamento das lâmpadas e se efetuava a contabilização de danos, e horas trabalhadas.

A Figura 1 apresenta um exemplo do arranjo de lâmpadas e a bancada de testes, e a Figura 2 exemplos de lâmpadas em teste.

Figura 1 – Exemplo do Arranjo de Lâmpadas e Bancada de Testes



Fonte: o Autor.

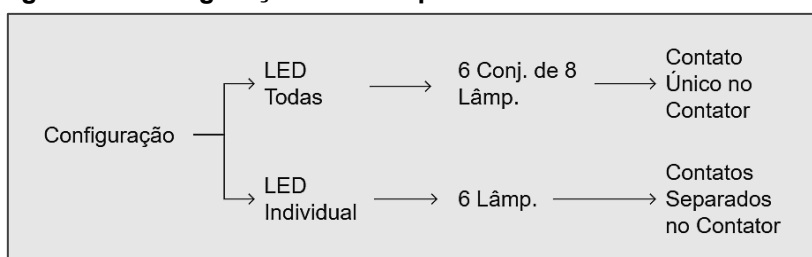
Figura 2 – Exemplo de Lâmpadas em Teste.



Fonte: o Autor.

A primeira etapa dos testes de intermitência ocorreu com lâmpadas agrupadas, e a segunda etapa com as lâmpadas sendo acionadas individualmente. As lâmpadas testadas, de maneira agrupada ou individual compunham sempre o mesmo lote de fabricação de seu respectivo fornecedor. A Figura 3 resume as configurações das lâmpadas nos testes de intermitência.

Figura 3 – Configuração das Lâmpadas no Teste de Intermitência.



Fonte: o Autor.

3. Referencial Teórico

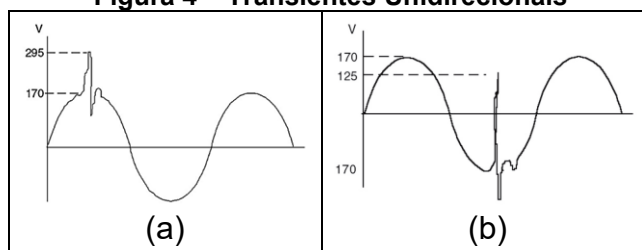
Transientes de Tensão referem-se a variações momentâneas e temporárias na Tensão Elétrica (U). É o efeito ocorrido na U proveniente de um evento temporário. São, perturbações elétricas rápidas, geralmente causadas por eventos como falhas de chaveamento, descargas atmosféricas ou operações de comutação (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (IEEE), 2019). Esses surtos têm um percurso oscilatório amortecido, com Transientes íngremes que podem durar nanossegundos (FINDER, 2012).

Idealmente, a energia deveria ser suprida com valores constantes de U e Frequência (F), perfeitamente senoidal, todavia não é essa a realidade e cuja se apresenta com desvios na forma senoidal e mudanças repentinas nos valores (ARRILLAGA, 2000).

Transientes Impulsivos são caracterizados por uma alteração rápida e não periódica na forma de onda, com uma taxa de crescimento abrupta caracterizando-se por perturbações elétricas de curta duração, por um aumento rápido e não periódico na U ou Corrente (I), seguido por um decaimento gradual. As formas de onda associadas a esses Transientes, geralmente possuem picos de alta amplitude e durações que variam de nanossegundos a milissegundos. (ARRILLAGA, 2000) (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (IEEE), 2019).

Há casos em que os Transientes podem apresentar grandes variações nos níveis de tensão e representarem problemas distintos. Veja-se a Figura 4 (a) e (b), que representam Transientes Unidirecionais. No caso da Figura 4 (a) O pico efetivo de U é a soma do nível de 170 V com o impulso de 125 V, resultando em 295 V. A área sob a curva do Transiente é grande, indicando um conteúdo significativo de energia. O pico de U , combinado com esse nível de energia, pode danificar componentes do sistema e acionar dispositivos de proteção. Em a Figura 4 (b) O Transiente ocorre no pico da meia onda negativa, indo na direção positiva. Nessa condição, é improvável que haja danos aos equipamentos do sistema. No entanto, pode ocorrer a polarização reversa de diodos ou a ativação de dispositivos de proteção (LOPEZ, 2013).

