

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

Emigdio Concepción Espínola Velázquez

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO LUMINOSO E DA VIDA ÚTIL
DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS
EM REGIME DE USO INTERMITENTE**

São Paulo
2016

EMIGDIO CONCEPCIÓN ESPÍNOLA VELÁZQUEZ

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO LUMINOSO E DA VIDA ÚTIL
DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS
EM REGIME DE USO INTERMITENTE**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Sistemas de Potencia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Natal Rossi

São Paulo
2016

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, ____ de _____ de _____.

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Espínola Velázquez, Emigdio Concepción.
Avaliação do Rendimento Luminoso e da Vida Útil das Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Regime de Uso Intermitente / E. C. E. Velázquez---versao corr.---São Paulo, 2016.

120 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Energia elétrica (Uso) 2.Iluminação 3.Eficiencia Energética.
Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II. t.

Avaliação do Rendimento Luminoso e da Vida Útil das Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Regime de Uso Intermitente

Nome: Emigdio Concepción Espínola Velázquez

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Luiz Natal Rossi Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento:.....Assinatura:

Prof. Dr. Nelson Kagan Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento:Assinatura:

Prof. Dr. Elvo C. Burini Jr. Instituição: Universidade de São Paulo.

Julgamento:Assinatura:.....

Prof. Dr. Arnaldo G. Kanashiro Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento:Assinatura:.....

Prof. Dr. Jose Aquiles B. Grimoni Instituição: Universidade de São Paulo.

Julgamento:Assinatura:.....

DEDICATÓRIA

“A mis padres: Fulgencia Velázquez, por su espíritu de lucha y Alberto Espínola (in memoriam) por sus lecciones de vida y su obsesión por la educación de sus hijos”

“A quienes fueron mi soporte espiritual para llegar a mi meta, mi esposa Sofía, mi princesa Sophia y mi príncipe Mathias, a todos ellos que Dios les bendiga por siempre”

AGRADECIMENTOS

“En nombre de Dios, muchas gracias a todos los que de alguna manera me ayudaron con sus conocimientos y orientaciones para llegar a buen puerto”

EPÍGRAFE

“El futuro mostrara los resultados y juzgara a cada uno de acuerdo a sus logros”.

Nikola Tesla

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1–Lâmpadas Romanas de Argila e Bronze | 22 |
| Figura 2 - Lâmpada a Arco Voltaico | 24 |
| Figura 3 - Lâmpadas Fluorescentes Tubulares | 37 |
| Figura 4 - Componentes da Lâmpada Fluorescente Compacta | 38 |
| Figura 5 - Lâmpada com reator eletrônico integrado | 39 |
| Figura 6 - Fluxo Luminoso | 42 |
| Figura 7 - Conversão da Potência [W] em Fluxo luminoso [lm]. | 43 |
| Figura 8–Iluminância - Fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído. | 44 |
| Figura 9 - Luminância de uma superfície elementar | 45 |
| Figura 10 - Iluminação, direta, indireta teto, indireta paredes | 45 |
| Figura 11 - Esfera integradora | 51 |
| Figura 12 - Ilustra a bancada de testes montada no Laboratório de Fotometria do IEE | 62 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Evolução das fontes luminosas desde seu emprego até a atualidade..... | 23 |
| Gráfico 2 –Consumo de Energia Elétrica por Setor | 35 |
| Gráfico 3 – Espectro Eletromagnético..... | 40 |
| Gráfico 4 – Curva de sensibilidade do olho humano | 41 |
| Gráfico 5 - Variação da eficiência luminosa em função do comprimento de onda..... | 43 |
| Gráfico 6 - Evolução da média da eficiência das LFC 127 V (lm/W) com o Selo Procel Eletrobrás..... | 57 |
| Gráfico 7 - Lâmpadas, Depreciações do Fluxo Luminoso (%) e do Laboratório em dezoito meses. Apto 201 B11..... | 64 |
| Gráfico 8 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 201 B11/ LFG 40/Sala | 64 |
| Gráfico 9 - Horas de Uso e Chaveamento/LFG40/Sala. | 65 |
| Gráfico 10 - Lâmpadas, Depreciações do Fluxo Luminoso (%) - Apto 103 B07. | 66 |
| Gráfico 11 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 103 B07/LFG 16/Cozinha..... | 67 |
| Gráfico 12 - Horas de Uso e Chaveamento - Apto 103 B07/LFG16/Cozinha..... | 67 |
| Gráfico 13- Lâmpadas, Depreciações (%) - Apto 201 B07..... | 69 |
| Gráfico 14 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 201 B07/LFG 38/Cozinha..... | 69 |
| Gráfico 15- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 201 B07/LFG38/Cozinha..... | 70 |
| Gráfico 16 - Lâmpadas, Depreciações (%) Corredor B10..... | 71 |
| Gráfico 17 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B10/LFG 13/2º Andar..... | 72 |
| Gráfico 18 - Horas de Uso e Chaveamento- Corredor B10/LFG13/2º Andar..... | 72 |
| Gráfico 19 - Lâmpadas, Depreciações (%) – Apto 101 B11..... | 75 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 20 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 101 B11/LFH 3/Sala | 75 |
| Gráfico 21- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 101 B11/LFH 3/Sala | 76 |
| Gráfico 22 - Lâmpadas, Depreciação (%) - Corredor B07..... | 78 |
| Gráfico 23 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B07/LFH 45/1ºAndar..... | 78 |
| Gráfico 24– Horas de Uso e Chaveamento - Corredor B07/LFH 45/1ºAndar..... | 79 |
| Gráfico 25- Lâmpadas, Depreciação% - Corredor B11 | 80 |
| Gráfico 26 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B07/LFH 1/4º Andar..... | 81 |
| Gráfico 27- Horas de Uso e Chaveamento - Corredor B11/LFH 1/4º Andar..... | 81 |
| Gráfico 28 - Lâmpadas, Depreciações% - Apto 204 B07. | 83 |
| Gráfico 29 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 204 B07 –LFG19..... | 83 |
| Gráfico 30 - Horas de Uso e Chaveamento – Apto 204 B07/LFH19/Sala..... | 84 |
| Gráfico 31 - Lâmpadas, Depreciações (%) - Apto 402 B11..... | 87 |
| Gráfico 32 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 402 B11/Sala/LFO38-39-40..... | 87 |
| Gráfico 33- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 402 B11/LFO38-39-40..... | 88 |
| Gráfico 34 - Lâmpadas, Depreciações% - Apto 102 B11. | 89 |
| Gráfico 35 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 102 B11/LFO2/Banheiro..... | 90 |
| Gráfico 36 – Horas de Uso e Chaveamento - Apto 102 B11/LFO2/Banheiro..... | 90 |
| Gráfico 37 - Lâmpadas, Depreciações % - Apto 404 B11. | 92 |
| Gráfico 38 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 404 B11/LFO11/Sala. | 92 |
| Gráfico 39 - Horas de Uso e Chaveamento – Apto 404 B11/LFO11/Sala..... | 93 |
| Gráfico 40- Lâmpadas, Depreciações % - Apto 104 B07. | 94 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 41 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 104 B07/LFO21/Jantar..... | 95 |
| Gráfico 42- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 104 B07/LFO21/Jantar..... | 95 |
| Gráfico 43 - Medições de Campo (Fluxo Luminoso \leq 20%) (Fluxo Luminoso $>$ 20%). | 98 |
| Gráfico 44- Medições de laboratório..... | 99 |
| Gráfico 45 – Medições do Laboratório e de Campo/Fluxo Luminoso $>$ 20%..... | 99 |
| Gráfico 46 – Comparação de medições do laboratório e de campo,(fluxo luminoso) \leq 20%.. | 100 |
| Gráfico 47 - Horas de uso $>$ 2.000h. e $<$ 2.000 h. | 101 |
| Gráfico 48 - Depreciação lumínica/horas de uso por grupos (campo)..... | 101 |
| Gráfico 49 – Frequência da Manutenção nas Residências | 102 |
| Gráfico 50 - Manutenção Corretiva nas Residências – Troca de Componentes | 103 |
| Gráfico 51–Controle do Consumo..... | 105 |
| Gráfico 52– Conhecimento sobre Etiquetagem..... | 105 |
| Gráfico 53 – Uso de Tintas Claras. | 106 |
| Gráfico 54- Aproveitamento da Iluminação Natural..... | 106 |
| Gráfico 55 – Conhecimento sobre o mercúrio da LFC | 107 |
| Gráfico 56–Parâmetro considerados pelo consumidor na compra da LFC..... | 107 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Temperatura de cor..... | 47 |
| Tabela 2- Índice de Reproduções de Cores – IRC..... | 48 |
| Tabela 3 – Comparação da Norma Brasileira com as Estrangeiras..... | 55 |
| Tabela 4 – Estudos identificados pelo CGIEE necessários à aplicação sustentável da Lei de Eficiência Energética..... | 56 |
| Tabela 5 - Parque brasileiro de lâmpadas de uso interno (em milhões de unidades)..... | 58 |
| Tabela 6 - Principais resultados energéticos das ações do PROCEL em 2014..... | 59 |
| Tabela 7 - Tipo e Quantidade Lâmpadas Utilizadas..... | 61 |
| Tabela 8 - Características das Lâmpadas..... | 61 |
| Tabela 9 - Medição de Fluxo Luminoso á 100 horas no Laboratório/Apto. 201/B11 | 63 |
| Tabela 10- Variáveis medidas no Apto. 201-B11 | 65 |
| Tabela 11 - Medição de Fluxo Luminoso á 100 horas no Laboratório/Apto.103/B07 | 66 |
| Tabela 12 - Variáveis medidas no Apto. 103-B11 | 68 |
| Tabela 13 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.201/B07 | 68 |
| Tabela 14 - Variáveis medidos no Apto. 201-B07 | 70 |
| Tabela 15 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B10 | 71 |
| Tabela 16 - Variáveis medidos no corredor-B10..... | 73 |
| Tabela 17 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto 101 B11..... | 74 |
| Tabela 18 - Variáveis medido no corredor no Apto.101 | 77 |
| Tabela 19 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B07 | 77 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 20 - Variáveis medido no corredor B07 | 79 |
| Tabela 21 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B11 | 80 |
| Tabela 22 - Variáveis medido no corredor B11 | 82 |
| Tabela 23 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.204 B07..... | 82 |
| Tabela 24 - Variáveis de medida no Apto. 204 B07 | 84 |
| Tabela 25 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto. 402 B11..... | 86 |
| Tabela 26 - Variáveis medidas no Apto. 402 B11..... | 89 |
| Tabela 27 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto. 102 B11..... | 89 |
| Tabela 28 - Variáveis medidos no Apto. 102 B11 | 91 |
| Tabela 29 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.404 B11..... | 91 |
| Tabela 30 - Variáveis medidos no Apto.404 B11 | 93 |
| Tabela 31 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.104 B07..... | 94 |
| Tabela 32 - Variáveis medidos no Apto.104 B07 | 96 |
| Tabela 33 – Frequência da Manutenção nas Residências..... | 102 |
| Tabela 34 - Manutenção Corretiva nas Residências – Troca de Componentes..... | 103 |
| Tabela 35 – Conhecimento dos Consumidores – (Cultura Energética) | 104 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABILUMI | Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação |
| CIE | Commision Internationale de L'Eclairage |
| ENCE | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| ELETROBRAS | Centrais Elétricas Brasileiras S.A |
| IEE | Instituto de Energia e Ambiente |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial e Tecnologia. |
| IRC | Índice de Reprodução de Cor |
| IEC | International Electro technical Commision |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LFC | Lâmpadas Fluorescentes Compactas |
| LRC | Lighting Research Center |
| LED | Light-Emitting Diode |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| MEPS | Minimun Energy Performance |
| NBR | Norma Brasileira |
| PROCEL | Programa Nacional Brasileiro de Conservação de Energia |
| PBE | Programa Brasileiro de Etiquetagem |
| PET | Planilha de Especificações Técnicas |
| USP | Universidade de São Paulo |
| UV | Ultravioleta |

