

Efeitos Fotométricos de Envelhecimento em Luminárias Públicas LED

Ana Regina Meneses e Silva Becker
PPGET/LABLUX
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
anarmsb@id.uff.br
ORCID: 0000-0002-7684-503X

Marcio Zamboti Fortes
PPGET/LABLUX
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
mzamboti@id.uff.br
ORCID: 0000-0003-4040-8126

Luiz Alberto Santos da Silva
LABLUX
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
luizalbertosilva@id.uff.br
ORCID: 0009-0004-1334-8863

Bruno Gavinho Serdeira
PPGET/LABLUX
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
bgserdeira@id.uff.br
ORCID: 0000-0002-0447-476X

Luana Merenciano da Silva
PPGET/LABLUX
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
luanamerenciano@id.uff.br
ORCID: 0000-0002-9688-0262

Angelo Cesar Colombini
PPGET
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
accolombini@id.uff.br
ORCID: 0000-0002-8906-4128

Abstract—Este artigo investiga os efeitos do envelhecimento fotométrico em luminárias LED utilizadas na iluminação pública no Brasil. Foram analisadas quatro luminárias com potências de 40W, 80W, 150W e 200W, submetidas a testes fotométricos, goniométricos e de radiação ultravioleta (UV) em períodos de 1000, 2000, 3000 e 6000 horas. Além disso, foi realizado um teste de medição de temperatura in-situ (ISTMT) para o modelo de 200W. Os resultados demonstraram que todas as luminárias atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos pelas normas vigentes, incluindo a Portaria INMETRO n° 62 e a ABNT NBR 5101:2024. No entanto, foram identificadas variações na reprodução do espectro vermelho (R9) no modelo de 150W e pequenas alterações térmicas no modelo de 200W, que podem impactar a qualidade da iluminação. Os testes UV indicaram boa resistência dos materiais ao longo do tempo. Conclui-se que, embora as luminárias mantenham um desempenho satisfatório em termos de fluxo luminoso e eficiência, é necessário um aprimoramento na seleção de materiais e estratégias de gerenciamento térmico para garantir a longevidade e a qualidade da iluminação pública LED.

Palavras Chaves— Fotometria, Iluminação Pública Viária, Lentes, Manutenção de Fluxo, Ensaio de Vida.

I. INTRODUÇÃO

A iluminação pública é um elemento essencial na infraestrutura urbana, influenciando diretamente a segurança, a mobilidade e a qualidade de vida da população. Além disso, representa uma parcela significativa do consumo de energia elétrica municipal[1]. A adoção de luminárias LED para iluminação pública tem sido amplamente incentivada devido à sua eficiência energética e durabilidade, com potencial para reduzir custos operacionais e impactos ambientais [2].

A tecnologia LED tem apresentado avanços notáveis na última década, especialmente em relação à eficácia luminosa, que já ultrapassa 200 lm/W em condições laboratoriais [3]. No entanto, fatores ambientais como temperatura, umidade e radiação ultravioleta podem impactar o desempenho dessas

luminárias ao longo do tempo, afetando sua manutenção do fluxo luminoso e características colorimétricas [4].

A depreciação luminosa das luminárias LED ocorre gradativamente, influenciada por fatores como degradação dos materiais ópticos e eletrônicos, além da dissipação térmica ineficiente [5]. A Portaria INMETRO n° 62 estabelece diretrizes para avaliação da conformidade das luminárias de LED utilizadas na iluminação pública viária, incluindo requisitos de desempenho baseados em normas como a IES LM-80 e a TM-21, que projetam a longevidade dos LEDs a partir de ensaios laboratoriais.

Este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento fotométrico de luminárias LED utilizadas na iluminação pública no Brasil, considerando variáveis como fluxo luminoso, temperatura de cor correlata (TCC), índice de reprodução de cor (IRC) e eficiência luminosa após até 6000 horas de operação. Foram utilizados ensaios fotométricos, goniométricos e de envelhecimento acelerado para verificar a conformidade das luminárias com as normas vigentes. Os resultados obtidos contribuirão para uma melhor compreensão da durabilidade e desempenho dessas luminárias, fornecendo subsídios para aprimoramento dos produtos e diretrizes regulatórias.