Figura 4 – Transientes Unidirecionais



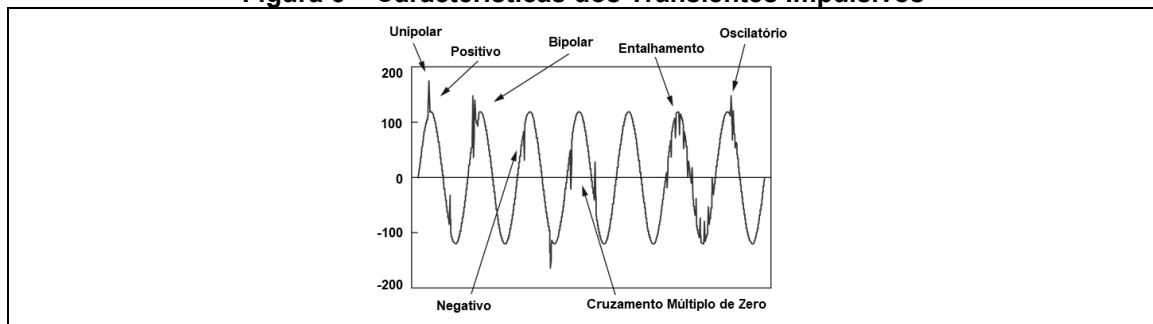
Fonte: (LOPEZ, 2013, p. 81)

A caracterização do Transiente (Figura 5) dependerá de: a localização dos valores máximo e mínimo na onda senoidal; se o sinal cruzou o eixo dos zeros em um ponto onde não deveria; se houve oscilações ou ressonância associado; se é repetitivo por vários ciclos no mesmo ponto da onda; se ocorre apenas próximo aos picos da onda senoidal, entre outros. (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (IEEE), 2019).

Johnson (1973) (grifo: o Autor) identificará a comutação de carga como sendo a **fonte mais comum de variações de U** . Essas variações geralmente são pequenas, a menos que as mudanças de carga sejam proporcionalmente altas em relação à instalação, especialmente onde as grandes capacidades de Indutância e Capacitância (LC) fornecerão ressonâncias elétricas (e amplificação de valores) em uma ampla faixa de F . Estes desvios de U podem ser aumentados devido à relação mecânica de abertura e fechamento dos contatos elétricos. Os eventuais problemas relacionados às variações de U podem ser agravados

pela amplificação das formas de onda transitórias em circuitos secundários de transformadores de redução de tensão.

Figura 5 – Características dos Transientes Impulsivos



Fonte: adaptado de The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (IEEE) (2019)

Os surtos repetidos, mesmo que de baixa amplitude, comprometem a resistência dielétrica dos isolamentos, levando à degradação e falha dos dispositivos (FINDER, 2012) (grifo: o Autor.), cujos dispositivos de proteção podem não entrarem em operação dadas as mencionadas baixas amplitudes.

Johnson (1973) já sinalizava para os efeitos dos Transientes (de comutação) de U e I nas instalações elétricas de baixa tensão, agravadas pelos efeitos ressonantes das LCs, que podem amplificar esses sinais e estudos acerca dos eventos transitórios em CC e concluiu-se que a interrupção da I nestes sistemas é uma das principais causas de U transitórias. Quando a I é interrompida, a energia magnética armazenada na indutância do sistema pode descarregar, produzindo sobretensões transitórias ou os Transientes de U (CHOWDHURI, 1975).

Ainda, este autor, complementarmente que a magnitude da U gerada pela ação de comutação depende das características do dispositivo de interrupção que podem causar sobretensões, deveras menores que as causadas por descargas atmosféricas, mas ainda substanciais que podem prejudicar equipamentos elétricos, especialmente aqueles contendo dispositivos semicondutores. (CHOWDHURI, 1975) (grifo: o Autor).

Todavia, a energia do surto que é fornecida pela fonte do surto é crucial, pois, a energia e não apenas a amplitude, determina o potencial de dano ao equipamento eletrônico. Um Transiente com alta energia pode causar mais danos do que um de alta amplitude, mas de curta duração. (RHOADES, 1989).

Esta é a energia efetivamente recebida pelo equipamento e pode diferir da energia fornecida pela fonte devido a perdas no sistema de distribuição, reflexões e outras características do circuito, lembrando que, as F do Transiente afetarão diretamente a Impedância (Z), podendo potencializar os efeitos danosos. Quando se levam em conta o comportamento dos Transientes nas instalações elétricas, outros aspectos devem ser levados em consideração, portanto.

