

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2023v12n1p316>

**Análise comparativa de lâmpada bulbo LED dimerizável e lâmpada bulbo LED:
Aspecto Regulatório***

Comparative analysis of dimerizing LED bulb lamp and LED bulb lamp: Regulatory Aspect

Ana Regina Meneses e Silva Becker
Universidade Federal Fluminense - UFF
anarmsb@id.uff.br

Bruno Wanderley França
Universidade Federal Fluminense - UFF
bwfranca@id.uff.br

Márcio Zamboti Fortes
Universidade Federal Fluminense - UFF
mzamboti@id.uff.br

RESUMO ESTRUTURADO

Nos últimos anos o mercado de lâmpadas LED vem melhorando e amadurecendo nos quesitos de certificação, disponibilizando no mercado produtos em conformidade com padrões específicos de segurança, desempenho e qualidade previstos em normas e portarias. Porém, como todo produto tecnológico, deve haver esforços dos órgãos competentes para garantir a qualidade e estar sempre acompanhando essas melhorias.

Este artigo tem por finalidade analisar comparativamente lâmpadas bulbo LED dimerizáveis e lâmpadas bulbo LED sem o recurso da dimerização e a tratativa delas pelas normas visando analisar a qualidade de energia no que se refere a requisitos de potências, fator de potência e THD. Não foi encontrado divergências que comprometam a qualidade de energia. Após a análise, os modelos estudados não apresentaram discrepâncias nos valores recomendados pela portaria. Contudo, acendeu um alerta para revisão de literatura quanto aos parâmetros utilizados para tensão e potência em tecnologias tais como as lâmpadas dimerizáveis. Esses indicadores, devem ser mais detalhados nas normais vigentes.

Palavras-chave: LED, Sistema de Iluminação, Corrente Harmônica e Qualidade de Energia.

STRUCTURED ABSTRACT

In recent years the market of LED lamps has been improving and gradually achieving the requirements of certification, making products available on the market in accordance with specific patterns of safety, performance, and quality provided by standards and ordinances. However, like every technological product, there must be efforts of competent agencies to ensure quality and be always following these improvements.

This article aims to comparatively analyze dimerizable LED bulb lamps and LED bulb lamps without the dimerization feature and their treatment of them by the standards aiming to analyze the energy quality with regard to active power, power factor, and THD. No divergences were found that compromise energy quality. After the analysis, the models studied did not present

* Received 04 December 2022; accepted in 28 Juny 2023; published online 28 July 2023.

discrepancies in the values recommended by the ordinance. Nevertheless, it alerted a literature review to the parameters used for voltage and power in technologies such as dimerizable lamps. These indicators should be more detailed in the current standards.

Keywords: LED, Lighting System, Harmonic Current, and Power Quality.

1. INTRODUÇÃO

Com a solidificação das lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*) nos cenários residenciais, comerciais e industriais e a crescente importância da eficiência dos sistemas nos últimos tempos, fez com que os padrões e as diretrizes sobre esse tema fossem amplamente estudados e solidificados. Prova disso, é a implementação das diretrizes como Normas e Portaria que tratam sobre o tema. Contudo, como todo assunto estudado e normatizado, deve haver um cuidado com os parâmetros estabelecidos e a atualização à medida que esses produtos sofram modificações pertinentes a qualidade de energia.

Segundo observado em [1], as lâmpadas LED melhoram suas performances quando as portarias que as regulamentavam passaram a vigorar. O autor observou em seu estudo que a fiscalização adequada das lâmpadas comercializadas pode contribuir para o aprimoramento da tecnologia e conseqüentemente a redução do consumo de energia em residências e edifícios.

No Brasil, o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) criou a [2], atribuindo o processo de certificação de lâmpadas LED e garantindo o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) com condição de comercialização do produto. E criou a [3] que atribui ao Inmetro a competência para estabelecer as diretrizes e critérios para a atividade de avaliação da conformidade das lâmpadas LED com dispositivo de controle integrado à base comercializadas no país apresentarem requisitos mínimos de eficiência, segurança e compatibilidade eletromagnética. Em 2022, essas portarias foram unificadas e deram lugar a [4].