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| DEDICATÓRIA..... | 5 |
| AGRADECIMENTOS | 6 |
| EPÍGRAFE | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 12 |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | 14 |
| ÍNDICE..... | 15 |
| RESUMO | 19 |
| ABSTRACT | 20 |
| CAPÍTULO1 | 21 |
| INTRODUÇÃO..... | 21 |
| 1.1 ENERGIA E SOCIEDADE..... | 21 |
| 1.2 EVOLUÇÕES DAS FONTES LUMINOSAS | 22 |
| 1.3 OBJETIVO | 26 |
| 1.4 MOTIVAÇÃO..... | 27 |
| CAPÍTULO 2 | 29 |
| ESTADO DA ARTE | 29 |
| 2.1 TEMPO DE VIDA DA LFC | 29 |
| 2.2 ENSAIOS DO TEMPO DE VIDADA LFC | 29 |
| 2.3 MODELOS DE AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA | 32 |
| CAPÍTULO3 | 35 |
| ILUMINAÇÃO | 35 |
| 3.1 CONSUMO | 35 |
| 3.2 TIPOS DE LÂMPADAS..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1 LÂMPADAS INCANDESCENTES..... | 36 |
| 3.2.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES..... | 36 |
| 3.2.3 LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS..... | 37 |
| 3.2.4 REATORES ELETRÔNICOS | 38 |
| CAPÍTULO 4 | 40 |
| GRANDEZAS E UNIDADES UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO | 40 |
| 4.1 CURVAS DE SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO..... | 40 |
| 4.2 INTENSIDADES LUMINOSAS | 41 |
| 4.3 FLUXO LUMINOSO..... | 42 |
| 4.4 EFICIÊNCIA LUMINOSA..... | 42 |
| 4.5 ILUMINÂNCIA | 43 |
| 4.6 LUMINÂNCIA | 44 |
| 4.7 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO..... | 45 |
| 4.8 COR..... | 46 |
| 4.9 TEMPERATURA DE COR CORRELATA | 47 |
| 4.10 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR (IRC) | 47 |
| 4.11 DEPRECIAÇÃO DO FLUXO LUMINOSO | 48 |
| 4.12 FOTOMETRIA | 49 |
| 4.13 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL..... | 49 |
| 4.14 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL..... | 50 |
| 4.15 MEDIÇÃO DE FLUXO LUMINOSO..... | 50 |
| CAPITULO 5 | 52 |
| NORMAS | 52 |
| 5.1 COMPARAÇÃO DE ALGUNS ITEMS RELACIONADOS A ENSAIOS DE LABORATÓRIOS DE LFCs. | 52 |

| | |
|--|-----|
| 5.1.1 TIPO | 52 |
| 5.2 NORMAS ESTRANGEIRAS COMPARADAS COM A NORMA BRASILEIRA:..... | 53 |
| 5.3 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA..... | 55 |
| 5.4 INCENTIVOS À ECONOMIA..... | 57 |
| 5.5 EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA | 57 |
| 5.7 RESULTADOS DO PROGRAMA EM 2014..... | 58 |
| CAPÍTULO 6 | 60 |
| MEDIÇÕES DO FLUXO LUMINOSO E DAS HORAS DE USO DAS LAMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS..... | 60 |
| 6.1 METODOLOGIA..... | 60 |
| 6.2 SAZONAMENTO..... | 62 |
| 6.3 MEDIÇÕES RESIDENCIAIS | 63 |
| 6.3.1 MEDIÇÕES DAS LFG20 W / 127 V “GRUPO 01” | 63 |
| 6.3.2 MEDIÇÕES DAS LFH 20 W / 127 V “GRUPO 02” | 74 |
| 6.3.3 MEDIÇÕES DAS LFO 20 W “GRUPO 03” | 86 |
| 6.4 MEDIÇÕES DE CAMPO (Fluxo Luminoso >20 %/≤20%)...... | 97 |
| 6.5 MEDIÇÕES DE LABORATORIO. (Fluxo Luminoso >20 %/≤20%). | 98 |
| 6.6 MEDIÇÕES FLUXO LUMINOSO (Laboratório/Campo >20%.) | 99 |
| 6.7 MEDIÇÕES FLUXO LUMINOSO (Laboratório/Campo ≤20%)...... | 100 |
| 6.8 HORAS ACESA DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS, (>2000 h/<2000 h). | 100 |
| 6.9 MANUTENÇÃO EM RESIDÊNCIAS NOS ÚLTIMOS QUINZE ANOS | 102 |
| Os resultados mostrados em tabelas e gráficos são resultados de questionários realizados com os consumidores que participaram da pesquisa. | 102 |
| 6.10 ESCOLHAS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS | 108 |
| CAPÍTULO 7 | 112 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 7.1 CONCLUSÃO..... | 112 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |

RESUMO

Esta tese tem como principal objetivo medir o desempenho das lâmpadas fluorescentes compactas em regime de uso intermitente instaladas em residências. Utiliza a Norma NBR 14539 e a PORTARIA 489/2010 como referência, para a comparação dos valores obtidos nas medições de campo com as medições do laboratório. A metodologia aplicada tem a finalidade de medir o desempenho em um ambiente real e muito mais agressivo que o laboratório. Foram instaladas 95 lâmpadas de três marcas diferentes e dividida em três grupos, previamente as lâmpadas foram sazoadas ou “envelhecidas” por 100 horas e posteriormente instaladas nas residências. Neste estágio, as medições de campo foram realizadas durante dezoito meses em quatro oportunidades, (a primeira como referência), posteriormente foram retiradas e levadas novamente ao laboratório para medir a depreciação do fluxo luminoso. As variáveis medidas foram: Fluxo luminoso, iluminância, tensão, temperatura, umidade relativa e quantidade de chaveamento para o acendimento das lâmpadas. Para ter uma visão mais ampla, os resultados, foram comparados à norma brasileira com as normas internacionais em relação aos requisitos de desempenho das lâmpadas fluorescentes compactas. Também foi feito um questionário com os consumidores que participaram desta pesquisa, para verificar o conhecimento ou a “cultura energética” relacionada com a forma de uso da iluminação, manutenção dos circuitos, idade, gênero, situação laboral, classe social, consumo, escolha de lâmpadas na hora da compra, uso da iluminação natural, utilização de tintas claras no interior das residências. Todo procedimento de medições foi realizado no Laboratório de Fotometria do Instituto de Energia e Ambiente-IEE da Universidade de São Paulo/USP.

Palavras Chaves:—Iluminação eficiente, Vida útil, Chaveamento, Hábitos de uso, Depreciação do fluxo luminoso, Eficiência energética, Normas.

ABSTRACT

This thesis aims to verify the performance of compact fluorescent lamps (CFLs) that are installed in residences in intermittent use regime. It uses NBR 14539 and Ordinance 489/2010 as a reference for comparing the values measured in the field in the laboratory measurements. The methodology used to verify the performance in a real environment is more aggressive than the laboratory's. 95 lamps of three different brands were installed, which were divided into three groups. The lamps were previously seasoned or "aged" for 100 hours and then installed in residences. At this stage, the field measurements were conducted for eighteen months, four times until reaching 2,000 hours of use. Later, they were removed and taken back to the laboratory to check the depreciation. Measured variables were: Iluminância, voltage, temperature, relative humidity and the amount of switching to lighting the lamps. To consolidate, Brazilian standards were compared to international standards in order to verify if there are differences or coinciding points. A questionnaire was also filled in by consumers who participated in this research to verify the knowledge or "energy culture" related to the proper use of lighting, maintenance of circuits, age, gender, employment status, social class, consumption, choice of lamps at the time of purchase, use of natural lighting, use of clear paint inside the residences. Finally, it is worth mentioning that the entire measurement procedure was performed in the photometry laboratory of the Institute of Energy and Environment-IEE, University of São Paulo/USP.

Keywords: —Light Efficiency, Useful Life, Switching Cycles, Consumption Habits, Light Depreciation, Energy Efficiency, Regulations.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENERGIA E SOCIEDADE

A disponibilidade de energia é um fator fundamental para o desenvolvimento das nações. Em um mundo altamente competitivo e submetido à globalização dos mercados, a energia passa a ser uma variável estratégica de desenvolvimento sobre a qual é possível atuar no sentido de moldar o estilo de crescimento pretendido.

A escolha deste estilo certamente terá implicações no sistema de produção de energia, pois esta se encontra presente em todos os aspectos do consumo final individual e coletivo, e também como importante fator de produção em todos os setores.

Neste sentido os programas de eficiência energética são intervenções deliberadas das instituições governamentais e do setor privado que administram o consumo da energia elétrica, com o intuito de promover alterações no hábito de consumo e na magnitude da curva de carga. As alterações desejadas podem ser a redução da potência no horário de pico, mudanças na carga, conservação estratégica, crescimento estratégico e a construção de curvas de cargas flexíveis.

O conceito de eficiência surgiu no Brasil com o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), criado em 1985 e desenvolvido no âmbito da ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A). Apesar de relativamente novo, os esforços de ser mais eficiente pelo lado da demanda são conhecidos desde o início da utilização da lenha como combustível.

Este programa engloba ações dirigidas à conservação de energia elétrica, através da racionalização do uso e de incentivos ao desenvolvimento de produtos eficientes e de menor consumo. Com isso, se reduz desperdício e se assegura uma redução dos custos e também nos investimentos em novas unidades geradoras.

Este programa atua também na área da educação, buscando possibilitar que os professores dos ensinos fundamental e médio trabalhem como multiplicadores e orientadores junto aos seus alunos, com atitudes e conceitos antidesperdícios de energia. Nos países industrializados,

práticas de gerenciamento pelo lado da demanda são bastante comuns e estão incorporadas ao planejamento integrado.

A crise do petróleo dos anos 70 e o aumento drástico da energia aliado a imprevisibilidade da oferta e ao alto custo do capital alteraram a economia das empresas, principalmente nos países industrializados. A indústria de eletricidade começou a procurar caminhos alternativos a aqueles tradicionalmente conhecidos e utilizados pela oferta. Na década do ano 2.000, devido à crise do racionamento, as alternativas se tornaram uma necessidade no sentido de planejar e aplicar programas bem definidos no campo da eficiência energética.

1.2 EVOLUÇÕES DAS FONTES LUMINOSAS

O primeiro protótipo de lâmpada foi construído de rocha oca, (fig. 1), preenchida com musgo seco e gordura animal. Desde aquela época, o homem vem desenvolvendo não só as formas, bem como os meios de geração de luz, procurando cada vez mais uma eficiência maior, de forma a se produzir mais luz com um menor consumo de energia (ABILUMI, CRICCI. A GUIMARAES. R, Iniciativas da ELETROBRAS, PROCEL, 2013).

Os gregos e romanos fabricaram lâmpadas de bronze ou argila, com azeite de oliva ou outros azeites vegetais como combustível. A evolução do desenho destas lâmpadas levou ao agregado de elementos refletores para melhorar o aproveitamento da luz produzida pela combustão.



Figura 1–Lâmpadas Romanas de Argila e Bronze
Fonte: Museu Arqueológico Nacional de Madrid.

Com o decorrer do tempo, foram introduzidas muitas melhoras no desenho e fabricação destas lâmpadas, mas sem conseguirem produzir uma iluminação eficiente até 1874, quando o químico suíço Argand inventou uma lâmpada que usava uma mecha oca para permitir que o ar alcançasse a chama, produzindo assim uma luz mais intensa.

Logo, a lâmpada de Argand teria uma espécie de cilindro de vidro para proteger a chama e permiti-la arder melhor. Com o porvir de uma indústria do petróleo, o querosene se transformaria no combustível mais utilizado neste tipo de lâmpadas.

Por volta do ano de 1800, fez-se muito comum resolver a iluminação das ruas com lâmpadas de gás, que funcionavam sem usar a mecha e no final do século XIX e no princípio do XX, iniciou-se a substituição das lâmpadas de gás pelas lâmpadas elétricas.

A primeira lâmpada elétrica era a lâmpada de arco de carvão, apresentada no ano de 1801 por Humphry. D apesar da luz da lâmpada elétrica ter sido imposta a partir do desenvolvimento da lâmpada incandescente por Swan. J, (Inglaterra) Edison. T.A, (EUA) trabalhando de forma independente. Edison patenteou sua invenção em 1879, transformando-a posteriormente no êxito comercial que ainda hoje perdura. O Gráfico ilustra a evolução das diferentes fontes luminosas.

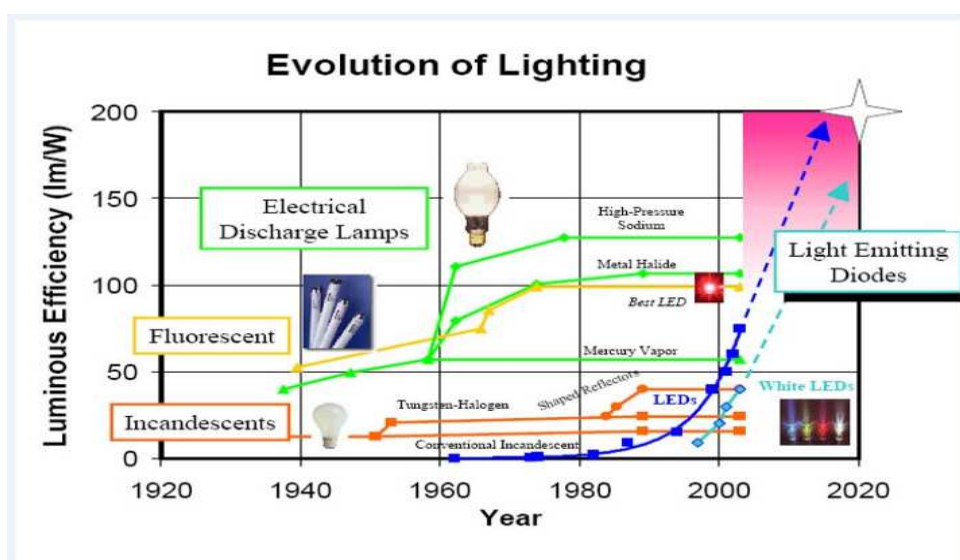


Gráfico 1 - Evolução das fontes luminosas desde seu emprego até a atualidade

Fonte: Cecile Rosset, Universidade Técnica de Munich.

A quantidade de fontes luminosas de diversos tipos foi incrementada durante o século XX, considerando as melhorias introduzidas pela lâmpada de Edison, a aparição das lâmpadas de mercúrio por volta de 1930, á apresentação das lâmpadas fluorescentes na Feira Mundial de 1939, a introdução das lâmpadas de tungstênio por volta de 1960, à aparição das lâmpadas de sódio de alta pressão em 1964, a introdução das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) na década de 70. Dado ao alto grau de dinamismo desta indústria é de esperar que a evolução das fontes luminosas continue no mesmo ritmo no presente século. A história da iluminação

artificial é quase tão longa quanto à história da humanidade, por isso, é importante a realização de uma revisão da história da iluminação artificial, o que ajudará a imaginar o que pode ser o futuro desta tecnologia (DILAURA, 2006).

O uso da eletricidade é historicamente relacionado ao desenvolvimento do sistema de iluminação, que começa com lâmpadas de arco, utilizado comercialmente de 1888 até 1920 em iluminação pública na segunda metade do século XIX. Estes consistiram em bastões de carbono ou metal separados por ar, entre os quais se produzia um arco elétrico que gerava luz artificial. Em princípio era utilizado em aplicações científicas, para fornecer luz aos objetos investigados por microscopia, mas acabou substituindo a iluminação pública.



Figura 2 - Lâmpada a Arco Voltaico

Fonte: A Evolução da Iluminação na Cidade do Rio de Janeiro, Milton Ferreira 2009

Curiosamente, este tipo de iluminação foi usado na Europa até 20 anos após a introdução no mercado da iluminação com lâmpadas incandescentes. Considera-se que a iluminação com a lâmpada incandescente decola com a patente de Edison em 1880 para uma lâmpada de filamento de carbono. Posteriormente, o filamento passa a ser de tungstênio e são desenvolvidas variações desta tecnologia, tais como as chamadas lâmpadas de halogênio. Também se deve notar que a lâmpada incandescente não perdeu sua vitalidade após quase 130 anos desde a sua introdução no mercado e vem sendo retirada por uma imposição legal.