A Z da fonte, que representa a resistência ao fluxo de I no ponto de origem ou na injeção de Transientes, é crucial para determinar como esses Transientes se propagam e afetam os sistemas elétricos. Uma alta Z pode atenuar a magnitude dos Transientes, reduzindo seu impacto nos equipamentos conectados, enquanto uma baixa Z pode permitir que Transientes de alta amplitude cheguem aos dispositivos. Além disso, a Z da fonte influencia as reflexões das ondas de Transientes, potencialmente amplificando ou diminuindo sua severidade (RHOADES, 1989). Martzloff e Gruzs (1988) fazem mais alguns apontamentos acerca das características destes Transientes afirmando que por não serem homogêneos, isto é, por variarem em amplitude, duração e F , exigirão abordagens de mitigação diferenciadas.

A propagação destes Transientes em sistemas elétricos será influenciada pelas cargas conectadas e pela configuração da instalação elétrica. Quando um Transiente ocorre, ele interage com as cargas e reflete nas conexões e terminais, que são determinados pelas diferenças de impedância entre as cargas, e a linha (incluindo os pontos de conexão). Cargas distribuídas, linhas ramificadas e o comprimento da instalação adicionam complexidade, introduzindo atrasos e ressonâncias que podem amplificar certos Transientes. (RHOADES, 1989) (grifo: o Autor).

Também em um estudo de campo, Tjäder e Daalder (2005) verificaram que a energização de computadores gera Transientes de alta amplitude e alta F , capazes de afetar significativamente outros equipamentos eletrônicos na mesma instalação. Medições realizadas mostraram que os Transientes de U ocorrem principalmente durante a energização dos computadores, com F de oscilação determinadas pela Z da rede e de capacitores do circuito de alimentação. Comparações entre redes de escritório e laboratório revelaram variações em F dos Transientes devido às diferenças na de LC da fonte. Além disso, a presença de cargas no mesmo no mesmo circuito, nos moldes citados anteriormente, influencia significativamente o comportamento dos Transientes, atenuando suas amplitudes e destacando a importância das características específicas da rede na propagação dos Transientes.

Mesmo em circuitos elétricos com Lâmpadas LED dimerizáveis os efeitos transientes são observáveis conforme indica Panchal et al. (2024) cujo potencial degradação causada pela ação de dimerização, que impactou fontes de alimentação vizinhas na rede de distribuição. Em um cenário de baixa qualidade de energia, o transiente causado pelas Lâmpadas LED dimerizáveis interagiu com os filtros dos circuitos vizinhos, levando à degradação na saúde e vida útil desses componentes. Especialmente no instante de acionamento, alto Transiente foi observado pelo efeito ressonante entre o circuito eletrônico da lâmpada e a linha de alimentação, o que desencadeou um alto Transiente de I e U

Os Transientes em fios e cabos de instalações elétricas de BT, portanto, especialmente aqueles relacionados à comutação destas cargas podem apresentar picos significativos, principalmente no acionamento de cargas LC onde as correntes iniciais são muito maiores do que as correntes de operação estável. (MISHRA, SWAIN e DASH, 2022).

Em suas pesquisas laboratoriais, os citados autores, observaram Transientes que apresentaram picos significativos durante os eventos de comutação. Ao analisar aqueles eventos percebeu-se que os Transientes possuíam altas amplitudes e F variáveis, com componentes predominantes na faixa de centenas de quilohertz (kHz), altas o suficiente para causar interferência em equipamentos eletrônicos sensíveis. Tais **Transientes de curta duração e alta amplitude podem causar sobretensão e sobrecorrente, prejudiciais ao isolamento dos cabos e aos componentes da instalação. Se persistirem, podem levar a falhas de isolamento e geração de calor excessivo, comprometendo a segurança e o funcionamento gerais** (grifo: o Autor).

Há um nível de Transiente, todavia, em que os equipamentos apresentam alguma suportabilidade e existe outro nível mais alto que sempre fará o equipamento falhar. Foi observado que a imunidade de equipamentos eletrônicos e instalações depende, portanto, de:

- a) amplitude: há valores da tensão de surto capazes de superar e/ou romper ou não dielétricos;
- b) quantidade de energia: existe um valor crítico de energia acima do qual o circuito se degradará e, para valores de energia mais altos, o circuito falhará (RHOADES, 1979) (RHOADES, 1989).