As lâmpadas LED, devido ao seu condicionamento de energia realizado pelo conversor, introduzem muitos harmônicos na rede elétrica [5]. Além disso, a regulação de fluxo por *dimmer* pode aumentar muito o conteúdo dos harmônicos de corrente em relação as lâmpadas não controlados [6]. Alguns dos artigos técnicos disponíveis na literatura investigaram os harmônicos introduzidos na rede pelas lâmpadas LED não regulamentadas [7] e por lâmpadas LED dimerizadas [8].

Para que as lâmpadas LEDs possam ser certificadas é necessário que se atenda aos requisitos de potência, fator de potência, limites de harmônica, fluxo luminoso, temperatura de cor, índice de reprodução de cores, eficiência e fluxo luminoso equivalente. Os parâmetros referentes a potência, fator de potência e a distorção harmônica total, do inglês *Total Harmonic Distortion (THD)* são os que interferem na qualidade da energia.

A potência e o fator de potência serão analisados pela [4]. Para o *THD*, utilizaremos a [9]. Esta norma contém os requisitos do teste para medir o limite de distorções para harmônicos de corrente em um dispositivo com até 16 A por fase. Como explicado na norma, o equipamento

sob teste é categorizado de acordo com sua aplicação em quatro classes: A, B, C e, D. Os limites são fornecidos para equipamentos ligados a 220/380 V, 230/400 V, e 240/415 V, com sistemas operando em 50Hz ou 60Hz. Não há limites para sistemas com tensão nominal inferior a 220 V, de acordo com [8].

Com o crescente interesse em economizar energia, o consumo de lâmpadas LED dimerizáveis vem crescendo no mercado. Contudo, percebeu-se a falta de clareza quando aos limites fornecidos pelas normas vigentes que atendam as lâmpadas bulbo LED com dispositivo integrado de potência superior a 5W e inferior a 25W. Lembrando que lâmpadas tubulares LED tem seus níveis de corrente harmônica contemplados pela norma e portaria.

Esse intervalo de potência é destacado no presente estudo pois representa cerca de 67% das amostras que chegam para serem ensaiadas no Laboratório Lablux - Laboratório de Luminotécnica da UFF. O Lablux é um laboratório acreditador do Inmetro que realiza ensaios de conformidade em equipamentos de luminotécnica. O mesmo possui pesquisas publicadas sobre o tema eficiência energética, qualidade de energia e luminotécnica como apresentado em [10], [11],[12] e [13].

Nota-se que as Normas estão sendo atualizadas nos últimos anos contemplando esse range de potência e ajustando os níveis de tensão. Foi o caso da IEC e da Diretriz utilizada pelos Japoneses [14]. O Japão assim como o Brasil tem tensões de rede abaixo de 200V. Ou seja, esses países tendem a fazer normas específicas para seus países utilizando a IEC como complementar.

A seguir, a Tabela 1 mostra um resumo de como o tema se enquadra nessas normas citadas.

Tabela 1 – Resumo das Normas e Portarias

	Europa	Brasil	Japão
Normas	IEC 61000-3-2	Portaria n° 69	Diretriz
Tensão (V)	220/380, 230/400V 240/415V	127/220V	< 300V
Corrente(A)	≤16A	≤16A	≤20A
Potência (W)	P≥5W e P≤25W	P≥5W e P≤25W	P≥35W

Fonte: Autor

A seguir compararemos as amostras de lâmpadas bulbo LED com reator integrado, com e sem dimerização e avaliaremos seu comportamento fotométrico quanto o regulamento [4].

2. METODOLOGIA

Procurando investigar as características de produtos que estão sendo comercializados, foram avaliadas 20 lâmpadas bulbo LED. As características das amostras fornecidas pelos fabricantes nas embalagens, seguem abaixo.