II. METODOLOGIA

A pesquisa seguiu rigorosamente normas técnicas para a avaliação de desempenho de luminárias LED para iluminação pública. Foram testadas quatro amostras de luminárias LED com potências nominais de 40W, 80W, 150W e 200W, conforme descrito na ABNT NBR 5101:2024 e na Portaria INMETRO n° 62.

Os ensaios foram realizados no laboratório LABLUX da Universidade Federal Fluminense (UFF), seguindo as diretrizes das normas IES LM-80 e IES TM-21 para avaliação da manutenção do fluxo luminoso e extrapolação da vida útil das luminárias. As medições foram conduzidas em intervalos de 1000, 2000, 3000 e 6000 horas, permitindo a análise da degradação do fluxo luminoso, eficiência luminosa,

temperatura de cor correlata (TCC) e índice de reprodução de cor (IRC).

Além dos ensaios fotométricos, foram realizados testes goniométricos para avaliar a distribuição da luz e verificar a conformidade com os requisitos de uniformidade luminosa estipulados pela norma ABNT NBR 5101:2024 [4]. O ensaio ISTMT (*In-Situ Temperature Measurement Test*) foi conduzido para avaliar o desempenho térmico da luminária de 200W e seu impacto na eficiência luminosa.

Os ensaios de radiação ultravioleta (UV) foram realizados utilizando o equipamento OTS UV Machine, que simula a exposição prolongada à radiação solar, avaliando a degradação dos materiais ópticos e sua influência no desempenho das luminárias. Este procedimento seguiu as diretrizes da ASTM G154 [6] para envelhecimento acelerado.

Os resultados dos ensaios foram comparados aos requisitos estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais, garantindo a confiabilidade dos dados e permitindo a identificação de possíveis impactos do envelhecimento na qualidade da iluminação pública.

III. NORMAS E PORTARIAS

A regulamentação da iluminação pública no Brasil é definida por normas técnicas e portarias específicas, estabelecendo requisitos para a fabricação, instalação e desempenho das luminárias. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) desempenha um papel central na padronização das normas nacionais, sendo responsável pela publicação da ABNT NBR 5101, que determina os critérios técnicos para iluminação viária.

Na versão de 2024, a norma apresentou algumas mudanças entre as quais destacam-se o nome da norma que agora inclui o termo viário para caracterizar melhor o seu escopo. Outra mudança, foi a retirada dos termos totalmente limitada (*full cut-off*), limitada (*cut-off*), semilimitada (*semi cut-off*) e a não-limitada (*non cut-off*) para designação da distribuição luminosa e a adoção da análise do BUG para essa finalidade.

Outra diretriz que baliza os equipamentos perante ao mercado brasileiro é a Portaria INMETRO nº 62 responsável por regular a certificação das luminárias LED, garantindo que atendam aos padrões mínimos de qualidade e segurança. Além disso, outras normativas complementam os requisitos técnicos, como:

ABNT NBR 15129:2012 – Define os requisitos particulares para luminárias de iluminação pública.

ABNT NBR 5123:2016 – Regulamenta relés fotoelétricos e tomadas para iluminação.

ABNT NBR IEC 60598-1:2010 – Estabelece requisitos gerais e ensaios para luminárias.

ABNT NBR IEC 62262:2015 – Define os graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra impactos mecânicos externos.

IES LM-79 e LM-80 – Normas internacionais para medições fotométricas e manutenção do fluxo luminoso de LEDs.

Essas regulamentações garantem que os produtos comercializados no Brasil atendam a critérios rigorosos de qualidade, eficiência e segurança. A certificação pelo INMETRO é fundamental para assegurar que luminárias LED

utilizadas na iluminação pública possuam desempenho adequado e longa vida útil.

IV. ESTUDO DE CASO

A escolha das luminárias e o suporte necessário para a pesquisa foram obtidos por meio de uma análise de mercado e da representatividade das luminárias disponíveis no almoxarifado do Laboratório LABLUX. Foram selecionados quatro modelos que correspondem aos tipos mais utilizados em sistemas de Iluminação Pública (Tipo I e II /Média-Curta/Limitada-Totalmente Limitada). Vale destacar que o estudo foi limitado a essas luminárias, visto que esses dispositivos após a entrega do relatório, tem dois meses para serem recolhidos pelo fabricante, se não o forem, o laboratório pode destiná-los a doação ou a pesquisa. Esse foi o caso dos modelos selecionados, que se encontravam em boas condições de conservação para os testes.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DAS LUMINÁRIAS ESTUDADAS