O seguinte passo foi dado por Germer. E, (1901-1987), alemão que em 1927 patenteou três modelos de lâmpadas de descargas. A patente foi adquirida pela General Electric Company (GEC), nos Estados Unidos e, em 1934, GEC da Inglaterra produziu um modelo de demonstração que alcançou uma eficiência de 35 lm/W. O lançamento comercial de três modelos de lâmpada fluorescente é feito em 1938 pela General Electric mostraram uma eficiência de 30 a 35 lm/W e um tempo de vida de 1.000 horas.

A partir desse momento, acontecem vários avanços tecnológicos escalonados ao longo do tempo, que afetam diferentes componentes do desenho da lâmpada fluorescente, tais como as substâncias fluorescentes, a redução do conteúdo de mercúrio etc. Na década de 1980, começou uma forte tendência para a introdução de reatores eletrônicos. Em sua essência, uma lâmpada de indução é uma lâmpada fluorescente sem eletrodos. Sem eletrodos, a lâmpada utiliza os princípios fundamentais da indução eletromagnética e da descarga em gás para gerar luz. A eliminação dos eletrodos e filamentos resulta em uma lâmpada de vida incomparavelmente melhor.

Esta tecnologia, que poderia ter aparecido com a intenção de substituir as lâmpadas fluorescentes convencionais, tem sido relegada a um estreito nicho de mercado, apesar de sua alta eficiência e vida útil e alguns contratempos tecnológicos, como interferências eletromagnéticas, depreciação do fluxo luminoso e impossibilidade de dimerização, atualmente, esses inconvenientes já foram sanados. Porém as lâmpadas de indução são praticamente 100 % produzidas na China e os grandes fabricantes de fontes de luz voltaram-se ao desenvolvimento dos LEDs, que apresentam maior potencial de incremento de eficácia luminosa.

Finalmente, a tecnologia de diodos emissores de luz conquista rapidamente alguns nichos de mercado, embora seja possível que a concorrência dos LEDs se torne mais difícil do que o esperado, resultando em melhorias significativas em tecnologias como as fluorescentes (aumento de desempenho, vida e eliminação do mercúrio).

A história da iluminação apresenta um cenário onde, ao longo da história, convivem diferentes tecnologias. Isso se deve, em parte, a questões culturais, comerciais e econômicas, mas também à capacidade de se adaptar a diferentes métodos de iluminação para usos específicos.

No caso do Brasil, as lâmpadas incandescentes de uso geral com potências entre 61 e 100 W, que não atendam a níveis mínimos de eficiência energética, não podem mais ser produzidas ou importadas. Com a proibição, segundo o Ministério de Minas e Energia/MME, os fabricantes e importadores tiveram até o dia 31 de dezembro de 2013 para comercializar os seus estoques. A restrição consta na Portaria nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010, que visa minimizar o desperdício de energia elétrica e o impacto na demanda de ponta. Esse tipo de

lâmpada deve ser substituído pelas Lâmpadas Fluorescentes Compactas (LFC), ou mesmo as de LED (Light-Emitting diode ou diodo emissor de luz).

No caso das lâmpadas de 60 W, a data limite para fabricação e importação é 30 de junho de 2014; a de comercialização se encerra em 30 de junho de 2015. A substituição desse modelo, usualmente adotado nas residências brasileiras, por uma unidade eficiente de 15 W poderia garantir durabilidade de até seis anos no uso da lâmpada.

A troca das lâmpadas incandescentes no Brasil está sendo feita de forma gradativa e de acordo com a potência das unidades. As mudanças começaram em 30 de junho de 2012, com as lâmpadas de potência igual ou superior a 150 W. O processo de substituição deve se encerrar em junho de 2017, com a inclusão de unidades com potência inferior a 25 W.

A mais popular, de 60 watts, ficou proibida após o último dia de junho/14. As que estão no estoque das lojas poderão ser vendidas por apenas mais um ano, as de 25 e 40 W saíram de produção em 2015. O consumidor tem agora basicamente três opções de lâmpadas domésticas: a halógena com bulbo, a fluorescente compacta e a de LED. Todas mais caras do que a incandescente, mas consomem menos energia e duram mais.

Estimativas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) mostram que, se todas as lâmpadas incandescentes com potência entre 60 e 100 W, utilizadas em residências, fossem substituídas simultaneamente por unidades fluorescentes compactas, a economia resultante seria de aproximadamente 2,2 bilhões de KWh por ano. Esse volume equivale ao consumo residencial de uma cidade como Recife-PE, em dois anos. A substituição destas lâmpadas por equivalentes de LFC proporcionaria uma economia de 75 % de energia. Enquanto essas unidades duram cerca de 750 horas, uma LFC pode durar entre 6.000 e 8.000 horas.

1.3 OBJETIVO

Atualmente, existe um controle razoável dos produtos de iluminação. Ao mesmo tempo e incentivado o uso de uma tecnologia mais eficiente. Neste cenário, a substituta mais promissora é a tecnologia LED, que já é produzida e comercializada, no entanto, as opiniões acerca de seu preparo para o mercado, como substitutas das lâmpadas fluorescentes compactas, não são consensuais. Por tanto, esta tese propõe um estudo sobre o desempenho

das LFCs em residências, utilizando normas técnicas nacionais e internacionais com intuito de comparar se existem diferenças ou similitudes nos ensaios utilizados no Brasil.

Ao mesmo tempo são realizadas medições de uma serie de variáveis relacionadas à vida útil. O trabalho de tese ainda faz uma análise sobre o comportamento dos consumidores que participaram da pesquisa, utilizando indicadores que mostram o conhecimento sobre elementos básicos no uso da energia elétrica que ajudam a que a iluminação seja energeticamente mais eficiente.

O objetivo é avaliar as lâmpadas fluorescentes compactas sobre seu desempenho, registrando a quantidade de chaveamento e horas de uso em relação a sua vida útil e comparada finalmente com a Portaria 489/2010. São medidos também; Temperatura, Tensão e a Umidade Relativa. Os benefícios da sua aplicação têm um enfoque para a melhoria da eficiência do produto com impacto no consumo final das residências e no sistema de distribuição.

1.4 MOTIVAÇÃO

Melhorar a capacidade elétrica instalada nos mercados emergentes e nos países em desenvolvimento irá requerer investimentos que excedem as possibilidades de financiamento dos órgãos de fomento no âmbito mundial, mesmo porque a energia elétrica não é o único setor da infraestrutura a demandar recursos.

Na realidade, os órgãos de financiamento e os investidores irão privilegiar os projetos que oferecerem os melhores benefícios líquidos. Neste sentido, onde antes se consagrava o uso das estatais como instrumento de política social hoje se fala em eficiência.

Por tanto novos caminhos devem ser trilhados na questão energética, buscando incorporar ao planejamento do setor elétrico a nova realidade social, econômica e política do país, principalmente a necessidade de se buscar um uso mais eficiente da energia.

Uma das novas possibilidades que se abrem para o planejamento do setor elétrico é o emprego de programas de eficiência energética, buscando integrar efetivamente o consumidor no sentido de um uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Para este fim, métodos e procedimentos devem ser elaborados para avaliar o comportamento e atitudes dos consumidores frente à problemática da conservação da energia.

Este potencial de conservação pode se dar a partir de programas de uso eficiente da energia elétrica, buscando relacionar a conservação de energia com variável tipo nível de escolaridade, de renda, de consumo, manutenção do circuito, escolha de equipamentos eficiente no momento da compra do produto, região onde reside além das variáveis tradicionais como; Tensão, Fluxo Luminoso, Chaveamento, Umidade Relativa, Temperatura e custos para o consumidor e a concessionária, se forem o caso.

1.4.1 A estrutura do trabalho foi desenvolvida considerando-se:

- Introdução
- O estado da arte
- Iluminação
- Grandezas e unidades utilizadas em iluminação
- Normas
- Metodologia e Resultados
- Conclusão.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 TEMPO DE VIDA DA LFC

A fonte mais antiga de dados de vida de lâmpadas, da qual se dispõe um estudo de (VORLANDER. FJ/RADDIN. E.H, 1950). Estes autores publicaram um artigo que fornece informações sobre o tempo de vida de lâmpadas fluorescentes, no qual são descritas como de cor branca, com uma potência consumida de 40 W e fabricadas nos anos de 1946 e 1947.

Foi publicado um estudo realizado pelo Lighting Research Center, (O'ROURKE. C, 2001), no qual onze modelos de lâmpadas fluorescentes com reator integrado são submetidas a vários testes de durabilidade. Os ciclos de ensaio utilizados foram 5 minutos ligados - 20 segundos desligado, 5 minutos ligado - 5 minutos desligado, 15 minutos ligado- 5 minutos desligado, 60 minutos ligado- 5 minutos desligado, 180 minutos ligado- 5 minutos desligado, 180 minutos ligado- 20 minutos desligado. Os dados relativos ao ciclo 5 minutos ligado -20 segundos desligado foram descartados, porque 20 segundos de tempo desligado não são suficientes para esfriar a lâmpada depois de desligar. Há dúvidas de que 5 minutos sejam suficientes para um correto esfriamento dos eletrodos das lâmpadas e sua posterior ignição em frio. Atualmente, existe a possibilidade de separar ambos componentes e avaliar se a ruptura é devido à avaria da lâmpada, do reator, ou uma avaria simultânea de ambos componentes.

2.2 ENSAIOS DO TEMPO DE VIDA DA LFC

A primeira referência bibliográfica conhecida sobre ensaios de durabilidade das lâmpadas fluorescentes, realizado por Vorlander remonta a 1950, 11 anos após a introdução comercial de lâmpadas fluorescentes. Este artigo destaca a importância de compreender o efeito da ignição e dos diferentes ciclos de funcionamento das lâmpadas fluorescentes. Destaca-se que os ciclos comumente usados pela indústria estão baseados em operar a lâmpada por períodos de 3 horas e, adicionalmente, em períodos de seis a doze horas. Descreve-se a importância de conhecer o tempo de vida e reduzir o fluxo luminoso das lâmpadas para planejar rotinas de substituição.

Uma das vantagens da lâmpada fluorescente: *sua longa vida*, e que esta característica, seja desejável do ponto de vista comercial, econômico e ambiental, ou seja, um produto com qualidade. A desvantagem nos indica que é preciso longos períodos de tempo para verificar se o tempo de vida estimado é atendido e em que condições, daí o interesse no desenvolvimento de equivalências entre os diferentes tipos de testes e de tentar encontrar alguma relação entre ensaios acelerados e testes convencionais.

Na discussão, incluiu-se o artigo de Thayer. R, e outros acreditam que pretender acelerar um ensaio de durabilidade das lâmpadas fluorescentes não pode estar baseado apenas no aumento do número de acesas e apagadas, mas também deve considerar os processos que ocorrem durante o funcionamento normal da lâmpada.

Em 1954, (THAYER, R) publica um artigo que apresenta uma descrição dos mecanismos de operação e degradação da lâmpada fluorescente, no qual se devem ressaltar as considerações sobre a influência no tempo de vida da lâmpada a estrutura e revestimento dos eletrodos, a pressão do gás que enche a cavidade do fluorescente, a corrente que percorre a lâmpada, e o fator de pico da corrente.

Na década de 1970 começa o interesse em reatores eletrônicos. Um artigo pioneiro na análise do efeito de reatores eletrônicos em lâmpadas fluorescentes, (VERDERBER. R.R), considera doze modelos diferentes de reatores eletrônicos, que são submetidos a testes de durabilidade com 3 horas de operação contínua a cada 20 minutos desligado. Também foram realizados testes de funcionamento contínuo para alguns dos modelos de reatores. As lâmpadas utilizadas foram tubulares de 40 W.

A partir de 1996 foram publicadas uma série de trabalhos do LIGHTING RESEARCH CENTER-LRC. Nesses trabalhos de medições experimentais, entre as quais se destacam os testes de durabilidade dos eletrodos, são realizadas com o objetivo explícito de estabelecer alguma relação entre os testes acelerados e testes convencionais, assim como estabelecer qual é o tempo mínimo desligado permitido em um teste durabilidade. Uma das motivações para abrir essa linha de investigação é estabelecer testes acelerados equivalentes aos testes convencionais que economizem tempo, energia, investimento econômico e esforço dos pesquisadores em realizar os testes.

O primeiro trabalho do Lighting Research Center-LRC, (DAVIS. RG, 1996), submeteu 160 amostras de dois modelos de lâmpadas fluorescentes compactas em duas posições diferentes,

a base para cima e para baixo, a diferentes testes de durabilidade consistentes em; 40 segundos ligado -20 segundos desligado, 40 segundos ligado -5 minutos desligado, 5 minutos ligado – 5 minutos desligado, 5 minutos ligado -20 minutos desligado, sendo este último o teste padrão nos Estados Unidos.

Em 1998 e publicado outra série de artigos dos pesquisadores do Lighting Research Center-LRC, (YUNFEN. J, 1999; O' ROURKE. C, 2001), que até agora representam a série de dados e estudos mais interessantes e completos conhecidos e conduzida por pesquisadores que não pertencem a empresas fabricantes de lâmpadas. Nesses trabalhos, foram analisados onze reatores com ignição instantânea e com pré-aquecimento, operando com lâmpadas compactas e submetidos a quatro testes de durabilidade diferentes: 5 minutos ligado – 5 minutos desligado, 15 minutos ligado – 5 minutos desligado, 1 hora ligado– 5 minutos desligado, 3 horas ligado–20 minutos desligado.

As primeiras conclusões deste trabalho são influenciadas por um maior número de lâmpadas acesas na redução do tempo de vida útil, assim como algumas lâmpadas não atingiram o seu tempo de vida nominal, nem quando foram submetidas ao ciclo convencional. No primeiro momento, e como parte dos ensaios inacabados, os autores concluíram que não houve diferença significativa entre os ensaios com tempo de desligado de 5 minutos, quando comparado com os ensaios com tempo de desligado de 20 minutos (YUNFEN. J, 1999), afirmando assim que 5 minutos são suficientes para esfriar os eletrodos.