Tabela 2 – Características dos modelos estudados

	Potência Nominal (W)	Tensão Nominal (V)	Lúmens (lm)	Temperatura de cor (K)	Dimerizável	Custo
Modelo A	9	127	810	2700	Não	Baixo
Modelo B	9	127	803	2700	Sim	Alto

Fonte: Autor

Lembrando que as lâmpadas dimerizáveis são caracterizadas nas embalagens com o símbolo abaixo.




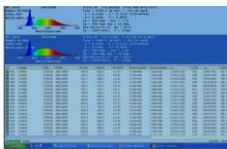



Figura 1 – Símbolo de lâmpada não dimerizável e lâmpada dimerizável

3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para as medições dos parâmetros elétricos e fotométricos foram utilizados os seguintes equipamentos.

Figura 2 – Equipamentos utilizados nos ensaios

a) Wattímetro	b) Fonte de tensão modelo	c) Espectrorradiômetro	d) Software para tratamento dos dados	e) Esfera integradora
				

Fonte: Autor

Os ensaios foram realizados nos seguintes equipamentos (Figura 2):

- a) Wattímetro modelo WT 210 da *Yokogawa*

- b) Fonte de tensão modelo *PACIFIC Smart*, para garantir a frequência de 60Hz e tensão de ensaio nominal da rede elétrica, 127 VCA ou 220 VCA, estável dentro de 0,2 % no momento da medição;
- c) Espectrorradiômetro modelo HAAS 2000 da *Everfine*;
- d) Computador com o software para tratamento dos dados;
- e) Esfera integradora de *Ulbricht*;

Cada modelo de lâmpada estudada no trabalho possuiu dez amostras que foram ensaiadas e após a medição das dez amostras, foi realizado o cálculo da média dos valores das medições de Potência, Fator de Potência, Fluxo Luminoso e Eficiência medidos. A seguir, uma breve descrição das medidas realizadas é apresentada.

Potência

A potência ativa (P) de um sinal comportando harmônicas é a soma das potências ativas causadas por tensões e correntes de mesma ordem [15].

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_{hrms} I_{hrms} \cos(\theta_h - \phi_h) \quad (1)$$

Onde:

Potência ativa;

V_{hrms} = Tensão eficaz de ordem h;

I_{hrms} = Corrente eficaz de ordem h;

$\theta_h - \phi_h$ = Defasagem angular entre a tensão e a corrente harmônica de ordem h.

Total Harmonic Distortion (TDH)

Considerando uma forma de onda distorcida, o desvio total do primeiro harmônico (valores *rms*) é chamado de harmônico total distorção (THD). A distorção harmônica total da corrente (2) é definido por:

$$THD_1 = \frac{I_H}{I_1} = \sqrt{\left(\frac{I}{I_1}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

Da mesma forma é definida a distorção harmônica total da tensão.

Fator de Potência (FP)

O fator de potência é a relação entre a potência ativa P e a potência aparente S (3). Pode ser expresso por (4) onde fica explicita a dependência do fator de potência, não somente com o ângulo de defasagem entre a corrente e tensão, expresso em (5), mas também a distorção na forma de onda da corrente de alimentação [16].

$$PF = \frac{P}{S} \quad (3)$$

$$\cos \phi = \frac{P_1}{S_1} \quad (4)$$

$$PF = \frac{[1+(P_H/P_1)PF_1]}{\sqrt{1+THD_I^2+THD_V^2+(THD_I THD_V)^2}} \quad (5)$$

Onde:

P=Potência ativa;

S=Potência reativa;

$\cos \phi$ = Ângulo entre a forma de onda de corrente e tensão na frequência fundamental;

P_1 = Potência ativa da fundamental;

S_1 = Potência reativa da fundamental.

Fluxo Luminoso (lm)

Um lúmen é o fluxo luminoso emitido por uma fonte puntiforme com intensidade de uma candela em um ângulo sólido de um esferorradiano [17].