Ravindran et al. (2020) apontam que as falhas do sistema LED podem ser graduais (por exemplo, depreciação do iluminamento) ou catastróficas (falha completa). O dano muitas vezes não é imediato e catastrófico, passando despercebido porque no caso da lâmpada LED, esta continua a emitir luz. Estresses elétricos podem danificar a estrutura do circuito LED, fazendo com que falhe mais rapidamente do que sua vida útil esperada.

Especificamente para Lâmpadas LED, estes últimos autores, indicam que essa concepção de desenvolvimento robusto de circuitos e a consequente suportabilidade à Transientes, é sugerida quando investigam os efeitos das oscilações de Tensão provenientes de sistemas fotovoltaicos e aqueles de cargas à veículos elétricos. Um verificado por eles foi o efeito da variação de tensão até o encapsulamento do LED. Indicam, os pesquisadores, que algumas lâmpadas LED são suscetíveis a tais distúrbios devido à propagação verificada para o lado CC, enquanto outras são imunes. As lâmpadas imunes apresentaram eficiência quase constante, sem oscilações, com o circuito do driver impedindo a propagação e filtrando o distúrbio. Para as lâmpadas suscetíveis, a exposição frequente a variações de Tensão pode resultar em degradação de qualidade a longo prazo.

Enfatizam, ainda, que o impacto das variações de tensão não é imediato/catastrófico com perda de luz, mas poderia resultar em desgaste gradual, o que ainda coloca o LED em alto risco, levando a falhas prematuras. Neste estágio, é difícil prever o impacto de tais variações na vida útil exata das lâmpadas LED.

4. Pesquisa de Campo e Resultados

O total de coletas automatizadas, pelo osciloscópio, no acionamento das lâmpadas segue na Tabela 1. Posteriormente observou-se a ocorrência de Transientes provenientes e, efetuou-se medições via *software* do equipamento medidor, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 1 - Coletas de Telas Totais

Lâmpada	Acionamento Interruptor	Acionamento Contator	TOTAL
Incandescente	19	5	24
LEDs	19	24	43
TOTAL	38	29	67

Fonte o Autor

Tabela 2 - Medições Totais

Lâmpada	Acionamento Interruptor	Acionamento Contator	TOTAL
Incandescente	35	15	50
LEDs	35	85	120
TOTAL	70	100	170

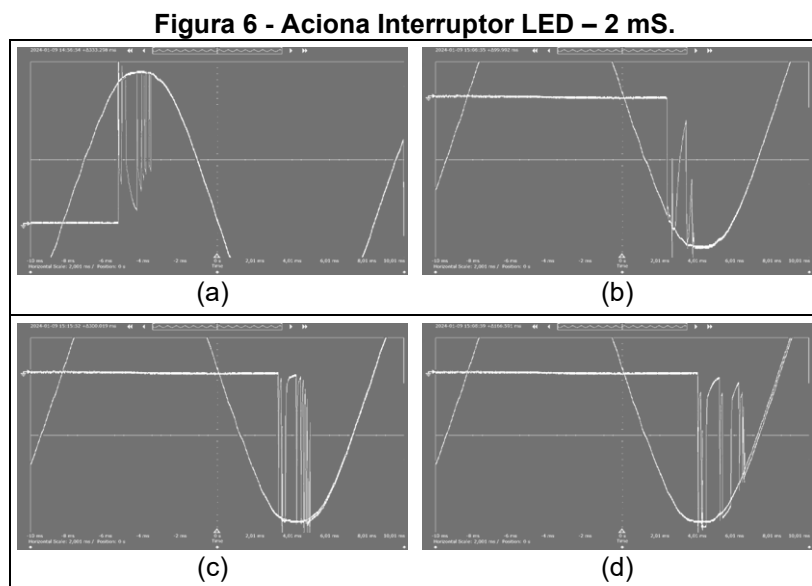
Principais resultados nas medições com interruptor:

- várias U_p foram acima dos 311 V ordinários, valor esse que se refletirá nos demais elementos da instalação adjacente, visto que essa foi a U medida no ponto de alimentação;
- verificou-se casos de elevado dU/dt relativo, acima do máximo ordinário para uma onda senoidal padrão que é de $0,12 \text{ V}/\mu\text{S}$;
- Elevados tempos totais de ruído na rede de alimentação.
- Elevados tempos de ruído na lâmpada.