	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
Modelo/ Referência:	GL 421	Luminária Pública Modular LED – 80W	MG 150W	Luminária Pública Modular LED – 40W
Potência Nominal:	200W	80W	150W	40W
Tensão Nominal:	100-277V	127/220V	220V	127/220V
Classificação	Tipo II – Média – Totalmente Limitada	Tipo II – Curta - Limitada	Tipo I – Curta - Limitada	Tipo II – Curta - Limitada
Ângulo de instalação:	0°	0°	0°	0°
Temperatura de cor:	5000K	4000K	6500K	5000K
Grau de Proteção (IP)	66	66	66	66

Considerações

- As luminárias realizaram todos os ensaios descritos nesse estudo no Laboratório de luminotécnica LabLux, localizado na Universidade Federal Fluminense – Niterói/Rio de Janeiro. Tem em seu escopo os ensaios de luminárias e lâmpadas de LED, lâmpadas LFC, Vapor de Sódio e incandescente, reatores eletromagnéticos para lâmpadas Vapor de Sódio, reatores eletromagnéticos para lâmpadas Vapor Metálico, segurança elétrica em Lâmpadas Fluorescentes Compactas com reator integrado.
- As luminárias utilizadas neste estudo foram disponibilizadas pelo Lablux, já que, após a conclusão dos ensaios, esses equipamentos são normalmente recolhidos pelos fabricantes. As quatro luminárias selecionadas estavam armazenadas no almoxarifado do laboratório, e uma verificação inicial indicou que todas possuíam relatórios e estavam em boas condições, sem sinais de avaria.
- Na luminária de 200W realizou-se o tipo de ensaio de concessão no laboratório, disponibilizando a LM80 enviada pelo fabricante para o Ensaio de ISTMT para a análise. As demais luminárias tiveram o ensaio de manutenção. Esse tipo de ensaio não requer que o fabricante disponibilize a LM-80 do LED utilizado.

- Foram encontradas ensaiadas 2 unidades de cada lente. A primeira unidade com o ensaio de vida de 6000h já realizado, porém não tinham sido realizados os demais ensaios. A segunda unidade realizou todos os ensaios desde o seu estágio inicial
- O ensaio de *In Situ* poderia ser realizado no drive, mas esse já apresenta certificação.
- As incertezas de medição são validadas nas auditorias de qualidade realizadas por organizações externas ao laboratório.

V. TIPOS DE ENSAIOS

A seguir uma breve descrição dos ensaios utilizados no estudo:

- *Ensaio Fotométrico*: Avaliaram o fluxo luminoso, temperatura de cor correlata (TCC), índice de reprodução de cor (IRC), potência e fator de potência das luminárias. As medições foram realizadas inicialmente e repetidas em intervalos de 1000, 2000, 3000 e 6000 horas, utilizando uma esfera integradora. Realizados na esfera integradora de Ulbrich (Figura 1).



Figura 1 – Esfera Integradora

- *Ensaio Goniométrico*: Examinaram a distribuição da luz emitida pelas luminárias, garantindo conformidade com padrões de uniformidade luminosa estabelecidos pela ABNT NBR 5101:2024. O objetivo foi verificar alterações na geometria da distribuição luminosa ao longo do tempo. Realizados no Goniofotômetro (Figura 2).



Figura 2 – Goniofotômetro.

- *Ensaio de Radiação Ultravioleta (UV)*: Avaliaram a resistência dos materiais ópticos das luminárias à degradação causada pela exposição prolongada à luz UV, seguindo os critérios estabelecidos pela norma ASTM G154. Realizados na Câmara de UV ilustrada na Figura 3.



Figura 3 – Câmara de UV

Para realização do ensaio de envelhecimento, as lentes são submetidas ao ensaio de acordo com a norma [7] Ciclo 3 de sazonalidade. A lente fica na câmara UV por 2016 h, equivalente a 84 dias. Esses períodos são divididos em ciclos de 12h. Cada ciclo desse é subdividido em 2 intervalos. O primeiro, de 8h, a lente fica exposta a UV-B à 70°C a 0,49 W/h (intensidade de onda). A segunda, são desligados o UV-B e a umidade setada em 100% e a temperatura ambiente em 50°C.