Eficiência Energética

Para análise da eficiência energética em lâmpadas ou rendimento luminoso essa grandeza mede a quantidade de lúmens gerados por watt consumido [18].

De acordo com a portaria pode ser calculada por:

Eficiência = Fluxo Luminoso/Potência

Limite para emissão de corrente de harmônico

A norma internacional [9] não atende equipamentos elétricos que são alimentados pela rede com tensão inferior a 220V e corrente até 16A, para limitar a emissão de componentes harmônicos.

Nesta Norma os equipamentos são divididos em:

Classe A

Equipamento trifásico balanceado;

Eletrodomésticos, excluindo equipamentos identificados pela Classe D;

Ferramentas, exceto as portáteis;

Dimmer para lâmpadas incandescentes

Equipamentos de áudio;

Equipamentos domésticos que não estejam nas classes B, C ou D.

Classe B

Ferramentas portáteis;

Equipamento de soldagem a arco que não é equipamento profissional;

Classe C

Equipamentos de iluminação;

Classe D

Computadores pessoais e monitores de computador pessoal

Receptores de televisão.

Para análise das correntes harmônicas, a Norma atribui os limites das Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Limites para equipamentos Classe A

Ordem Harmônica h	Máxima corrente harmônica permitida
Harmônico Ímpar	
3	2,30
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq h \leq 39$	$0,15 \frac{15}{h}$
Demais Harmônicos	
2	1,08
4	0,43
6	0,30
$8 \leq h \leq 40$	$0,23 \frac{8}{h}$

Fonte: IEC 61000-3-2, 2019

Tabela 4 – Limites para equipamentos Classe D

Ordem Harmônica h	Máxima corrente harmônica permitida por Watt mA/W	Máxima corrente harmônica permitida A
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14

7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$15 \leq h \leq 39$ (somente harmônicos ímpares)	$\frac{3}{h}$	(Ver Tabela acima)

Fonte: IEC 61000-3-2, 2019

Esta norma aparece na [4] como norma complementar.

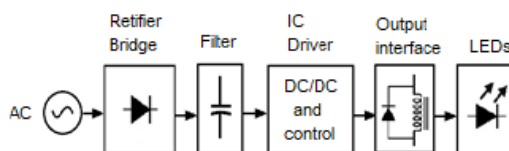
A Tabela 3 mostra as máximas porcentagens dos limites permitidos para os harmônicos até o trigésimo nono harmônico (ou seja, máximos da corrente considerada harmônicos).

Considerações:

Os ensaios iniciais realizados nas lâmpadas foram similares aos que são feitos durante o processo de certificação.

Como mostrado em [19], estruturalmente, todo circuito de lâmpadas bulbo LED (Figura 3) é constituído por ponte retificadora, circuito de filtragem e estabilização, um circuito integrado (DC/DC) e regulação de tensão e corrente na saída, assim como alguns componentes auxiliares que variam de marca para marca.

Figura 3 – Diagrama de Bloco de Lâmpada bulbo LED



Fonte: (Junior, 2016)

4. CRITÉRIOS DA PORTARIA

No presente estudo, para as lâmpadas serem aprovadas, as amostras devem seguir os seguintes critérios da Portaria:

Tabela 5- Critérios Técnicos

Potência	A potência consumida pela lâmpada não pode variar para além da tolerância de +10% em relação à potência nominal declarada.
Fator de Potência	Para lâmpadas com potência nominal de 5W a 25W, o fator de potência deve ser $\geq 0,7$.
Fluxo Luminoso	O Fluxo luminoso inicial medido de uma lâmpada LED não pode ser inferior que a 90% do fluxo declarado pelo fabricante.
Eficiência Mínima	> 60 (lm/W)
Tensão	As lâmpadas devem funcionar com tensões entre 92% e 106% da fonte nominal de alimentação

Fonte: Autor

5. ENSAIOS FOTOMÉTRICOS

Nos ensaios fotométricos, cada lâmpada de cada modelo é ligada à fonte estabilizada durante 30 minutos para que os componentes estejam funcionando e operando de forma estável. Após esse tempo, a lâmpada é colocada na esfera integradora e através do software *HaasSuite V2*, coleta-se dados fotométricos tais como corrente e potência elétrica, fator de potência, *THD*, distorção harmônica de (2^a ao 39^a), fluxo luminoso, temperatura de cor, IRC, R9 e eficiência.