Principais medições com contator (individuais e agrupadas):

- várias U_p foram acima dos 311 V ordinários, valor esse que se refletirá nos demais elementos da instalação adjacente, visto que essa foi a U medida no ponto de alimentação;
- verificou-se casos de elevado dU/dt relativo, acima do máximo ordinário para uma onda senoidal padrão que é de $0,12 \text{ V}/\mu\text{S}$;
- Elevados tempos totais de ruído na rede de alimentação;
- Elevados tempos de ruído na lâmpada;
- Excedentes de tensão foram observados fora dos picos de onda.

A Figura 6 mostra um exemplo de tela apontando quatro acionamentos, de uma das lâmpadas LED: (a) durante o semiciclo (+) e (b), (c) e (d) durante o semiciclo (-)



Fonte: o Autor.

Em o regime de acionamento por contator pôde-se verificar condições tão severas quanto aquelas acionadas por interruptor, “autorizando” assim a execução dos acionamentos intermitentes automatizados.

4.1 Teste de Intermitência

A Tabela 3, apresenta o resultado dos testes referidos.

Tabela 3 – Teste de Intermitência LEDs Agrupadas

Lâmpada	Tempo acesa (h)	Acionamento total	Lâmpadas s/ defeito	Lâmpadas c/ defeito
LED 1	725	325.911	8	0
LED 2	725	325.911	8	0
LED 3	725	325.911	8	0
LED 4	725	325.911	8	0
LED 5	725	325.911	8	0
LED 6*	1.829	392.151	7	1

Fonte: o Autor.

No caso da LED 6 esta possui maior número de acionamento por ser o único lote disponível no início do experimento. Também, como os tempos de intermitência eram maiores no início, esta rendeu mais horas de trabalho total (1.829×725). Também este lote foi o único que apresentou defeito, e em uma única lâmpada, logo no início do ciclo de testes.

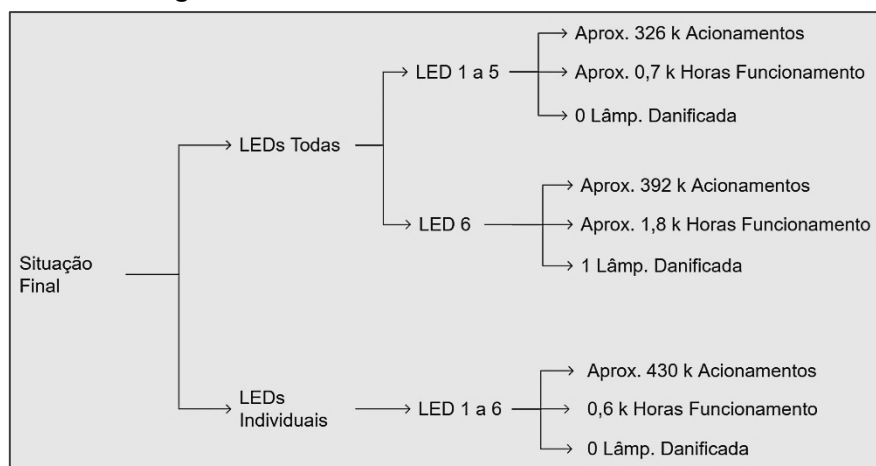
Já na Tabela 4, abaixo, são apresentados os resultados do teste de intermitência das lâmpadas acionadas individualmente e um panorama da situação ao final dos testes é apresentada na Figura 7.

Tabela 4 – Teste de Intermitência LEDs Individuais

Lâmpada	Tempo acesa (h)	Acionamento total	Lâmpadas s/ defeito	Lâmpadas c/ defeito
LED 1	600	432.000	1	0
LED 2	600	432.000	1	0
LED 3	600	432.000	1	0
LED 4	600	432.000	1	0
LED 5	600	432.000	1	0
LED 6	600	432.000	1	0

Fonte: o Autor.

Figura 7 – Resumo dos Testes de Intermitência



Fonte: o Autor.

5. Conclusões

Foi abordado aqui as recorrentes e prematuras falhas de lâmpadas LED nas instalações elétricas em geral o que leva a suspeitar acerca da sua qualidade.

O acionamento de cargas elétricas por meio de contatos tipo “secos” – os interruptores - são fontes de perturbações na rede de energia elétrica – os Transientes, e por tal fez-se uma revisão literária acerca do tema, bem como um apanhado sobre seus efeitos.