- *Ensaio de Vida*: O ensaio de vida, Figura 4, constitui as luminárias ficarem ligadas direto em uma sala em ambiente monitorado de acordo com a Portaria 62 [25]. As medições ocorreram em três períodos, totalizando 3035 horas:
 - Início – Instalação 0 hora (02/06/2023)
 - 1º período – 1.020 horas (20/07/2023) - atribuído como 1.000 horas;
 - 2º período – 2.016 horas (07/11/2023) - atribuído como 2.000 horas;
 - 3º período – 3.035 horas (20/12/2023) - atribuído como 3.000 horas;



Figura 4 – Ensaio de Vida.

- *Ensaio In Situ (ISTMT)*: Foram conduzidos para verificar o desempenho térmico das luminárias, medindo a temperatura de operação dos LEDs e sua influência na eficiência luminosa e na vida útil do equipamento. (Figuras 5 e 6)

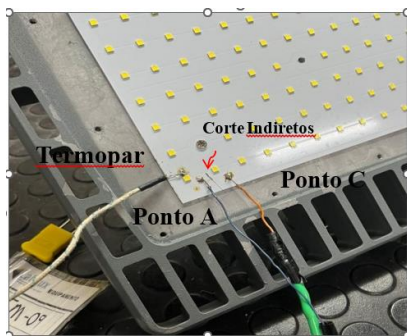


Figura 5 - Ensaio de In-Situ.

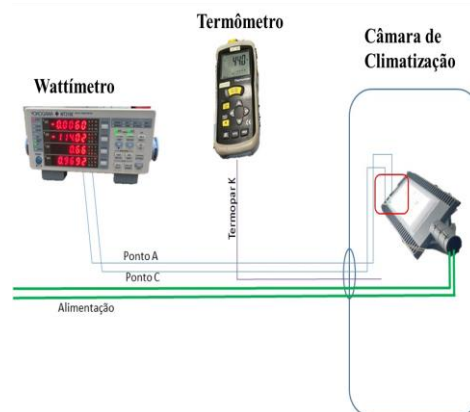


Figura 6 - Esquemático do Ensaio In-Situ

VI. DADOS OBTIDOS

A. Ensaio Fotométrico e Ensaio de Vida

TABELA 2 – RESUMO DO ENSAIO FOTOMÉTRICO E ENSAIO DE VIDA

Luminária	40 W		80 W		150 W		200 W	
Depreciação	81%		90%		75%		81%	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Fluxo Luminoso (lm)	6953,8	5640,6	11551,7	10363,79	16072,6	11977,2	38992,3	31493,88
Eficiência Luminosa (lm/W)	172,55	140,98	143,28	129,06	116,88	86,00	195,73	159,74
TCC (K)	5033,88	4361	4118,04	3852,36	6822,36	5311,44	5063,04	4335,12
IRC	77,7	75,6	76,7	75,6	79,9	76,3	77,7	75,7
R1	75	71	74	72	77	71	74	71
R2	83	81	83	82	84	82	84	82
R3	88	89	89	90	87	90	89	90
R4	76	74	75	73	79	77	75	72
R5	75	71	73	71	79	72	74	71
R6	75	73	75	74	78	75	76	74
R7	87	87	84	84	87	87	86	86
R8	64	59	60	57	68	60	63	59
R9	-3	-12	-6	-9	1	-16	-6	-13
R10	57	54	58	57	60	56	59	57
R11	71	67	69	67	75	67	68	65
R12	56	50	56	53	64	54	55	50
R13	76	73	75	74	79	73	76	73
R14	93	93	93	94	92	94	94	94
R15	70	66	69	67	74	66	70	66
I (A)	0,1985	1979	0,3759	0,3742	0,6497	0,6581	0,9228	0,9128
U (V)	220	220	220	220	219,8	219,8	219,6	219,7
P (W)	40,3	40,01	80,62	80,3	137,5	139,3	199,2	197,1
PF	0,923	0,9191	0,9747	0,9753	0,9629	0,9629	0,983	0,983

Nota: Atualmente o sistema utilizado para a avaliação de cores é o CIE (Commission Internationale de L'éclairage). IRC é o método constituído por um conjunto de 15 amostras de cores (R1 ao R15) onde cada uma tem um próprio valor.