Para a medição dos harmônicos, *WT-Viewer wattímetro WT-210* para coletar o *THD* e os harmônicos da ordem fundamental até o 39^o.

Ensaio Modelo A

No modelo A, as lâmpadas sem dimerização de tensão 127V, apresentaram os seguintes valores de potência, fator de potência (FP), corrente, fluxo luminoso e eficiência.

Tabela 6- Dados fotométricos do Ensaio A

Potência (W)	FP	Corrente (mA)	Fluxo (lm)	Eficiência (lm/W)
8,0	0,76	82	793,3	99,8
8,1	0,76	82	812,9	100,4
7,9	0,77	81	806,1	102,7
7,9	0,76	81	806,7	102,1
8,0	0,76	81	808,8	101,1
8,0	0,77	83	809,4	100,7
7,9	0,76	82	807,8	101,9
8,0	0,76	82	803,4	100,4
8,0	0,76	83	816,3	101,7
8,0	0,76	83	814,2	101,8
8,0	0,8	82	807,9	102,0

Fonte: Autor

Ensaio Modelo B

No modelo B, as lâmpadas sem dimerização de tensão 127V, apresentaram os seguintes valores de potência, fator de potência (FP), corrente, fluxo luminoso e eficiência.

Tabela 7- Dados fotométricos do Ensaio B

Potência (W)	FP	Corrente (mA)	Fluxo (lm)	Eficiência (lm/W)
7,9	0,77	80	804,8	101,6
8,1	0,76	84	839,0	103,5
8,0	0,76	81	766,7	95,8
8,0	0,77	81	808,4	101,0
8,0	0,76	81	807,6	101,0
8,0	0,76	80	808,5	101,1
7,9	0,76	80	806,6	102,1
7,9	0,76	82	823,5	104,2
8,0	0,76	83	827,3	103,5
8,0	0,77	81	821,4	102,7
8,0	0,76	81	811,4	101,7

Fonte: Autor

Ensaio C

Para analisarmos o comportamento da lâmpada bulbo LED dimerizável, pegamos uma lâmpada aleatória da modelo B e ensaiamos em tensões baseado nos limites da tensão adequada de acordo com [20] na tabela $117 \text{ v} \leq t \leq 133 \text{ V}$.

Observa-se que esses limites estão dentro dos valores estabelecidos pela Norma Vigente. De acordo com a Portaria nº 69, para sistemas de 127V, a tensão deverá estar entre 116 V e 134,6V.

Tabela 8 – Dados fotométricos do Ensaio C

Tensão (V)	Potência (W)	FP	Corrente (mA)	Fluxo (lm)	Eficiência (lm/W)
97	2,60	0,57	47	327,5	126,0
98	3,06	0,58	54	377,5	123,3
100	3,78	0,60	63	451,7	119,5
110	6,67	0,69	88	716,0	107,3
117	7,04	0,73	83	725,7	103,1
127	7,79	0,76	81	781,7	100,3
133	8,38	0,79	80	789,7	94,2
135	8,42	0,79	79	787,6	93,5
140	8,84	0,80	79	802,0	90,7