O efeito no tempo de vida útil das lâmpadas fluorescentes e os mecanismos que são utilizados para variar a quantidade de luz emitida têm sido pouco estudados. As técnicas utilizadas são chamadas de “dimmer”. Em (TETRI. E, 2001) e publicado um trabalho no qual operam vários conjuntos de lâmpada/reatores em condições de “dimmer”. Sob condições convencionais, deste trabalho, concluiu que, com os maiores níveis de dimmer, aumenta a mortalidade das lâmpadas.

Em 2005, outros trabalhos são publicados, (O'ROURKE-2005); Lighting Research Center, nas quais são analisados vários aspectos relativos às lâmpadas fluorescentes com reatores integrados, incluindo seu tempo de vida em um ciclo convencional de 3 h ligado / 20 minutos desligado. Esses trabalhos visam à avaliação de um conjunto de amostras e tiram algumas conclusões do estado da arte desta tecnologia.

No trabalho de (CHONDRAKIS. N.G, 2009), são submetidas lâmpadas compactas a diferentes ciclos, que têm em comum o tempo de desligado de 15 minutos e são caracterizados por períodos de operação contínuos: 165 minutos, 45 minutos, 5 minutos, 1 minuto e, finalmente, de 20 segundos, as conclusões deste trabalho incluem a afirmação de que não é possível prever o tempo de vida da lâmpada fluorescente, com testes convencionais, a partir de ensaios tão acelerados.

Por tanto é importante encontrar modelos que permitam prever o tempo de vida útil de uma lâmpada fluorescente funcionando, a partir de medições não destrutivas e que sejam realizáveis em lâmpadas convencionais, de ser possíveis em condições reais e com uma amostra importante de tal forma a obter resultados, que de fato, serão diferentes considerando um cenário real como as residências, por exemplo; na qual deverão aparecer, além das tradicionais variáveis elétricas, componentes como hábito de consumos que variam de acordo a uma série de elementos como, idade, quantidade de residentes, rotina de trabalho, nível acadêmico, condição econômica; e outras como temperatura ambiente, percentagem de umidade, condições de vida útil do circuito elétrico, que de fato são diferentes do ambiente laboratorial. Este trabalho permitiria complementar outros estudos que vêm sendo feito no campo da análise do comportamento de vida de uma lâmpada fluorescente, com relação ao desempenho e a vida útil das lâmpadas fluorescentes compactas.

2.3 MODELOS DE AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA

Embora os regulamentos nacionais e internacionais imponham certas condições a determinados parâmetros elétricos a serem fornecidos à lâmpada, como a tensão e a corrente ou as tensões aplicadas aos eletrodos, um modelo de verificação do rendimento e do tempo de vida útil deve ser capaz de propor uma metodologia que permita obter resultados a partir de certas medições elétricas que complementem os ensaios ou medições feitas em laboratórios, considerando que o foco da normativa tem mais a ver com a aceitação ou rejeição de uma lâmpada, em um esquema de "Aprovado/Recusado", considerando sempre os parâmetros estabelecidos pela norma.

Por conseguinte, é necessário avaliar em um cenário mais real o tempo de vida útil das lâmpadas, considerando que o mercado disponibiliza centenas de reatores e lâmpadas que não são submetidos a testes formais, devido aos custos que isso implica. Por outro lado, do ponto

de vista do conhecimento não ligado a considerações comerciais a previsão de vida útil das lâmpadas não recebeu até agora uma solução satisfatória.

Como foi visto até agora, a avaliação do tempo de vida útil de uma lâmpada fluorescente e seu reator é um dos objetivos mais importantes, mas também mais caros de realizar na engenharia de iluminação. A falta de modelos de tempo de vida, os testes de durabilidade de ligados e desligados das amostras são atualmente o único instrumento geralmente aceito para avaliar o tempo de vida. No entanto, as várias propostas de ensaios de tempo de vida das lâmpadas fluorescentes devem atender pelo menos duas condições: que permitam se aproximar as características de uso das lâmpadas e avaliar os efeitos de operação contínua e o acendido das lâmpadas.

Normalmente, uma lâmpada fluorescente termina sua vida útil quando as substâncias emissoras dos eletrodos se desgastam ou se evaporam até um nível no qual não é capaz de fornecer elétrons suficientes para descarregar o material emissor do eletrodo, ocorre durante os períodos de operação normal da lâmpada e que depende da velocidade na qual ocorre a perda de material emissor de elétrons.

Quando a perda percentual do material emissor de elétrons atinge 100 %, é que a lâmpada chega ao fim da sua vida útil. Antes disso, a lâmpada pode ter dificuldades em atingir o modo de arco (ou seja, estar ligado) ou pode ter sido drasticamente reduzida sua capacidade de gerar luz. Também pode ter havido uma ruptura do fio de tungstênio, o que impede a circulação da corrente através do eletrodo (HILSCHER. A 2002).

Os procedimentos de ensaios clássicos utilizados para avaliar o tempo de vida útil das lâmpadas fluorescentes e reatores são baseados em operar a lâmpada durante um determinado número de horas com uma rotina de ligado e desligado de 2 h 45 minutos ligado e 15 minutos desligado com ligeiras variações. A idéia deste teste é reproduzir razoavelmente o perfil de uso mais comum destes sistemas de iluminação, (NBR 14539). Também existem ensaios adaptados a um uso particular dos sistemas de iluminação para tentar reproduzir, tanto quanto possível, as condições reais de funcionamento.

A vantagem dos ciclos convencionais é que permitem descrever de forma aproximada a maioria dos usos de iluminação fluorescente. Além disso, compreende um período de funcionamento normal relativamente longo de 2 h 45 minutos e um período desligado de 15

minutos, tempo que os eletrodos precisam para se esfriarem até atingir a temperatura ambiente.

O inconveniente deste tipo de ensaio é a sua duração. Uma lâmpada com um tempo de vida nominal de 10.000 h precisaria mais do que 13 meses de ensaio assumindo que não serão feitas medições adicionais, tais como medidas de fluxo luminoso em determinados intervalos de tempo.

Os testes acelerados têm sido um interesse constante na evolução da engenharia de iluminação. Para os testes sem ciclos de ligado e desligado, o que quer dizer com a lâmpada acesa constantemente, verificou-se que os tempos de vida podem chegar a quadruplicar o valor obtido no teste de duração com ciclos convencionais.

Há apenas duas análises públicas com ampla informação onde são comparados vários ensaios de operação contínua, (DAVIS. RG, 1996 - O' ROURKE. C, 2001), e também avaliar os diferentes tempos desligado das lâmpadas. Concluem advertindo sobre a possibilidade de chegar a resultados errados ao usar ensaios acelerados. O grupo de pesquisa que conduziu as análises descritas, pertencente ao Lighting Research Center - LRC evoluiu ao longo dos anos de trabalho desde uma recomendação de um minuto desligado, passando posteriormente a propor pelo menos 5 minutos desligado e, finalmente, a recomendar 5 minutos a 20 minutos desligado voltando, portanto a propostas muito semelhantes aos tempos desligado dos ciclos convencionais.

CAPÍTULO 3

ILUMINAÇÃO

3.1 CONSUMO

A iluminação domiciliar consome em média 14 % de energia elétrica no Brasil, (PROCEL, 2015). A seguir, é mostrada a participação dos eletrodomésticos mais importantes no consumo médio Domiciliar, em nível Brasil.

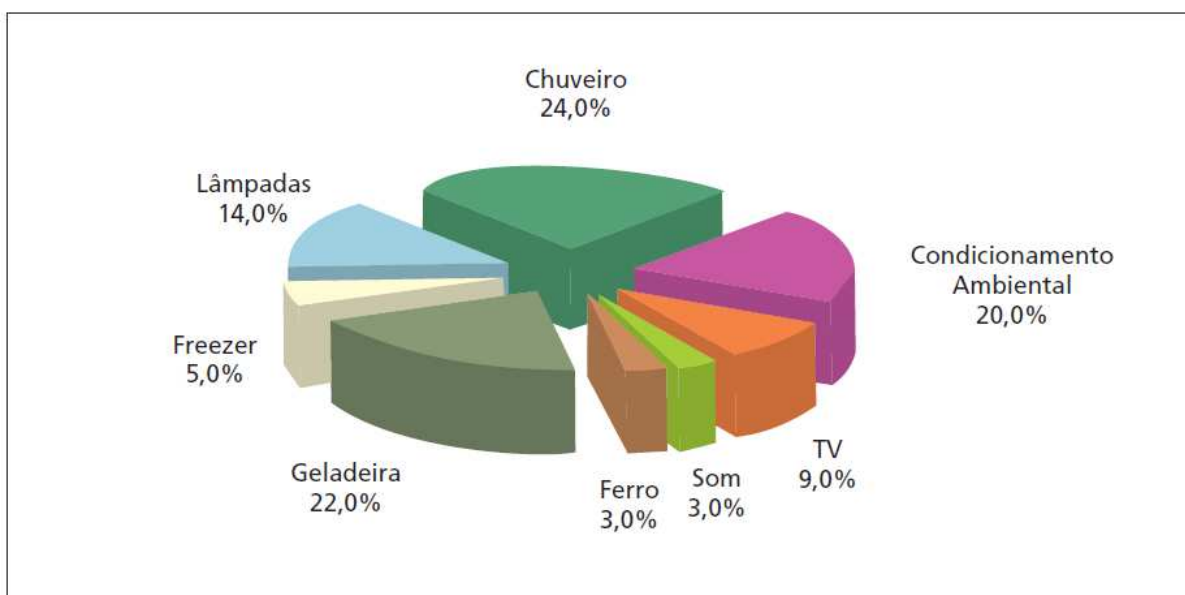


Gráfico 2 – Consumo de Energia Elétrica por Setor

Fonte: Procel 2016

Dois dos fatores que colaboraram para a redução do consumo de energia em 2001 foram à mudança no hábito de consumo, principalmente no setor residencial, e a utilização de equipamentos que consomem menos energia. Podemos citar como exemplo o aumento do uso das lâmpadas compactas fluorescentes que têm como principais características uma vida útil maior e uma eficiência luminosa melhor que a lâmpada incandescente.

3.2 TIPOS DE LÂMPADAS

As lâmpadas utilizadas na iluminação são classificadas de acordo com o seu mecanismo básico de produção de luz, são elas:

3.2.1 LÂMPADAS INCANDESCENTES

Seu princípio de funcionamento se baseia na emissão de luz pela incandescência de um filamento superaquecido através da passagem de uma corrente elétrica. Em temperaturas mais elevadas, os átomos são excitados e passa a existir a emissão de luz na faixa visível. Portanto, o filamento de uma lâmpada incandescente deve ser projetado para que a sua temperatura alcance a incandescência e a porcentagem da radiação emitida na faixa do espectro visível.

São constituídas de um filamento de tungstênio, instalados no interior de um bulbo sob vácuo ou com uma atmosfera gasosa não halogênica.

Tipos de Lâmpadas:

- Lâmpada de médio e grande porte para iluminação geral de interiores e exteriores.
- Lâmpadas em miniatura para utilização em automóveis, sinalização, luminárias portáteis ou de uso especial.
- Lâmpadas fotográficas para aplicações em projetores, estúdio e câmaras escuras.
- Lâmpadas infravermelhas para aplicações medicinais.

Funciona através da passagem da corrente elétrica pelo filamento de tungstênio, que com o aquecimento gera luz. Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte dentro do bulbo que contém o filamento. Apresenta temperatura de cor na faixa de 2700 K (amarelada) e reprodução de cor de 100 %.

3.2.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES

Durante vários anos, as lâmpadas fluorescentes tubulares de 15, 20, 30, 40, 65 e 110 W, na tonalidade branca fria, com diâmetros T10 (33 mm) e T12 (38 mm), eram praticamente as únicas utilizadas no Brasil.

A grande revolução das fluorescentes ao longo dos anos ficou por conta da redução do seu diâmetro, compactação e aumento na eficiência energética, chegando até 100 lm/W, melhoria do índice de reprodução das cores e a possibilidade de uso intensivo de reatores eletrônicos de alta frequência (de baixas perdas, sem ruído e efeito estroboscópio nulo).

Atualmente existem duas versões dessas lâmpadas:

Fluorescente Standard; que apresenta eficiência luminosa de até 70 lm/W, temperatura de cor variando entre 4100 K e 6100 K e índice de reprodução de cor de 48 a 78 %.

Fluorescente tri fósforo; eficiência luminosa de até 100 lm/W, temperatura de cor variando entre 3500 K e 6000 K e índice de reprodução de cor de 85 %.



Figura 3 - Lâmpadas Fluorescentes Tubulares
Fonte: Catalogo Philips

3.2.3 LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS.

Esta lâmpada foi introduzida no mercado no início da década de 80 e apresenta alguns detalhes construtivos que a diferenciam das lâmpadas fluorescentes tubulares convencionais, porém, seu princípio de funcionamento é idêntico. A corrente elétrica atravessa o reator, que dá a partida da lâmpada. Quando aquecido, esse filamento provoca a movimentação dos elétrons no interior da lâmpada que, por sua vez, provoca a vaporização do mercúrio, produzindo a emissão de raio ultravioleta.

A parede interna da lâmpada é pintada com pó de fósforo, e, quando os raios UV atravessam essa pintura, eles são transformados em luz visível. Com a evolução das lâmpadas, a pintura é feita hoje com o tri fósforo nas três cores básicas (vermelho, verde e azul), o que resulta em maior fidelidade de reprodução de cores. O pó tri fósforo, composto por elementos extraídos das “terras raras”, é encontrada atualmente na China e na Finlândia. Caracteriza-se por possibilitar às lâmpadas fluorescentes um alto índice de reprodução de cor ($R_a > 80$) e alta eficiência luminosa (80 -105 lm/W).