B. Os ensaios goniométricos

Foram realizados a 1000h, a 2000h, a 3000h e a 6000h usando os parâmetros da Portaria 62 nos Modelos 1, II, III e IV.

Vale ressaltar que para serem certificadas as luminárias realizam os ensaios inicial conforme Portaria e geram relatório de conformidade para os fornecedores solicitante da certificação. Nos períodos subsequente, foram utilizados os mesmos critérios.

Na Tabela 3, 4, 5 e 6 mostra os dados medidos referente a [5] referentes ao parâmetro BUG, realizados na luminária.

O parâmetro BUG consiste em uma análise de uma esfera de vetores sendo subdividida em: semiesfera, de cor azul, representando a faixa acima da luminária, a outra parte em amarelo, referente a ¼ da esfera situada atrás da luminária e a

parte referente ao outro ¼ da esfera situada a frente da luminária conforme Figura 7.

TABELA 3 - TABELA BUG MODELO 1

IESNA Luminaire Flux Distribution Table:	1000h		2000h		3000h	
	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %
FL - Front-Low(0-30)	761,42	13,8	827,36	13,8	813,55	13,7
FM - Front-Medium(30-60)	1529,4	27,7	1684,1	28,1	1653,4	27,9
FH - Front-High(60-80)	540,11	9,8	602,15	10,0	589,35	9,9
FVH - Front-Very High(80-90)	28,492	0,5	33,645	0,6	32,474	0,5
Total Forward Light	2862,7	51,9	3151,4	52,6	3092,8	52,2
BL - Back-Low(0-30)	613,9	11,1	664,35	11,1	654,7	11,0
BM - Back-Medium(30-60)	1375,3	24,9	1477,6	24,7	1467	24,8
BH - Back-High(60-80)	624,53	11,3	656,98	11,0	667,87	11,3
BVH - Back-Very High(80-90)	34,814	0,6	36,808	0,6	37,839	0,6
Total Back Light	2652	48,1	2841,3	47,4	2832,8	47,8
UL - Uplight-Low(90-100) 0.1	1,5863	0,0	2,2808	0,0	2,1551	0,0
UH - Uplight-High(100-180) 0.1	5,1637	0,1	7,4109	0,1	7,278	0,1
Total Up Light 0.2	6,75	0,1	9,6917	0,2	9,433	0,2
BUG(Back,Up,Glare) Rating	B2-U1-G1		B2-U1-G1		B2-U1-G1	

TABELA 4 - TABELA BUG MODELO 2

IESNA Luminaire Flux Distribution Table:	1000h		2000h		3000h	
Zone	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %
FL - Front-Low(0-30)	1326,7	13,2	1434,9	13,2	1403,4	13,2
FM - Front-Medium(30-60)	3765,6	37,5	4046,1	37,4	3939,2	37
FH - Front-High(60-80)	1496,2	14,9	1586,4	14,6	1494,8	14
FVH - Front-Very High(80-90)	35,934	0,4	37,110	0,3	33,347	0,3
Total Forward Light	6631	66,1	7112,1	65,7	6878	64,6
BL - Back-Low(0-30)	997,28	9,9	1084,2	10,0	1086,4	10,2
BM - Back-Medium(30-60)	1740,9	17,4	1899,9	17,5	1928,4	18,1
BH - Back-High(60-80)	623,23	6,2	686,04	6,3	695,33	6,5
BVH - Back-Very High(80-90)	31,43	0,3	36,461	0,3	42,443	0,4
Total Back Light	3402	33,9	3720	34,3	3766,1	35,4
UL - Uplight-Low(90-100)	5,2386	0,1	6,3933	0,1	6,3571	0,1
UH - Uplight-High(100-180)	10,471	0,1	14,569	0,1	14,417	0,1
Total Up Light	15,709	0,2	20,963	0,2	20,774	0,2
BUG(Back,Up,Glare) Rating	B2-U2-G2		B3-U2-G2		B3-U2-G2	