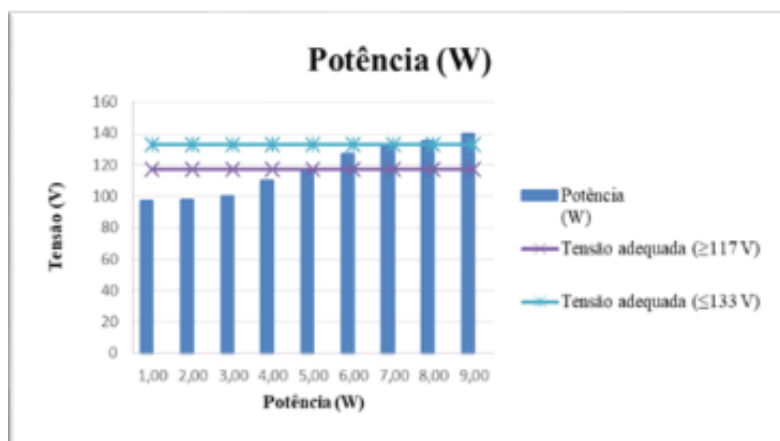
Fonte: Autor

Tabela 9 – THD e Limite do 2º até 39º Harmônico

Tensão	THD (%)	ordem 2	ordem 3	ordem 5	ordem 7	ordem 9	ordem 11	ordem 13	ordem 15	ordem 17	ordem 19	ordem 21	ordem 23	ordem 25	ordem 27	ordem 29	ordem 31	ordem 33	ordem 35	ordem 37	ordem 39
97	144,4	0,9	89,3	80,7	57,2	46,1	20,6	14,1	6,9	3,3	11,6	6,0	6,3	4,1	2,8	3,8	3,6	1,6	1,6	1,1	0,8
98	139,2	0,8	88,9	78,2	54,1	41,1	17,4	10,1	8,3	3,2	8,2	5,0	1,1	6,7	3,5	5,3	1,8	2,9	1,9	3,7	3,0
100	131,3	1,0	87,3	72,8	47,2	32,7	16,7	11,4	13,0	3,3	4,9	8,1	8,2	10,3	7,1	5,4	2,1	3,2	1,7	2,4	2,3
110	102,5	0,4	69,3	32,0	29,4	41,0	36,9	14,3	1,6	12,6	7,2	8,0	10,0	10,3	5,6	2,0	2,4	1,8	2,1	2,8	3,8
117	90,6	0,6	54,1	27,2	44,2	31,2	17,1	25,6	16,2	3,3	10,2	4,8	5,8	7,6	1,1	6,3	7,7	1,9	2,8	4,4	2,8
127	81,9	0,1	40,1	32,4	38,9	20,7	28,8	19,9	18,3	15,0	6,5	11,6	1,8	3,0	3,4	5,4	2,7	3,2	5,7	1,7	4,2
133	76,2	0,2	31,8	34,2	32,5	24,3	26,5	15,8	22,4	10,6	12,2	9,1	7,0	4,0	1,3	3,8	4,0	2,9	2,2	4,8	1,9
135	75,5	0,5	30,1	35,2	30,5	25,7	25,2	16,4	22,3	10,6	13,2	7,5	9,0	2,8	2,6	3,0	4,7	1,4	3,7	3,2	3,7
140	70,9	0,2	24,7	36,5	24,4	28,6	20,3	19,5	18,3	14,1	11,7	7,0	9,1	3,5	3,3	0,8	2,6	3,2	1,1	2,9	1,9

Fonte: Autor

Figura 4 – Comportamento da potência nas tensões estudadas



Fonte: Autor

6. ANÁLISE

Ao ensaiarmos as lâmpadas do modelo A – lâmpadas bulbo LED, observamos que os critérios para conformidade de Portaria 69 foram cumpridos pois alcançou os limites de potência, fator de potência e fluxo luminoso, eficiência e tensão.