Existem diversas formas construtivas para o tubo de descarga. Podemos citar as mais comuns:

- a. Um tubo único curvado em “U”.
- b. Dois tubos independentes, unidos por uma ponte.

c. Três tubos independentes, unidos por uma ponte.

d. Dois tubos entrelaçados formando um espiral.

São leves e aquecem menos o ambiente, representando uma forte redução na carga térmica, proporcionando conforto e sobrecarregando menos os sistemas; apresenta excelente reprodução de cores, com índice de 85 %, o que garante seu uso em locais onde a fidelidade e valorização dos espaços e produtos são fundamentais. A tonalidade de cor é adequada para cada ambiente, obtida graças à tecnologia do pó tri fósforo.

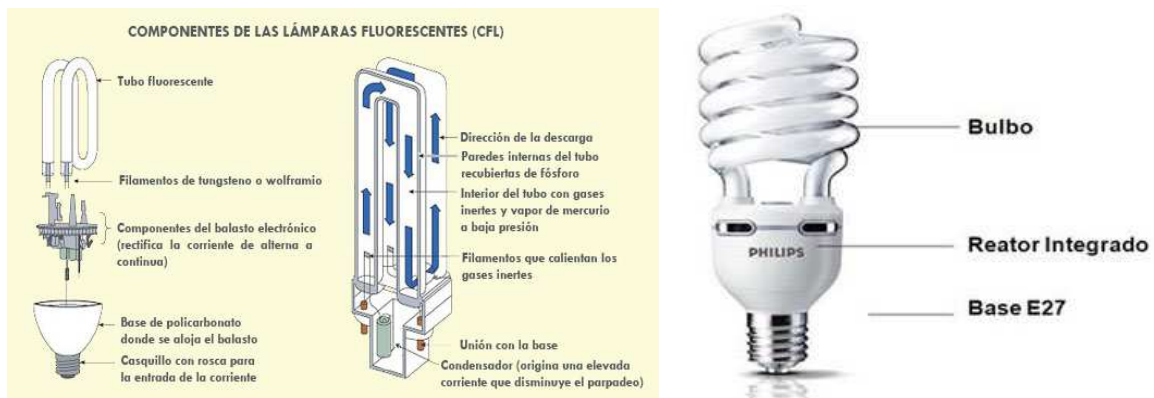


Figura 4 - Componentes da Lâmpada Fluorescente Compacta

Fonte: Catalogo Philips

3.2.4 REATORES ELETRÔNICOS

Os reatores eletrônicos são constituídos por componentes eletrônicos (resistores, capacitores, circuitos integrados, e outros). Operam em alta frequência (de 20 KHz a 50 KHz), proporcionando economia de energia, considerando que os reatores eletrônicos têm menores perdas elétricas, comparados com os reatores eletromagnéticos, presentes no mercado desde os anos 80. No Brasil o desenvolvimento de reatores eletrônicos nacionais para lâmpadas fluorescentes deu início em 1985. São reatores “leves” que apresentam as seguintes vantagens, em relação aos eletromagnéticos:

- Mais leve.
- Mais compacto.
- Consome menos energia.
- Elimina efeito estroboscópico.

- Maior vida útil.
- Baixa carga térmica, que resulta em economia de energia.

A possibilidade de dimerização e utilização de sistemas inteligentes pode levar a redução no consumo de energia de até 70 %.



Figura 5 - Lâmpada com reator eletrônico integrado
Fonte: Catalogo Philips

CAPÍTULO 4

GRANDEZAS E UNIDADES UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO

4.1 CURVAS DE SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO

Sob o ponto de vista de engenharia, o olho pode ser considerado um sensor de radiação seletivo que detecta apenas uma parcela restrita do espectro ($380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}$) da energia radiante. Em 1924, a CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*), com o objetivo de tornar a avaliação da radiação visível (luz), criou um observador padrão, cujo olho encontra-se adaptado à luz do dia para caracterizar a visão fotóptica representada por uma curva de sensibilidade $V(\lambda)$. Em 1951, foi elaborado uma curva suplementar $V'(\lambda)$ para caracterizar a visão noturna, (escotóptica), de um observador padrão, cujo olho encontra-se adaptado a pouca luz. Os dados são fornecidos sob forma de tabelas, normalizados pelo valor de máxima sensibilidade da visão diurna que ocorre para $\lambda = 555 \text{ nm}$ (amarelo esverdeado).

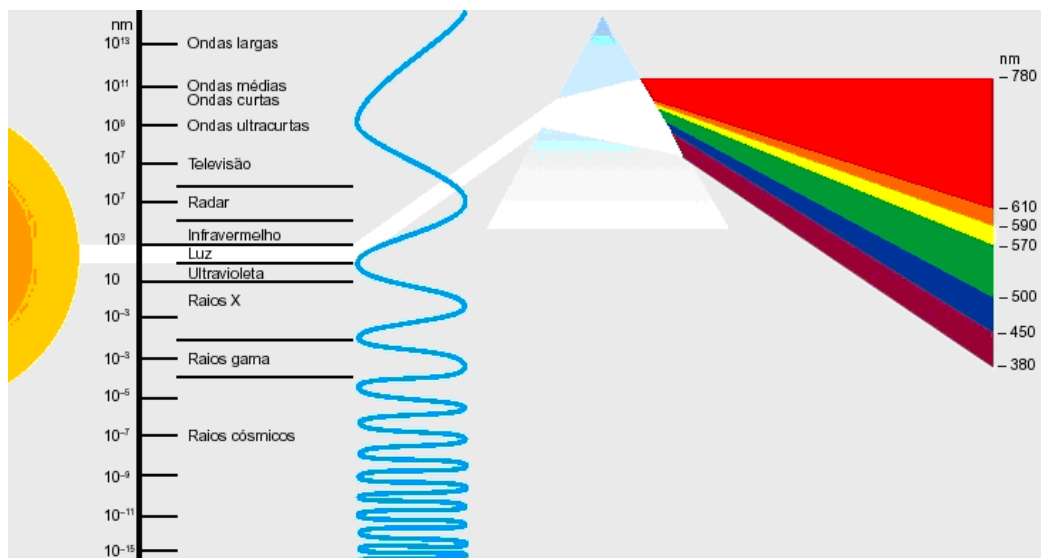


Gráfico 3 – Espectro Eletromagnético
Fonte: Manual de Iluminação PROCEL_EPP-2011

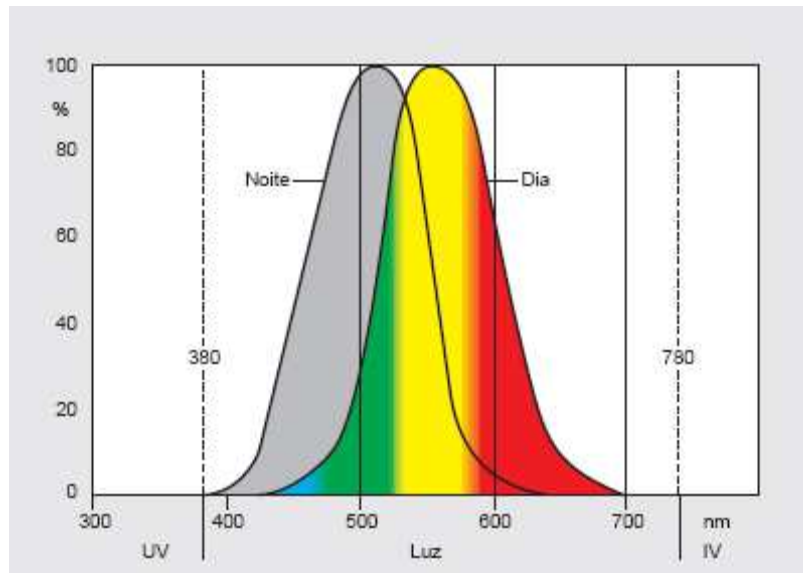


Gráfico 4 – Curva de sensibilidade do olho humano
 Fonte: Manual de Iluminação PROCEL_EPP-2011

A quantidade de luz é muito importante para a visão, em condições de boa iluminação, como ocorre de dia, a visão é mais nítida, detalhada e as cores são bem visíveis, conhecida também como visão fotóptica. Em condições de baixo nível de iluminação desaparece a sensação da cor e a visão é mais sensível aos tons azuis e à intensidade da luz, conhecida como visão escotópica.

Nestas condições definem-se curvas de sensibilidade do olho na luz visível para um determinado observador que tem o máximo de comprimento de onda de 555 nm (amarelo esverdeado), para a visão fotóptica, e 505 nm (azul esverdeado) para a visão escotópica.

Toda fonte de luz que emite valores próximos ao máximo da visão diurna (505 nm) terá um rendimento energético ótimo, porque produzirá a máxima sensação luminosa no olho com o mínimo consumo de energia. Examinando a radiação visível verificamos que além da percepção luminosa, obtemos também a percepção de cor. Essa sensação de cor está intimamente ligada aos comprimentos de onda das radiações e verifica-se que os diferentes comprimentos de onda produzem diversas sensações de luminosidade; isto significa que o olho humano não é igualmente sensível a todos os comprimentos de onda do espectro visível.

4.2 INTENSIDADES LUMINOSAS

Apesar de o fluxo radiante exprimir a potência de uma fonte de luz, não indica como se distribui a energia irradiada. Assim, duas fontes luminosas podem ter igual potência e, no

entanto uma delas, numa dada direção, emitir muito mais energia que a outra. Para caracterizar esse fenômeno, é necessário distinguir-se, além da potência, a intensidade luminosa da fonte. Intensidade luminosa' define-se como a quantidade de fluxo luminoso que emite uma fonte por unidade de ângulo sólido. Sua unidade de medida é a candela (cd)

4.3 FLUXO LUMINOSO

Fluxo luminoso, “grandeza característica de um fluxo”, é a radiação total emitida em todas as direções por uma fonte luminosa que pode produzir estímulo visual. Estes comprimentos de onda estão compreendidos entre 380 a 780 nm, e sua unidade é o lúmen (lm).

Fazendo uma analogia com a hidráulica, seria como um chafariz esférico, dotado de inúmeros furos na sua superfície. Os raios luminosos corresponderiam aos esguichos de água dirigidos a todas as direções, decorrentes destes furos.

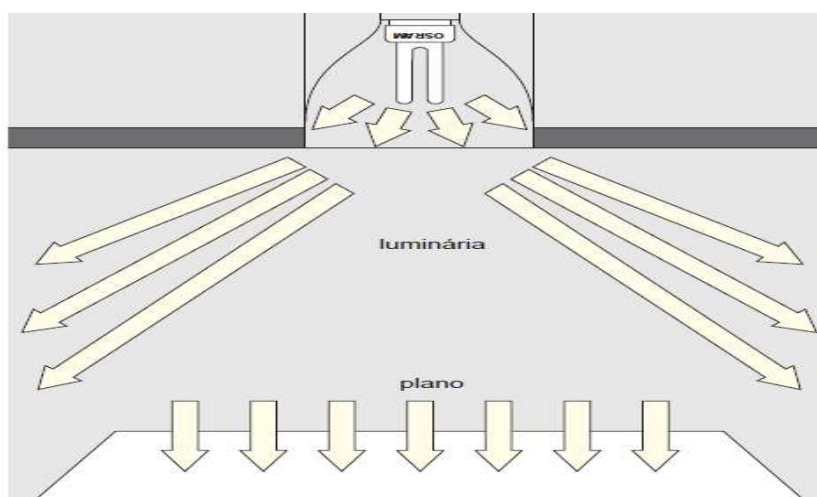


Figura 6 - Fluxo Luminoso
Fonte: Manual de iluminação Osram

4.4 EFICIÊNCIA LUMINOSA

Eficiência luminosa (η) de uma fonte luminosa é a relação entre fluxo luminoso (ϕ) total emitido pela fonte e a potência por ela absorvida. ϕ e o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa (lm); (P) o fluxo radiante ou potência absorvida (W); e (η) eficiência luminosa (lm / W).

$$\eta = \frac{\text{Fluxo luminoso}}{\text{Potência consumida}}$$

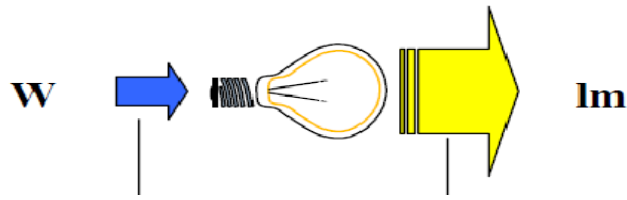


Figura 7 - Conversão da Potência [W] em Fluxo luminoso [lm].
Fonte: Manual de Iluminação PROCEL_EPP-2011

Podemos dizer que eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens pela potência consumida em W. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. A eficiência luminosa depende do comprimento de onda da radiação. O valor máximo teórico é de 683 lm/W o que corresponderia a uma fonte hipotética de radiação monocromática de comprimento de onda igual a 555 nm (cor verde-amarelo), comprimento este no qual a visão humana apresenta o pico de sensibilidade. O Gráfico 5 mostra a variação da eficiência luminosa em função do comprimento de onda. Em geral, as fontes luminosas apresentam sua energia distribuída ao longo do espectro, apresentando valores de eficiência luminosa bem abaixo dos 683 lm/W.

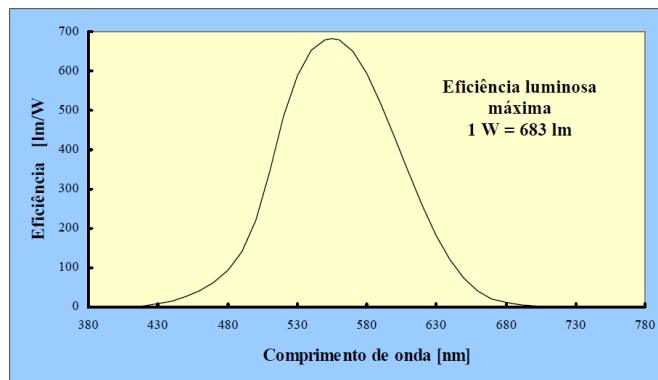


Gráfico 5 - Variação da eficiência luminosa em função do comprimento de onda
Fonte: Manual de Iluminação PROCEL_EPP-2011

4.5 ILUMINÂNCIA

Por definição, podemos dizer que Iluminância é o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m²). Sua unidade é o lux. Um lux corresponde à Iluminância

de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen. O melhor conceito sobre Iluminância talvez seja uma densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Isto permite supor que existe um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação. Baseados em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à Iluminância foram tabelados por tipo de atividade, no Brasil, sendo encontrados na NBR 5413 - Iluminância de interiores.