TABELA 5 - TABELA BUG MODELO 3

IESNA Luminaire Flux Distribution Table:	1000h		2000h		3000h	
Zone	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %
FL - Front-Low(0-30)	1971,7	18,0	2056,5	17,9	1914,5	18,2
FM - Front-Medium(30-60)	4071,2	37,1	4146,5	36,2	3840,3	36,4
FH - Front-High(60-80)	440,36	4,0	443,92	3,9	392,63	3,7
FVH - Front-Very High(80-90)	36,589	0,3	35,04	0,3	33,937	0,3
Total Forward Light	6524,6	59,5	6687,7	58,3	6186,6	58,7
BL - Back-Low(0-30)	1357,7	12,4	1432,6	12,5	1319,7	12,5
BM - Back-Medium(30-60)	2613,3	23,8	2815,2	24,6	2563,5	24,3
BH - Back-High(60-80)	436,32	4,0	480,31	4,2	424,11	4,0
BVH - Back-Very High(80-90)	35,599	0,3	40,309	0,4	37,392	0,4
Total Back Light	4449,3	40,5	4778,3	41,7	4353,8	41,3
UL - Uplight-Low(90-100) 0.1	2,3766	0,0	3,2889	0,0	2,9455	0,0
UH - Uplight-High(100-180) 0.1	8,703	0,1	12,374	0,1	11,391	0,1
Total Up Light 0.2	11,080	0,1	15,663	0,1	14,336	0,1
BUG(Back,Up,Glare) Rating	B3-U1-G1		B3-U2-G1		B3-U2-G1	

TABELA 6 - TABELA BUG MODELO 4

IESNA Luminaire Flux Distribution Table:	1000h		2000h		3000h	
Zona	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %	Lumens	Luminária %
FL - Front-Low(0-30)	4172,1	12,9	4482,4	12,9	4383,1	12,8
FM - Front-Medium(30-60)	12062	37,2	12945	37,1	12796	37,3
FH - Front-High(60-80)	4095,4	12,6	4373,8	12,5	4393,8	12,8
FVH - Front-Very High(80-90)	96,825	0,3	103,29	0,3	104,97	0,3
Total Forward Light	20445	63,0	21927	62,9	21700	63,3
BL - Back-Low(0-30)	2426,6	7,5	2625	7,5	2559,7	7,5
BM - Back-Medium(30-60)	5924,6	18,3	6414,4	18,4	6226,6	18,2
BH - Back-High(60-80)	3513,2	10,8	3759,6	10,8	3679,8	10,7
BVH - Back-Very High(80-90)	91,498	0,3	97,735	0,3	98,332	0,3
Total Back Light	11982	37,0	12937	37,1	12605	36,7
UL - Uplight-Low(90-100) 0.1	10,611	0,0	14,664	0,0	14,6770	0,0
UH - Uplight-High(100-180) 0.1	34,019	0,1	47,577	0,1	47,312	0,1
Total Up Light 0.2	44,630	0,1	62,241	0,1	61,989	0,2
BUG(Back,Up,Glare) Rating	B4-U2-G4		B4-U2-G4		B4-U2-G4	

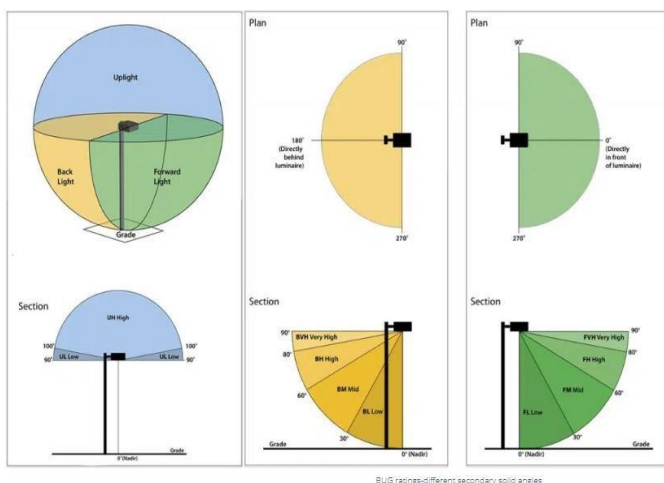


Figura 7 - Modelo BUG

C. Ensaio UV

O ensaio UV pode-se observar o envelhecimento do material polipropileno após ser testado da câmara de UV no início dos ensaios e após o ensaio de 6000 h.