Tabela 10 – Resumo do Ensaio A

RESUMO EXECUTIVO EM ENSAIO INICIAL		
PARÂMETROS	VALOR MÉDIO MEDIDO (127V)	CRITÉRIO (127V)
Potência (W)	8,0	Menor que 10
Fluxo luminoso (lm)	811,4	Maior que 722 lm
Eficiência luminosa (lm/W)	101,7	Maior que 60
Fator de potência	0,76	Maior que 0,7

Fonte: Autor

Tabela 11 – Resumo do Ensaio B

RESUMO EXECUTIVO EM ENSAIO INICIAL		
PARÂMETROS	VALOR MÉDIO MEDIDO (127V)	CRITÉRIO (127V)
Potência (W)	8,0	Menor que 10
Fluxo luminoso (lm)	807,9	Maior que 722 lm
Eficiência luminosa (lm/W)	102,0	Maior que 60
Fator de potência	0,76	Maior que 0,7

Fonte: Autor

Assim como as lâmpadas do modelo A, o ensaio do modelo B – lâmpadas bulbo LED dimerizável, também cumpriu os limites estabelecidos pela portaria.

Lembrando que as lâmpadas tanto do modelo A quanto o modelo B fazem os mesmos ensaios.

Observamos que os dados foram muito parecidos, não havendo discrepância entre as amostras A e B. Comprovando que mesmo as lâmpadas dimerizáveis nesse range de potência podem ser ensaiadas seguindo o mesmo escopo de ensaios.

No ensaio C, podemos observar o comportamento da lâmpada dimerizável em tensões dentro do limite adequado pela *Resolução Normativa Nº 956, MODULO 8 – Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica* [20].

Ao analisar os valores, em laranja, na Tabela 9, que quando imposta tensão variadas nas lâmpadas dimerizáveis o comportamento das mesmas apresenta uma inconstância em seus harmônicos. Na tensão de 117V, atenderia apenas nos 2°, 7°, 27°, 33°, 35° e 39° harmônico.

Na tensão de 127V, atenderia apenas nos 2°, 23°, 25°, 31° e 37° harmônico.

Na tensão de 133V, atenderia apenas nos 2°, 27°, 33°, 35° e 39° harmônico.

Por outro lado, os quesitos da Portaria 69 de potência, fator de potência, fluxo luminoso e eficiência energética foram atendidos quando aplicado a tensão adequada do pela [20].

7. CONCLUSÃO

Como mostrado em [19], foram analisadas os conteúdos harmônicos das amostras das lâmpadas bulbo LED de potência 5W a 25W, mesmo range do presente estudo, e constatou que não há definição no regulamento para limites de corrente harmônica ou THD nessa faixa de potência. Esse autor, assim como os ensaios apresentados, mostrou em seu estudo que as melhorias no fator de potência imposto pela regulamentação do Inmetro trouxeram reduções em correntes harmônicas, consequentemente impactando positivamente sobre a qualidade das lâmpadas LED encontradas no mercado brasileiro.

Atualmente as lâmpadas dimerizadas são ensaiadas conforme a lâmpadas não dimerizadas. Um dos motivos é a falta de parâmetros identificados nas normas vigentes. Isso pode ocasionar interpretação equivocada de parâmetros quando relacionados a qualidade de energia por não sabermos identificar os limites de harmônicos permitidos, gerados por lâmpadas dimerizadas em tensões abaixo de 220V.

De posse desses resultados, espera-se que órgão responsáveis criem metodologias que contemplem em normas futuras, as lâmpadas abaixo de 25W nas tensões utilizadas 127/220V, assim com as lâmpadas dimerizáveis.

REFERÊNCIAS

- [1] A. M. E. Pereira, V. A. Teixeira, M. Z. Fortes, G. M. Tavares, and V. H. Ferreira, “Power Quality Analysis of Domestic Lamps Available in the Brazilian Market,” *WSEAS Trans. Circuits*, vol. 14, pp. 389–399, 2015.
- [2] INMETRO, “Portaria n.º144, de 13 de março de 2015,” p. 21, 2015.