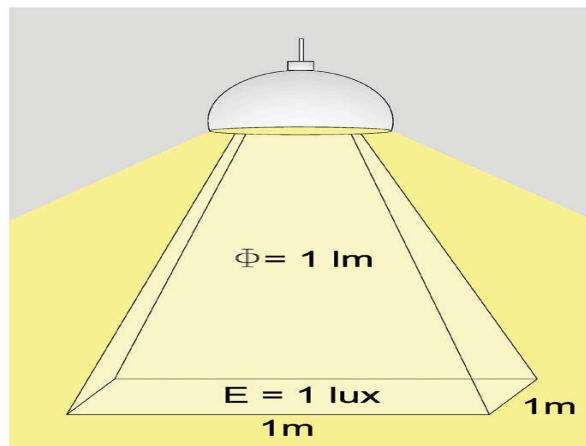


Figura 8–Iluminância - Fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído.

Fonte: Manual de Iluminação PROCEL_EPP-2011

4.6 LUMINÂNCIA

É um dos conceitos mais abstratos que a luminotécnica apresenta. É através da luminância que o homem enxerga. No passado, denominava-se de brilho, querendo significar que a luminância está ligada aos brilhos. A diferença é que a luminância é uma excitação visual, enquanto que o brilho é a resposta visual, a luminância é quantitativa e o brilho é sensitivo. É a diferença entre zonas claras e escuras que permite que se aprecie uma escultura; que se aprecie um dia de sol.

As partes sombreadas são aquelas que apresentam a menor luminância em oposição às outras mais iluminadas. Luminância liga-se com contrastes, pois a leitura de uma página escrita em letras pretas (refletância 10 %) sobre um fundo branco (papel, refletância 85 %) revela que a luminância das letras é menor do que a luminância do fundo e, assim, a leitura “cansa menos os olhos”. Entretanto, quando as luminâncias se aproximam, como é o caso da linha de

costura e do tecido, a observação torna-se mais difícil, (contraste reduzido) e há necessidade de mais luz.

Das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de Luminância. Em outras palavras, é a Intensidade Luminosa que emana de uma superfície, pela sua superfície aparente. Como os objetos refletem a luz diferentemente uns dos outros, fica explicado porque a mesma Iluminância pode dar origem a Luminâncias diferentes.



Figura 9 - Luminância de uma superfície elementar
Fonte: Manual de Luminotecnia - OSRAM

4.7 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Quando uma lâmpada é ligada, o fluxo emitido pode chegar aos objetos da sala diretamente ou indiretamente por reflexão em paredes e teto. A quantidade de luz que chega direta ou indiretamente determina os diferentes sistemas de iluminação com suas vantagens e inconvenientes.

- Luz direta
- Luz indireta proveniente do teto
- Luz indireta proveniente das paredes

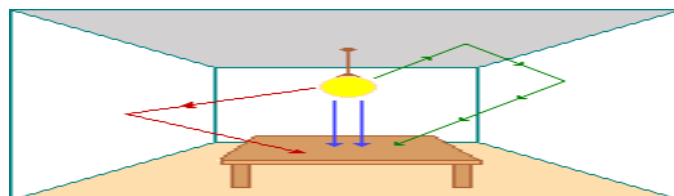


Figura 10 - Iluminação, direta, indireta teto, indireta paredes.
Fonte: Dpto. de Engenharia Elétrica da Universidade Politécnica da Catalunha.

A iluminação direta se produz quando todo o fluxo das lâmpadas vai dirigido para o solo. É o sistema mais econômico de iluminação e o que oferece maior rendimento luminoso.

Na iluminação semidireta a maior parte do fluxo luminoso se dirige ao solo e o resto é refletida no teto e paredes. Neste caso, as sombras são mais suaves e o deslumbramento é menor que o anterior. Somente é recomendável para tetos que não sejam muito altos e sem claraboias posto que a luz dirigida até o teto se perderia por elas.

Se o fluxo se reparte aos cinquenta por cento entre procedência direta e indireta falamos de iluminação difusa. O risco de deslumbramento é pequeno e não há sombras, o que dá um aspecto monótono à sala e sem relevo aos objetos iluminados. Para evitar as perdas por absorção da luz no teto e em paredes é recomendável pintá-las com cores claras, ou melhor, brancos.

Quando as maiores partes do fluxo provem do teto e paredes, temos a iluminação semi-indireta. Devido a isto, as perdas de fluxo por absorção são elevadas e os consumos de potência elétrica também, o que faz imprescindível pintar com tons claros ou brancos. Por outro lado a luz é de boa qualidade, produz poucos deslumbramentos e com sombras suaves que dão relevo aos objetos.

Por último temos o caso da iluminação indireta quando quase toda a luz vai ao teto. É a mais parecida à luz natural, mas é uma solução muito cara posto que as perdas por absorção são muito elevadas. Por isso é imprescindível usar pinturas de cores brancas com refletâncias elevadas.

4.8 COR

A aparência de cor das lâmpadas vem determinada por sua temperatura de cor correlacionada. Definem-se três graus de aparência segundo a tonalidade da luz: luz fria para as que têm um tom branco azulado, luz neutra para as que dão luz branca e luz cálida para as que têm um tom branco avermelhado.

Apesar disto, a aparência da cor não basta para determinar que sensações produzirão ao consumidor. Por exemplo, é possível fazer que uma instalação com fluorescentes chegue a resultar agradável e uma com lâmpadas cálidas desagradável aumentando o nível de

Iluminação da sala. O valor da Iluminância determinará conjuntamente com a aparência da cor das lâmpadas, o aspecto final.

4.9 TEMPERATURA DE COR CORRELATA

É a grandeza que expressa a aparência de cor de uma luz, sua unidade é o Kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A temperatura de cor de aproximadamente 3000 K corresponde a “luz quente” de aparência amarelada. A “luz fria” (6000 K ou mais), por outro lado tem aparência branco violeta. A “luz branca natural” emitida pelo sol em céu aberto, ao meio dia, tem temperatura de cor de 5800 K.



Tabela 1 -Temperatura de cor
Fonte: e-eficienciaenergetica.pt

4.10 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR (IRC)

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma fonte de luz. IRC ou Índice de Reprodução de Cor na escala de 0 a 100 é utilizada para medir a fidelidade de cor que a iluminação reproduz nos objetos. Lâmpadas com IRC na escala entre 80 a 100 são as que reproduzem mais fielmente as cores vistas na decoração ou nos produtos, independente da sua temperatura de cor (K). Podemos citar o Sol, que juntamente com as lâmpadas incandescentes e halógenas, apresentam o melhor índice de reprodução de cor, ou seja, IRC 100. Por outro lado, se tentarmos identificar a cor de um objeto em uma rua iluminada com lâmpadas vapor de sódio, dificilmente perceberemos a cor com fidelidade, porque elas apresentam baixo índice de reprodução de cor.

ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES

| | | | | |
|-----|--------------|---------|------------------|--|
| 100 | EXCELENTE | NÍVEL 1 | 1a - Ra 90 a 100 | Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas |
| | MUITO BOM | | 1b - Ra 80 a 89 | |
| 80 | BOM | NÍVEL 2 | 2a - Ra 70 a 79 | Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos |
| | RAZOÁVEL | | 2b - Ra 60 a 69 | |
| 60 | REGULAR | NÍVEL 3 | Ra 40 a 59 | |
| | INSUFICIENTE | | Ra 20 a 39 | Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial |
| 40 | NÍVEL 4 | | | Vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos |

Tabela 2– Índice de Reproduções de Cores – IRC

Fonte: eficienciaenergetica. pt

A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia (luz do Sol). Lâmpadas com Índice de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente. Por exemplo, em uma fábrica de tintas, não se deve usar uma lâmpada do tipo Vapor de Sódio, que, apesar de consumir menos energia, possui um baixo IRC. De modo geral, os escritórios necessitam de uma boa reprodução de cor, não só para as tarefas visuais, mas também para a criação de uma atmosfera agradável.

4.11 DEPRECIAÇÃO DO FLUXO LUMINOSO

O passar do tempo provoca na iluminação uma diminuição progressiva nos níveis de Iluminância. As causas deste problema manifestam-se nas lâmpadas a depreciação do fluxo pelo uso, que reage em função do estilo de vida do consumidor, (idade, situação financeira, quantidade de pessoas, escolha de produtos mais eficientes, na qual devem ser considerados; componentes como preço, potência, qualidade), o chaveamento, (“liga - desliga”), falta de manutenção do circuito, (fiação velha, soquete desgastado, falso contato, variação da tensão), são elementos que influem na vida útil da lâmpada além das variáveis tipicamente conhecidas.

4.12 FOTOMETRIA

A Fotometria consiste em uma série de métodos e processos de medidas das grandezas luminosas. São processos comumente utilizados na determinação do fluxo luminoso, intensidade luminosa, Iluminância, luminância e curvas de desempenho dos aparelhos de iluminação.

4.13 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

A utilização da luz natural é, sob todos os aspectos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente. Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra no Brasil razões ainda mais fortes para ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas bastante favoráveis.

Os problemas mais comuns para o correto aproveitamento da luz natural são: ·Em um edifício é necessário considerar tanto a iluminação natural quanto a artificial. A correta integração entre os dois sistemas pode solucionar o problema da variação da intensidade da luz e contribuir para a redução do consumo de energia. Em muitos casos vemos que a contribuição da luz natural torna-se exagerada, ocasionando aumento da carga térmica do ambiente, fato que permite o desligamento da luz artificial. A iluminação dos edifícios modernos visa atender a um grande número de pessoas realizando várias atividades com exigências diferentes quanto ao nível de Iluminância. Para melhor utilizar a luz natural, a localização das tarefas com maiores exigências visuais deve ser sempre próxima às janelas, fato que nem sempre é observado na prática.

Da radiação proveniente do Sol, aproximadamente 50 % da energia recebida na Terra é composta pelo espectro visível (luz) e uma parcela de aproximadamente 45 % é composta por radiações infravermelhas. Um sistema de iluminação natural eficiente deve possuir uma proteção adequada contra a incidência da radiação solar direta. Nestas condições, o uso da luz natural pode permitir uma redução de até 50 % no consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar-condicionado.

4.14 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação. A luz artificial permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade as suas atividades ou se divertir. É importante, no entanto, salientar que não é tão simples empregar a luz artificial de forma eficiente. Vale lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para a edificação. Assim conceitos importantes como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento, deve ser levada em consideração. A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas, à eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais se destacam: lâmpadas; luminárias; reatores; circuitos de distribuição e controle; utilização de luz natural; cores das superfícies internas; mobiliário.

4.15 MEDIÇÃO DE FLUXO LUMINOSO

Esse processo, com a utilização da esfera integradora, ou esfera de Ulbricht, na medição do fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz, baseia-se no princípio enunciado em 1892 por Sumpner. Segundo esse princípio, quando se coloca uma fonte de luz no interior de uma esfera de paredes brancas perfeitamente difusoras, obtém-se, em qualquer parte da superfície da mesma, igual luminância, que será proporcional ao fluxo luminoso total emitido pela fonte. Com base nesse mesmo princípio, não importa a localização da fonte dentro da esfera, assim como sua distribuição de fluxo luminoso.

Para utilizarmos a esfera integradora como fotômetro, empregamos normalmente o método da substituição. Inicialmente colocamos, de preferência no centro da esfera, uma lâmpada-padrão na abertura lateral da parede, o elemento fotossensível de um luxímetro.

Em qualquer ponto no interior da esfera a Iluminância será devida a dois fatores: ao fluxo luminoso direto da fonte de luz e ao fluxo refletido pelas paredes brancas difusoras. A componente direta dependerá da posição da fonte luz dentro da esfera, assim como de sua distribuição luminosa.



Figura 11 - Esfera integradora
Fonte: www.ufjf.br

As lâmpadas utilizadas nas experiências deverão funcionar na sua tensão nominal; por tanto, empregamos uma fonte de alimentação estabilizada. As lâmpadas cujo fluxo se quer medir deverão estar convenientemente sazoadas (envelhecidas), a fim de possuírem fluxo luminoso estável.

CAPITULO 5

NORMAS

5.1 COMPARAÇÃO DE ALGUNS ITEMS RELACIONADOS A ENSAIOS DE LABORATÓRIOS DE LFCs.

Uma norma técnica (ou padrão) é um documento, normalmente produzido por um órgão oficial acreditado para tal, que estabelece regras, diretrizes, ou características acerca de um material, produto, processo ou serviço. A obediência a uma *norma técnica*, tal como norma ISO ou ABNT, quando não referendada por uma norma jurídica, não é obrigatória.

A precedência entre órgãos oficiais é a mesma que há entre normas, conforme a seguinte hierarquia; Norma internacional (ISO), Norma nacional, Norma regional, Norma organizacional.

A Organização Internacional para Padronização (ISO) é a entidade internacional responsável pelo diálogo entre as várias entidades nacionais de normatização, como por exemplo:

- Alemanha - Deutsche Institut für Normung. V. (DIN)
- Brasil - Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
- Estados Unidos - American National Standards Institute (ANSI)
- Portugal - Instituto Português da Qualidade (IPQ)

A certificação (no sentido de verificar se um produto ou processo adere a uma norma técnica) também respeita a hierarquia, que se manifesta na rede de órgãos certificadores.

5.1.1 TIPO

- Normas de Terminologia - referentes a termos, geralmente acompanhadas de definições;
- Normas de Ensaio - referentes a métodos de ensaio, por vezes acompanhadas de disposições complementares a ela referentes, tais como amostragem e métodos estatísticos;
- Normas de Produto - referentes a requisitos de um produto;
- Normas de Processo - referentes a requisitos de um processo produtivo;
- Normas de Serviço - referentes a requisitos da prestação de um serviço.