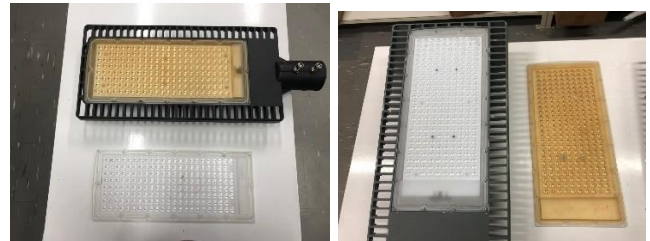


Figure 8 - Ensaio de UV

D. Ensaio InSitu

A Energy Star dá acesso a uma planilha disponibilizando a modelagem referente aos cálculos da [8], ela é utilizada pelo laboratório neste estudo. Esse ensaio foi possível devido a luminária ter o ensaio de tipo concessão no laboratório, ou seja, o ensaio que viabilizará a comercialização da luminária em comércio brasileiro. Um dos documentos que o laboratório exige do fabricante é a [9] do LED.

Dispondo dos dados medidos, da planilha [8] e da norma [10] foi possível realizar a análise da luminária de 200W.

O ensaio foi realizado no início do estudo e a 6000 horas.

TABELA 7 - DADOS REFERENTES AO LED UTILIZADO NA LUMINÁRIA GL 421-200W – 5000K

Descrição da Fonte de Luz Testada LED (fabricante, modelo, número do catálogo)		
<i>Fabricante: Hongli Zhihui Grip Co., Ltd. Guangzhou Branch Número: HL-EMC-3030DW-2C-S1-HR3 Part Type: Conjunto LED; Corrente de Operação: DC 150mA; TCC Nominal: 2700K; Potência: 1,02W; Densidade de Corrente por LED: 930.0019mA/mm²; Densidade de Potência por LED die: 3.162W/mm²</i>		
Detalhes dos testes LM-80		
Número total de unidades testadas por temperatura de caso:	25	
Número de falhas:	0	
Número de unidades medidas:	25	
Duração do teste (horas):	9000	
Corrente do drive testado (mA):	150	
Temperatura 1 (Tc, °C):	85	
Temperatura 2 (Tc, °C):	105	
Temperatura 3 (Tc, °C):	45	
Dados de Entrada In-Situ		
	Inicial	3000h
Corrente de operação do LED de cada pacote/trilha/modulo (mA):	44	43,9
Temperatura In-Situ (Tc, °C):	43,9	42,7

Descrição da Fonte de Luz Testada LED (fabricante, modelo, número do catálogo)		
Fabricante: Hongli Zhihui Grip Co., Ltd. Guangzhou Branch Número: HL-EMC-3030DW-2C-S1-HR3 Part Type: Conjunto LED; Corrente de Operação: DC 150mA; TCC Nominal: 2700K; Potência: 1,02W; Densidade de Corrente por LED: 930.0019mA/mm ² ; Densidade de Potência por LED die: 3.162W/mm ²		
Porcentagem de lúmens iniciais a projetar para (EX. para L ₇₀ , enter 70)	70	70
Resultados:		
Tempo (t) em que se deve estimar a manutenção de lúmens(horas):	54.000	54.000
Manutenção de lúmens no tempo (t) (%)	84,51%	83%
L ₇₀ Relatado (horas):	>54.000	>54.000

VII. ANÁLISE DOS DADOS

Nos ensaios fotométricos e de vida, observou-se que a luminária Modelo 3 o R9 foi decaindo nas primeiras 6000horas, passou de 1 para -16. Essa condição demonstra que o espectro vermelho foi absorvido, alteando assim, as características da luminária. Uma dessa condições foi a mudança de temperatura de cor que passou de 6822K para 5311K.

No ensaio goniométrico observou-se alterações nos modelos 2 nas primeiras 3000h a luminária apresentou uma mudança de B2-U2-G2 (1000h) para caraterística B3-U1-G1 (2000h e 3000h). Já no modelo 3, observou-se que nas primeiras 3000h a luminária apresentou uma mudança de B3-U1-G1 (1000h) para caraterística B3-U2-G1 (2000h e 3000h). Em ambos os casos, precisaria de mais medições para validarmos essa mudança parâmetro.

No ensaio de UV pode-se verificar visivelmente a depreciação do material. O que foi comprovado nos ensaio fotométrico e ensaio de vida supracitados.

No ensaio de *In Situ* pode-se constatar que a luminária GL 421- 200W – 5000K apresentou um singelo decaimento de 0,1 mA e 1,2 °C entre o ensaio inicial e o realizado na 6000h mantendo o valor do tempo de vida.