- [3] INMETRO, “Portaria n.º 389, de 25 de agosto de 2014.,” p. 30, 2014.
- [4] INMETRO, “portaria 69 2022.pdf.” p. 28, 2022.
- [5] S. Uddin, H. Shareef, A. Mohamed, and M. A. Hannan, “Harmonics and thermal characteristics of low wattage LED lamps,” *Prz. Elektrotechniczny*, vol. 88, no. 11 A, 2012.
- [6] S. Uddin, H. Shareef, A. Mohamed, and M. A. Hannan, “An analysis of harmonics from dimmable LED lamps,” *2012 IEEE Int. Power Eng. Optim. Conf. PEOCO 2012 - Conf. Proc.*, no. June, pp. 182–186, 2012, doi: 10.1109/PEOCO.2012.6230857.
- [7] S. Ananwattanaporn and A. Ngaopitakkul, “Power quality analysis in light emitting diode lamps,” *Proc. - 2016 17th Int. Sci. Conf. Electr. Power Eng. EPE 2016*, 2016, doi: 10.1109/EPE.2016.7521765.
- [8] S. Di Mauro, S. Musumeci, A. Raciti, and G. Vasta, “Analysis of the current harmonics injected into the power grid by dimmable LED lamps,” *AEIT 2016 - Int. Annu. Conf. Sustain. Dev. Mediterr. Area, Energy ICT Networks Futur.*, pp. 1–6, 2016, doi: 10.23919/AEIT.2016.7892796.
- [9] *IEC EN 61000-3-2 :2019*. 2019, p. 42.
- [10] J. E. V. Fassarela, M. Z. Fortes, A. P. Fragoso, and G. M. Tavares, “Analysis and suggested solution of Power quality problems in Lighting Laboratory,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 12, no. 6, pp. 1019–1026, 2014, doi: 10.1109/TLA.2014.6893995.
- [11] J. M. Camilo, A. M. E. Pereira, A. P. Fragoso, M. Z. Fortes, and K. R. Cardoso, “Analysis of Current Transients in Residential Lamps,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 16, no. 12, pp. 2934–2940, 2018, doi: 10.1109/TLA.2018.8804259.
- [12] A. Fragoso, G. Lima, L. Gavião, M. Fortes, G. Ney, and P. Antonio, “Evaluation of the Energy Performance in LED Lamps with Integrated Driver through Multicriteria Analysis,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 17, no. 4, pp. 642–647, 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.8891929.
- [13] L. M. Silva, A. C. T. de Carvalho, J. F. Araujo, M. Z. Fortes, L. B. Oliveira, and J. O. Silva, “Evaluation of the impact of EMI on Ethernet networks from lighting technologies,” *J. Electromagn. Waves Appl.*, vol. 33, no. 2, pp. 249–259, 2019, doi: 10.1080/09205071.2018.1537135.
- [14] O. Publications, I. E. C. Sc, J. National, and C. Note, “Japanese Guideline for Reduction of Harmonic Emission ‘Guideline to reduce harmonic emissions caused by electrical and electronic equipment for household and general use’ (including the METI* Official Publications for Amendments 1, 2 and 3 to the original,” no. November, 1994.
- [15] G. j. Wakileh, *Power Systems Harmonics*. 2019.
- [16] *IEEE 1459-2010*. 2010, p. 52.
- [17] R. S. Fonseca, *Iluminação Elétrica*, McGraw-Hil. São Paulo, 1976.
- [18] OSRAM, “OSRAM - Iluminação Conceitos e Projetos.pdf.” p. 12, 2016.
- [19] E. A. de Aguiar Junior, H. C. Stoller, and P. S. Scofield, “Análise experimental de

indicadores de qualidade de energia de lâmpadas LED E27 residenciais disponíveis no mercado brasileiro,” *Semin. Ciências Exatas e Tecnológicas*, vol. 41, no. 2, p. 125, 2020, doi: 10.5433/1679-0375.2020v41n2p125.

- [20] *ANEXO VIII DA RESOLUÇÃO RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 956, DE 7 DE DEZEMBRO 2021, MODULO 8 - QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERIGIA ELÉTRICA*, vol. 15, no. 2. 2016, pp. 1–23.