Abordou-se pontos acerca da degradação paulatina dos elementos e que poderão apresentar defeitos precoces ao invés de as falhas catastróficas, potencializados, pelos elementos constituintes da instalação elétrica em si.

Intentou-se justificar a pertinência desta investigação a fim de verificar a durabilidade de lâmpadas LED, aleatórias, em função da intermitência de acionamento, haja visto que seus fabricantes apontam suas vidas medianas de 25.000 h. Todavia, é notório que, no cotidiano, as lâmpadas LEDs não têm atingido tal durabilidade mesmo aquelas desenvolvidas por fabricantes renomados.

Como hipótese de pesquisa foi assumido que: os Transientes Impulsivos de Tensão provocados pelos interruptores no acionamento e *desacionamento* são causadores da redução da vida útil das lâmpadas LED ou causadores de falhas precoces nestas.

Para verificação da hipótese efetuou-se o seguinte procedimento de testes:

— Efetuar medições no acionamento por interruptor – incandescente;

- Efetuar medições no acionamento por interruptor – LEDs individuais;
- Efetuar medições no acionamento por contator – incandescente;
- Efetuar medições no acionamento por contator – LEDs individuais;
- Efetuar medições no acionamento por contator – LEDs agrupadas;

Em o acionamento por contator pôde-se significar condições tão severas quanto aquelas acionadas por interruptor. Desta forma, deu-se prosseguimento ao teste, como segue:

- Teste de intermitência – agrupadas;
- Teste de intermitência – individuais.

Para a situação LED Agrupadas quase 326.000 acionamentos das lâmpadas LEDs 1 a 5 e quase 400.000 acionamentos das LEDs 6 sendo que apenas uma lâmpada apresentou defeito. Defeito este ocorrido já no primeiro ciclo de testes o que se pode inferir em algum defeito e fabricação da mesma.

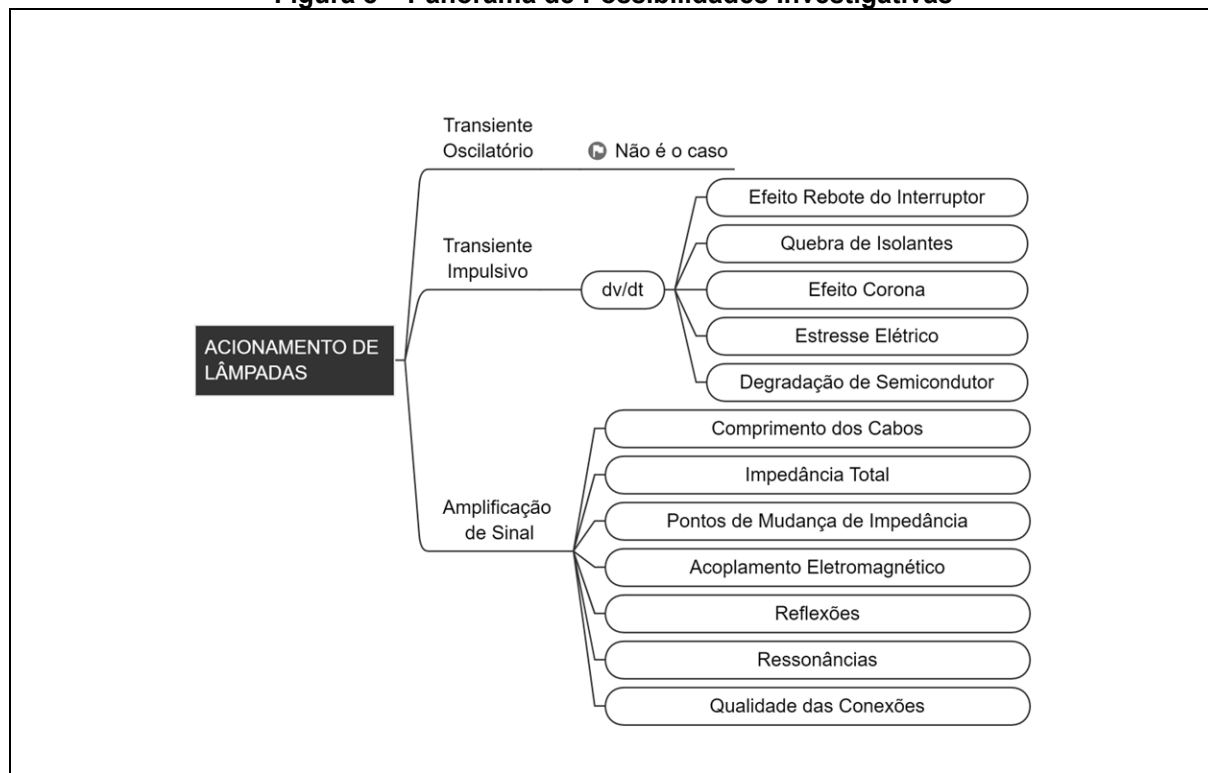
Se, para efeitos de dimensionamento temporal, for assumido 10 acionamentos diários para as referidas lâmpadas, levar-se-ia mais de 107 e 89 anos, respectivamente, para se atingir essa quantidade de acionamentos. À rigor, portanto, **pode-se afirmar que as lâmpadas não apresentaram danos por excesso de acionamentos.**