VIII. CONCLUSÃO

O estudo sobre o envelhecimento das lentes de luminárias LED em um contexto de atualização das normas revela a importância de entender os efeitos do tempo e do uso nas características ópticas e de eficiência das luminárias, especialmente para a iluminação pública. As mudanças nas regulamentações exigem uma avaliação contínua e criteriosa desses equipamentos para garantir que mantenham a eficiência luminosa, o controle de brilho e a distribuição da luz, mesmo em condições de envelhecimento.

As atualizações normativas, como as propostas na ABNT NBR 5101, enfatizam a relevância de padrões de desempenho mais rigorosos, com foco na durabilidade e na qualidade da iluminação para assegurar que luminárias em envelhecimento continuem a atender aos requisitos de segurança e eficiência energética. Esse estudo reforça a necessidade de metodologias

consistentes de medição, assim como a adaptação de critérios técnicos de ensaio, de forma a acompanhar as normativas e contribuir para a evolução de produtos que estejam alinhados com as exigências de sustentabilidade e de uso seguro e eficaz da iluminação pública.

O presente trabalho apresentou um estudo de como o envelhecimento luminárias LED utilizadas em vias públicas se comportam nas primeiras 6000 horas de vida. Pode-se comprovar realizando os ensaios de 1000 até 3000 horas que os valores de eficiência, fluxo e temperatura de cor sofrem um leve aumento devido aos elementos eletrônicos atingirem seu pleno desempenho. Esses valores começam a cair, no ensaio de 6000 h comprovando a que a depreciação dos elementos tais como lente e dispositivo eletrônico podem comprometer o desempenho do produto. Essa depreciação é balizada pelos fabricantes, via LM-80 do produto, juntamente com os laboratórios certificados confirmam os dados apresentados pelos fabricantes depois de montarem a luminária.

Pode-se observar no ensaio fotométrico da luminária de 80W o comportamento de absorção do espectro vermelho, representado pelo fator R9. Isso pode comprometer as características da luminária com a temperatura de cor. Pode ainda ser observado a diferença na coloração das lentes.

Além disso, foi demonstrado como funciona a metodologia de ISTMT em laboratório acreditados. E a importância desta para a certificação destes produtos no Brasil. Esse ensaio garante que o LED que foi comercializado atende realmente o que foi proposto pelo fabricante da luminária.

É importante salientar que como LED é um componente eletrônico, e como toda tecnologia, deve ser acompanhada de diretrizes que a certifiquem de seu desempenho e acompanhem suas inovações.

Nos últimos anos, muitos fabricantes desenvolveram metodologias próprias para medir a vida útil do produto em seus próprios projetos, usando apenas dados sobre os principais componentes, mas voltados ao desempenho do LED e módulos de LEDs, não se importando com os componentes inseridos na luminária A indústria brasileira tem se esforçado, contudo não há pesquisas relacionadas às luminárias LED e não há protocolos de consenso no setor no momento. É necessário entender o comportamento e acompanhar o que está sendo comercializado e utilizado em nossas vias.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão à CAPES e ao Laboratório Lablux pelo apoio e infraestrutura fornecidos para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE., “Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023,” pp. 1–6, 2023, [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet.pdf>
- [2] IEA - International Energy Agency, “Energy Efficiency 2019,” Rio de Janeiro, 2019.
- [3] A. J. NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Instalações Elétricas, 4º Edição. Rio de Janeiro, 2000.

[4] ABNT NBR 5101. 2024. INMETRO, PORTARIA 62. 2022.

[5] INMETRO, PORTARIA 62. 2022.

[6] ASTM, G154 Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials 1, no. January. 2014, pp. 1–12. doi: 10.1520/G0154-23.

[7] CIE 154 The maintenance of outdoor lighting systems. 2003.

[8] ENERGY STAR, “TM-21 Calculator,” Luminaires Specification Version 1.0. [Online]. Available: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energystar.gov%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fasset%2Fdocument%2FENERGY%2520STAR%2520TM-21%2520Calculator%2520rev%2520%252006-18-2018.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>

[9] ANSI/IES, “LM-80-15,” 2015.

[10] ANSI/IES, “TM-21-21.pdf,” 2021.