Para esta pesquisa, foi utilizada a Portaria 489/2010 e a NBR 14539 como referência. As medições realizadas foram variáveis típicas para ensaios de vida de lâmpadas fluorescentes compactas. É importante indicar que neste tipo de ensaio, (de rotina no laboratório), são utilizados 32 lâmpadas, (de acordo a portaria 489/2010), das quais 20 são ensaio de vida, 10 de segurança e 2 de referência. No trabalho de tese foi considerado somente os ensaios de vida e o desempenho das LFC em campo. Para ter um cenário, mas amplo foi analisado e comparado normas estrangeiras com a Portaria 489/2010 e a NBR 14539 relacionadas a ensaios de vida, com o intuito de verificar as eventuais diferenças das normas estrangeiras em relação à norma brasileira.

5.2 NORMAS ESTRANGEIRAS COMPARADAS COM A NORMA BRASILEIRA:

- Bolívia
- USA
- Uruguai
- Colômbia
- Espanha/UE
- México

5.2.1 Comparações dos Parâmetros da Norma

Potencia das Lâmpadas para Ensaios

Brasil: até 60 W / limite de Potência.

Uruguai: 5 W-110 W/Limite de Potência

Bolívia: 5 W – 200 W/Limite de Potência

IEC 60969: 60 W

Outros Países do grupo analisado: até 60 W/Limite de Potência

5.2.2 Quantidade de LFC para Ensaios em Laboratório.

- Brasil: 32 lâmpadas
- USA: 10 lâmpadas
- México: 3 lâmpadas
- IEC 60969: 20 lâmpadas
- Outros Países do grupo analisado: 20 lâmpadas

5.2.3 Fluxo Luminoso Mínimo/Sazonamento

- Brasil: 100 h / 2000 h
- USA: 100 h / 1000 h
- IEC 60969: 100 h / 2000 h
- Outros países do grupo analisado: 100 h / 2000 h

Com relação a estes valores, todos os países utilizam os mesmos Parâmetros.

Válidos para; Brasil USA México, Uruguai, Espanha, Colômbia, Bolívia, todos referenciados com o IEC 60969.

Outras Medições em Laboratório

- Fator de Potência: 0.5 ± 0.05
- Potência: até 15% de variação.
- Rosca: E-27
- Temperatura: $25\text{ C} \pm 1\text{ C}$.
- Vida Mediana: até 50 % das falhas.
- Ciclo de “ligado” e “desligado”: ligar 8 vezes c/ 24h, o período de desligado deve ser 15 min e ligado 2.45 min.
- IEC 60609: Iguais

De acordo com a análise e com as comparações realizadas com as normas estrangeiras, foi possível verificar que as medições são similares as do Brasil. As diferenças encontradas estão relacionadas em alguns casos com a quantidade das LFC ensaiadas e as horas utilizadas nas medições dos parâmetros do fluxo luminoso há 2000 horas. Independentemente das diferenças encontradas entre as distintas normas, historicamente, a IEC 60969 sempre foi tomada como referência para a preparação das normas que hoje tem sido implementado em muitos países.

Observando o aspecto histórico e considerando as comparações feitas entre as distintas normas apresentadas, é possível concluir que as medições realizadas fora do ambiente dos laboratórios continuam sendo válidas, devido a abrirem a possibilidade de testar em um ambiente muito mais exigente e ao mesmo tempo comparar com as medições tradicionais, de

tal forma a disponibilizar informações complementares que sirvam de referência para o melhoramento da eficiência e da qualidade do produto.

| COMPARAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA COM AS ESTRANGEIRAS | | | | | | | | |
|--|--------|------|---------|----------|---------|--------|---------|------|
| PAISES | BRASIL | USA | BOLIVIA | COLOMBIA | ESPANHA | MEXICO | URUGUAY | IEC |
| POTENCIA | 60 W | 60 W | 60 W | 60 W | 60 W | 60 W | 110 W | 60 W |
| QUANTIDADE DE LFC/ENSAIOS | 32 | 10 | 20 | 20 | 20 | 3 | 20 | 20 |
| FLUXO LUMINOSO/HORAS | 2000 | 1000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |

Tabela 3 – Comparação da Norma Brasileira com as Estrangeiras.

5.3 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Considerando que a pesquisa está alinhada com a eficiência do produto analisado, verificamos também que índices mínimos de eficiência utilizados como ferramenta são os que apresentam resultados mais efetivos em relação aos ganhos de conservação de energia e à transformação dos mercados de eficiência energética. Por exemplo, nos EUA, segundo Rosenquist (2006), os padrões de eficiência energética para equipamentos de uso residencial e comercial são a maior fonte de economia de energia. Schiellerup (2002) diz: “do ponto de vista da transformação do mercado em prol do aumento da eficiência energética de equipamentos elétricos para refrigeração na Inglaterra, as mais importantes políticas, muito além das outras, têm sido as etiquetas e os padrões de eficiência energética”.

A experiência internacional e no Brasil mostram que a implementação dos padrões de eficiência energética requer a execução de várias fases, inclusive de avaliação prospectiva de impactos. McMahon (2004) compara, para os casos dos EUA e da Austrália, os elementos existentes no processo de estabelecimento dos MEPS (padrões mínimos de desempenho energético, do inglês *Minimum Energy Performance Standards*).

Apesar de possuírem objetivos principais diferentes, Austrália; redução de gases de efeito estufa, EUA; aumento da eficiência energética, a análise comparativa revela a existência de etapas idênticas nos processos adotados e uma evidente preocupação com os impactos decorrentes da adoção dos padrões sob o enfoque dos consumidores/ custo do ciclo de vida. Padrões ou índices mínimos de eficiência energética são mecanismos de políticas públicas que restringem a comercialização de produtos não adequados a requerimentos específicos de consumo energético promovendo a conservação de energia.

No Brasil, o processo de implementação de índices mínimos de eficiência energética foi instituído em 19 de dezembro de 2001 pelo Decreto nº 4.059, que regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e ao mesmo tempo estabelece o; **Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE)**. A Regulamentação Específica determina os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia, elaborada pelo respectivo Comitê Técnico.

Os Programas de Metas determinam cronogramas de implantação e de aprimoramento dos níveis regulamentados, propiciando a contínua melhoria da eficiência energética nas máquinas e equipamentos comercializados no Brasil, sejam eles de procedência nacional ou importada. Conforme mostra a Tabela 4 este comitê identificou e classificou estudos necessários ao processo de decisão de quais índices limitantes do consumo deveriam ser adotados (MME, 2002).

| Estudos Gerais | Estudos Específicos |
|--|--|
| 1. Levantamento da experiência internacional sobre Programas de Etiquetagem e Indicadores de Desempenho Energético de Máquinas e Aparelhos consumidores de energia | 1. Avaliação dos laboratórios existentes e das necessidades futuras |
| 2. Avaliação e definição das metodologias a serem utilizadas para o estabelecimento dos níveis de eficiência energética | 2. Elaboração de estudos de mercado para as principais máquinas e equipamentos consumidores de energia |
| 3. Identificação de parcerias institucionais e estabelecimento de forma de atuação conjunta | 3. Identificação das inovações tecnológicas que possam resultar da implementação da lei |
| 4. Identificação de fontes e de recursos financeiros, assim como incentivos fiscais e tributários que podem ser mobilizados em apoio à implementação da legislação | 4. Estimativa da economia de energia que pode se obter com a implementação da lei |
| 5. Estabelecimento de procedimentos operacionais para a implementação sustentada da lei | 5. Definição dos equipamentos para elaboração das regulamentações específicas |
| 6. Identificação das implicações comerciais nos mercados interno e externo | 6. Elaboração do programa de metas dos primeiros equipamentos contemplados com a lei |

Tabela 4 – Estudos identificados pelo CGIEE

Fonte: Ministerio de Minas e Energía

5.4 INCENTIVOS À ECONOMIA

O Selo Procel de Economia de Energia, Instituído em 1993, indica ao consumidor, no ato da compra, os equipamentos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente.

Em 2014, o PROCEL contribuiu para uma economia de 10,5 bilhões de quilowatts-hora (KWh), o equivalente a 2,2 % de todo o consumo nacional de energia elétrica naquele ano. Esse resultado representa o consumo anual de energia elétrica de aproximadamente 5,25 milhões de residências brasileiras. Os reflexos ambientais também foram significativos: as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela economia proporcionada em 2014 pelo PROCEL alcançaram 1, 425 milhão de toneladas de CO2 equivalentes, o que corresponde às emissões de 489 mil veículos em um ano.

5.5 EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Desde o início da concessão do Selo PROCEL Eletrobrás e da ENCE, até hoje, é possível observar uma expressiva melhora no desempenho das LFCs comercializadas no País. Conforme pode ser observado no gráfico 5, a média da eficiência energética das LFCs 127 V contempladas com o Selo PROCEL Eletrobrás em 1999 era de 49,2 lm/W. Esse índice foi evoluindo ao longo dos anos, atingindo, em 2011, o nível médio de 61 lm/W, o que corresponde a uma evolução superior a 24 %.

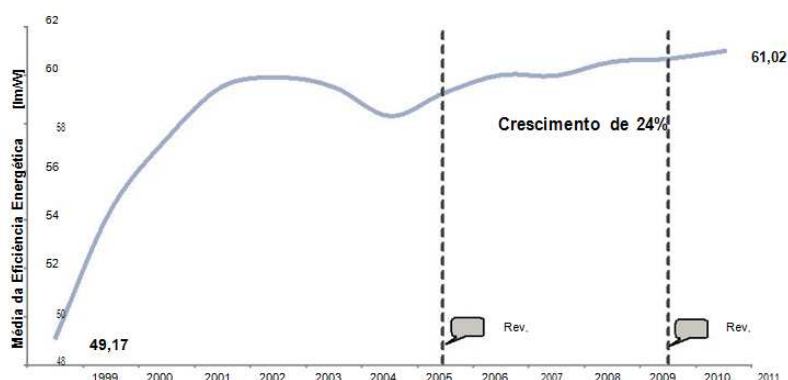


Gráfico 6 - Evolução da média da eficiência das LFC 127 V (lm/W) com o Selo Procel Eletrobrás
Fonte: Eletrobrás PROCEL, 2012

Em 2002, com a experiência adquirida com as LFCs, foi possível direcionar novos esforços para avaliação de mais equipamentos. Nesse mesmo ano, iniciou-se a concessão do Selo Procel para os reatores eletromagnéticos de lâmpadas fluorescentes tubulares e dos reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio. Em 2008, as lâmpadas a vapor de sódio também passaram a fazer parte do programa e, em 2010, foi lançado o Selo Procel para reatores eletrônicos de lâmpadas fluorescentes tubulares.

5.6 RESULTADOS ALCANÇADOS EM 2011

O parque brasileiro de lâmpadas de uso interno (incandescentes, fluorescentes tubulares e compactas) é estimado em 530 milhões de unidades, segundo a metodologia utilizada nesta avaliação, divididas conforme:

| Lâmpada | Residencial (milhões) | Comercial/Industrial (milhões) | Total (milhões) |
|--------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------|
| Incandescentes | 238,64 | 26,52 | 265,16 |
| Fluorescentes Tubulares | 47,73 | 5,3 | 53,03 |
| Fluorescentes Compactas | 190,92 | 21,21 | 212,13 |
| Total | 477,29 | 53,03 | 530,32 |

Tabela 5 - Parque brasileiro de lâmpadas de uso interno (em milhões de unidades)

Fonte: PROCEL- 2011

Vale ressaltar, também, que ainda existe uma grande dificuldade em mensurar os resultados de medidas específicas em cada equipamento consumidor de energia. Além da indisponibilidade de dados sobre os impactos dos diversos programas voltados para eficiência energética, as variáveis são extremamente sensíveis a mudanças de hábitos de uso, cujos dados utilizados para projeção são estimados.

5.7 RESULTADOS DO PROGRAMA EM 2014

Com base em estimativas de mercado e aplicação de metodologias específicas de avaliação de resultados, calcula-se que em 2014 o PROCEL alcançou um resultado de economia de energia de aproximadamente 10,517 bilhões de KWh. Essa energia economizada pode ser convertida em emissões evitadas de 1,425 milhão tCO₂ equivalentes, o que corresponde às emissões proporcionadas por 489 mil veículos durante um ano.

Esse resultado também equivale à energia fornecida, em um ano, por uma usina hidrelétrica com capacidade de 2.522 MW. Além disso, estima-se que as ações fomentadas pelo PROCEL contribuíram para uma redução de demanda na ponta de 4.022 MW. Os principais resultados energéticos contabilizados pelo PROCEL são apresentados na Tabela 6.

| Resultado | Total |
|---|--------------|
| Energia economizada (bilhões de kWh) | 10,517 |
| Usina equivalente (MW) | 2522 |
| Emissão de CO2 equivalente evitada (milhão tCO2e) | 1,425 |

Tabela 6 - Principais resultados energéticos das ações do PROCEL

Fonte: PROCEL-2014

Finalmente, também deve ser ressaltado que o resultado obtido em economia de energia com a realização das ações do Procel, em 2014, é 7,9 % superior ao resultado do ano anterior, (2013). Isso pode ser explicado pela melhoria na eficiência energética de equipamentos com Selo Procel, bem como pelo aumento do uso de equipamentos eficientes pela sociedade.

De acordo com o ministério de Minas e Energia, as tecnologias que envolvem os sistemas de iluminação se desenvolveram rapidamente, nos últimos anos, disponibilizando equipamentos com mais eficiência e durabilidade. Paradoxalmente, aumentou também a preocupação com a escassez de energia e a busca de soluções que contemplem a boa iluminação conjugada a equipamentos mais eficientes e formas inteligentes de utilização.