Algo semelhante com a situação LEDs Individuais. Foram 432.000 acionamentos das lâmpadas LEDs em seus respectivos circuitos individuais, perfazendo 600 h de funcionamento total, cada. Nenhuma lâmpada apresentou defeito.

De igual modo, supondo-se 10 acionamentos diários, levar-se-ia mais de 118 anos para atingir esse número de acionamentos. Portanto, **pode-se afirmar, novamente, que as lâmpadas não apresentam danos por excesso de acionamentos.**

As instalações elétricas, generalizadamente parecem contribuir, com a ocorrência de defeitos nas lâmpadas, já que lâmpadas não se danificaram pelo excesso de acionamentos, mesmo aquelas, supostamente de qualidade inferior.

Figura 8 – Panorama de Possibilidades Investigativas



Fonte: o Autor.

O ambiente de laboratório reproduz somente o Transiente no momento da comutação dos contatos, mas não reproduz as instalações físicas reais. Reproduzi-lo em um ambiente real e não simulado, pode ser uma alternativa, ou em laboratório simular uma instalação elétrica real. A Figura 8, apresenta um panorama de possibilidade investigativas.

Referências

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC (IEEE). **IEEE Std 1159-2019: Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**. New York: IEEE Standard Association, 2019.

FINDER. **Guia para Aplicação de Dispositivos de Proteção contra Surtos: DPS**. [S/L]: Finder, 2012.

ARRILLAGA, J. 62 - Power Quality. **The Electrical Engineering Handbook**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000.

LOPEZ, R. A. **Qualidade na energia elétrica: efeitos dos distúrbios, diagnósticos e soluções**. 2ª. ed. São Paulo: Aetilber, 2013.

JOHNSON, W. P. Transient Voltage Sources and Effects on Electrical Equipment. **IEEE Transactions on Industry Applications**, IA-9, May. 1973. 332-335. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4158401>>.

CHOWDHURI, P. Study of Transient Voltages in Transit Systems. **IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility**, EMC-17, n. 3, Aug. 1975. 140-149. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4090895>>. Acesso em: Jun. 2024.

RHOADES, W. T. **Designing Commercial Equipment for Conducted Susceptibility**. International Symposium on Electromagnetic Compatibility. San Diego: IEEE. 1979. p. 1-9.

RHOADES, W. T. **Congruence of low voltage power main transient designs**. Denver: IEEE. 1989. p. 285-296.

MARTZLOFF, F. D.; GRUZS, T. M. Power quality site surveys: facts, fiction, and fallacies. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 24, n. 6, Nov.-Dec. 1988. 1005-1018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=17472>>. Acesso em: Jul 2024.

TJÄDER, A.; DAALDER, J. **Transients due to load energizing in low voltage systems**. CIRED 2005 - 18th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution. Turin: IEEE. 2005. p. 1-4.

PANCHAL, J. et al. **Power Quality Impact of Residential LED Lighting Systems with Integrated TRIAC-Based Dimmer**. Power Quality Impact of Residential LED Lighting Systems with Integrated TRIAC-Based Dimmer. Long Beach, CA, USA.: IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). 2024. p. 3171-3178.

MISHRA, S.; SWAIN, S.; DASH, R. Switching transient analysis for low voltage distribution cable. **Open Engineering**, 12, 2022. 29-37. Disponível em:

<<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0004/html#MLA>>. Acesso em: Jul. 2024.

RAVINDRAN, V. et al. Characterization of the impact of PV and EV induced voltage variations on LED lamps in a low voltage installation. **Electric Power Systems Research**, 185, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779620301589>>.