CAPÍTULO 6

MEDIÇÕES DO FLUXO LUMINOSO E DAS HORAS DE USO DAS LAMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

6.1 METODOLOGIA

Foi feita uma pesquisa bibliográfica e uma leitura das normas vigentes identificando-se que pouco tem sido publicado no país e internacionalmente em relação a medições de fluxo luminoso e horas de uso. Os estudos têm sido mais na área qualidade de energia, RIGOMARIANI, 2010 e das harmônicas, NASSIF e ACHARYA/2008. Com o objetivo de medir o rendimento e a vida útil foram instaladas 95 unidades de LFC, dividido em três grupos de lâmpadas de marcas diferentes, com tensão nominal de 127 V e Potências de 20 W.

A primeira marca, (fictícia), foi denominado LFG e corresponde ao Grupo 01 ou G01, a segunda marca, (fictícia), foi denominado LFH e corresponde ao Grupo 02 ou G02 e por último a terceira marca, (fictícia), foi denominado LFO e corresponde ao Grupo 03 ou G03. São apresentados os resultados de testes de 162 LFC, com potência de 20 W, de três fabricantes diferentes. No sazonalamento, (ou envelhecimento), de 100 horas no laboratório do IEE foram medidas: Tensão, Corrente, Potência Distorção Harmônica, Fator de Potência, Temperatura Ambiente, Umidade do Ambiente, Fluxo Luminoso e Eficiência Luminosa.

De todas as medições realizadas no laboratório, as variáveis utilizadas como referência na pesquisa são: Tensão, Temperatura Ambiente, Umidade do Ambiente e Fluxo Luminoso. As amostras foram instaladas em residências, medindo o desempenho em tempo real e avaliada os resultados finais em dezoito meses, (utilizando como referência 2000 h de uso-Portaria 489/2010). Finaliza a pesquisa com as medições realizadas no laboratório do IEE e comparadas com os resultados de campo. De 162 LFCs foram instaladas 95, ficando 67 de reserva. Devido ao pedido dos consumidores em alguns casos foi permitido instalar menos do previsto, inclusive alguns consumidores desistiram da pesquisa por motivos particulares. As LFCs foram instaladas em 09 Aptos e 3 Corredores de um Condomínio, distribuídas da seguinte forma;

LFG: 28 / LFH: 29 / LFO: 38, das quais 24 ficaram inoperantes.

Durante a pesquisa, ficaram inoperantes 9 LFG do grupo 01, 4 LFH do grupo 02 e 11 LFO do grupo 03. Foram instalados 09 horímetros e contadores de chaveamento em 09 Aptos, e 3 horímetros e contadores em corredores, considerando os pontos de maior consumo, como: cozinha, sala e banheiro. (Total: 12 horímetros-12 contadores).

| FABRICANTES FICTICIOS LAMPADAS | GRUPOS | QUANTIDADE | | | INOPERANTES | RESERVA | HORIMETRO | CONTADOR |
|--------------------------------------|---------|------------|-----------|-------|-------------|---------|-----------|----------|
| | | INICIAL | INSTALADA | FINAL | | | | |
| LFG | GRUPO 1 | 54 | 28 | 19 | 9 | 26 | 4 | 4 |
| LFH | GRUPO 2 | 54 | 29 | 25 | 4 | 25 | 4 | 4 |
| LFO | GRUPO 3 | 54 | 38 | 27 | 11 | 16 | 4 | 4 |
| TOTAL | | 162 | 95 | 71 | 24 | 67 | 12 | 12 |

Tabela 7 - Tipo e Quantidade Lâmpadas Utilizadas

| SELO PROCEL | |
|-------------|----------------------|
| POTENCIA: | 20 W |
| TENSAO | 127 V |
| INSTALADOS: | 9 Aptos-3 Corredores |

Tabela 8 - Características das Lâmpadas

As medições realizadas em 95 LFC são: nível de tensão, fluxo luminoso, registro de chaveamento, temperatura ambiente e umidade relativa. Neste sentido as variáveis medidas *no campo*, são muito importantes para a pesquisa realizada, considerando que o: a) Fluxo Luminoso é um indicador do desempenho das lâmpadas fluorescentes compactas relacionados ao uso.

Foi tomado como referência o tempo de 2000 h utilizada na Portaria 489/2010. b) O Chaveamento indica a quantidade de “liga” e “desliga” das lâmpadas, que influência na sua vida útil devido ao desgaste dos eletrodos. c) A Temperatura Ambiente no laboratório é preparada para 25 °C, no campo essa temperatura pode chegar ao dobro do laboratório. d) A Umidade Relativa Máxima deverá ser de 65 %. Dependendo da época do ano e do lugar a Umidade pode alcançar 80 % a 85 %). A Tensão no Laboratório é controlada e não deve variar de ± 0.2 %, (NBR 14539).

Nas medições de campo essa margem pode variar de acordo com a situação do circuito da residência ou da rede de baixa tensão. Todas as variáveis citadas foram medidas no campo

com a intenção de verificar o comportamento das lâmpadas fluorescentes compactas e comparar com as medições do laboratório e as exigências da Portaria 489/2010.

Os registros iniciam em 01/03/14 e finalizam em 01/09/15. Em dezoito meses, foram registradas quatro medições; a primeira foi utilizada como referência das três últimas, para o cálculo da depreciação, além da Tensão, Temperatura Ambiente e Umidade Relativa e Chaveamento. Foram preparados questionários aos consumidores com objetivo de avaliar a “cultura energética” de cada família.

6.2 SAZONAMENTO

6.2.1 Ensaio de 100h, das LFC 20 W de três fabricantes diferentes no laboratório do IEE.

Foram ensaiadas 162 LFC, tomando como referência para os três grupos, uma Lâmp. Inc. Osram MG231111A, 220 V, 0,3990 A, 72,9 W. Os testes feitos foram para: Tensão (V), Corrente, (A), Potência (W), Fator de Potência (fp), Temperatura Ambiente (°C), Umidade do Ambiente (%), Fluxo Luminoso (lm) e Eficiência Luminosa (lm/W). De acordo com este ensaio, os requisitos para 100 h cumprem com as exigências da Portaria 489/2010.



Figura 12 - Ilustra a bancada de testes montada no Laboratório de Fotometria do IEE
Fonte: Imagem do Laboratório do IEE-USP

6.3 MEDIÇÕES RESIDENCIAIS

6.3.1 MEDIÇÕES DAS LFG20 W / 127 V “GRUPO 01”

O Grupo 01 mostra os resultados das medições de dezenove unidades, Tensão Nominal de 127 V.O Luxímetro está em posição frontal a LFG, (posição vertical), e a 0,75 centímetros da superfície.

De acordo com as medições feitas, são indicados nos gráficos os valores da Iluminância (Lux), a Vida útil (Horas) e o chaveamento correspondente a dezoito meses, considerando como referência para o cálculo da depreciação do fluxo luminoso no mês de março/2014.

Este sistema será aplicado para medir: a) se a depreciação do fluxo luminosa é menor, igual ou maior que 20 %, uma das exigências da Portaria 489/2010 – NBR 14539, para serem aprovadas ou não as lâmpadas) Será medido, também, a depreciação do fluxo luminoso das LFCs em função da Iluminância (lux) e das Horas de Uso, em particular aquelas que foram instaladas com horímetros nos pontos mais críticos como; cozinha, salas ou banheiros.

As LFCs foram mantidas instaladas durante dezoito meses. Concluídos os registros, foram trasladados ao Laboratório do IEE-USP, para novas medições e posteriormente comparar com os resultados do laboratório e a portaria 489/2010 e a NBR 14539. A depreciação do fluxo luminoso está relacionada com as horas de uso e ao chaveamento; “liga” e “desliga” das lâmpadas fluorescentes compactas.

| | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| LFG | 40 | 10 | 45 | 1 | 25 |
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 811 | 777 | 791 | 814 | 756 |

Tabela 9 - Medição de Fluxo Luminoso á 100 horas no Laboratório/Apto. 201/B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência, (100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

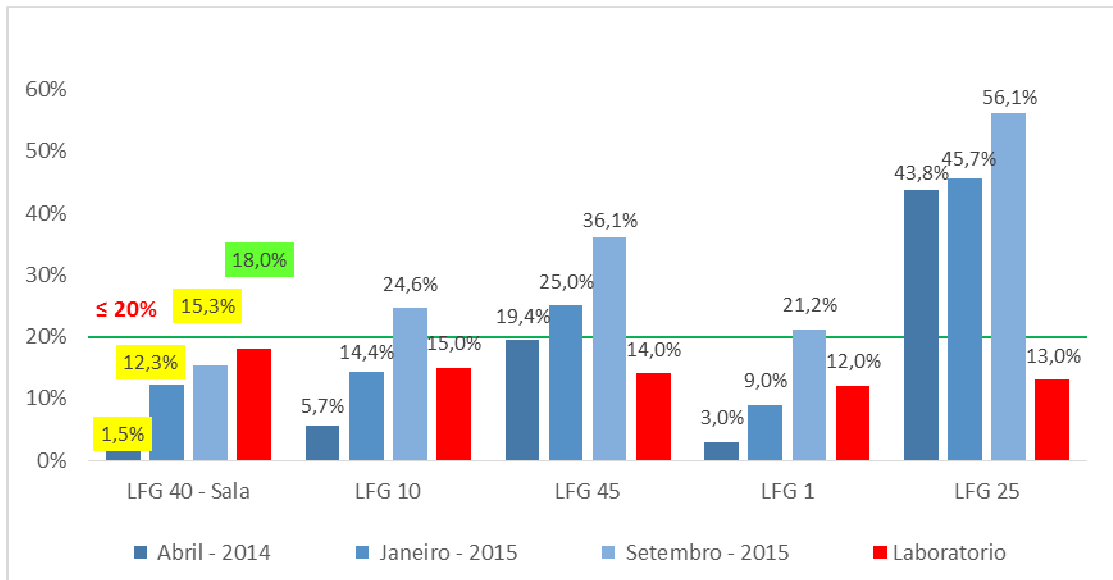


Gráfico 7 - Lâmpadas, Depreciações do Fluxo Luminoso (%) e do Laboratório em dezoito meses. Apto 201 B11.

Os valores apresentados no gráfico 7 indica o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação e indicada em porcentagem crescente.

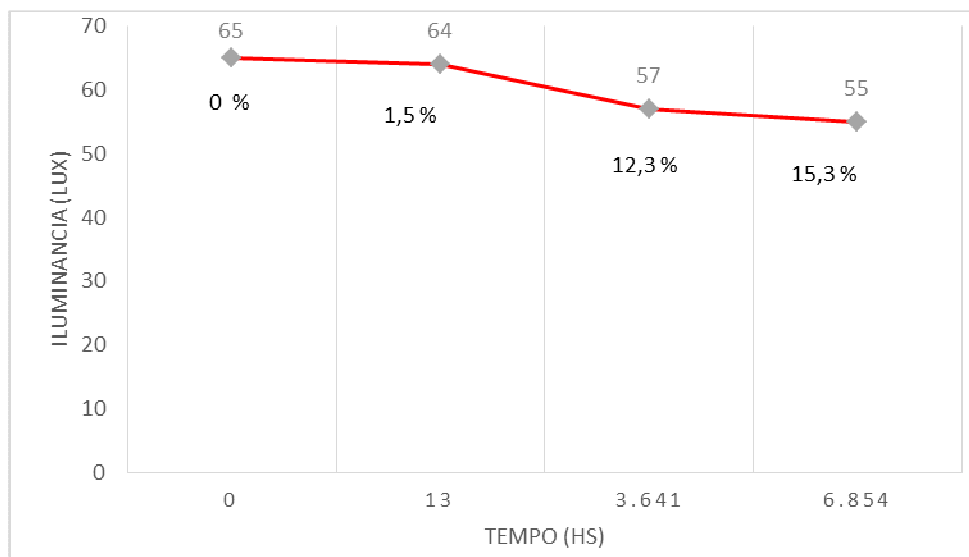


Gráfico 8 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 201 B11/ LFG 40/Sala

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso. A portaria 489/2010 e a NBR 14539, diz que as LFCs devem ficar em operação 6.000 horas.

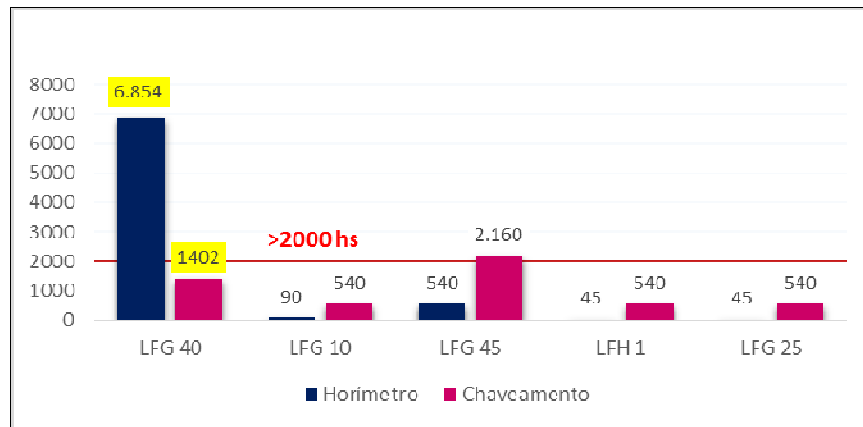


Gráfico 9 - Horas de Uso e Chaveamento/LFG40/Sala.

Neste gráfico 9 são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas de uso deve ser 6.000 horas, em função do chaveamento de; 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis de campo como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539, (medidos no laboratório).

Valores de Referência tomados da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 %

| LFG | Tensão | T.amb | Umid. Amb. |
|-----|--------|----------|------------|
| No. | V | (°C)Med. | % |
| 40 | 128 | 28 | 37 |
| 10 | 129 | 27 | 36 |
| 45 | 127 | 28 | 37 |
| 1 | 127 | 28 | 37 |
| 25 | 126 | 27 | 36 |

Tabela 10- Variáveis medidas no Apto. 201-B11

Os valores de campo obtidos na tabela 11 são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFG | 16 | 30 | 31 | 36 | 37 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 804 | 807 | 791 | 814 | 756 |

Tabela 11 - Medição de Fluxo Luminoso á 100 horas no Laboratório/Apto.103/B07

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência, (100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

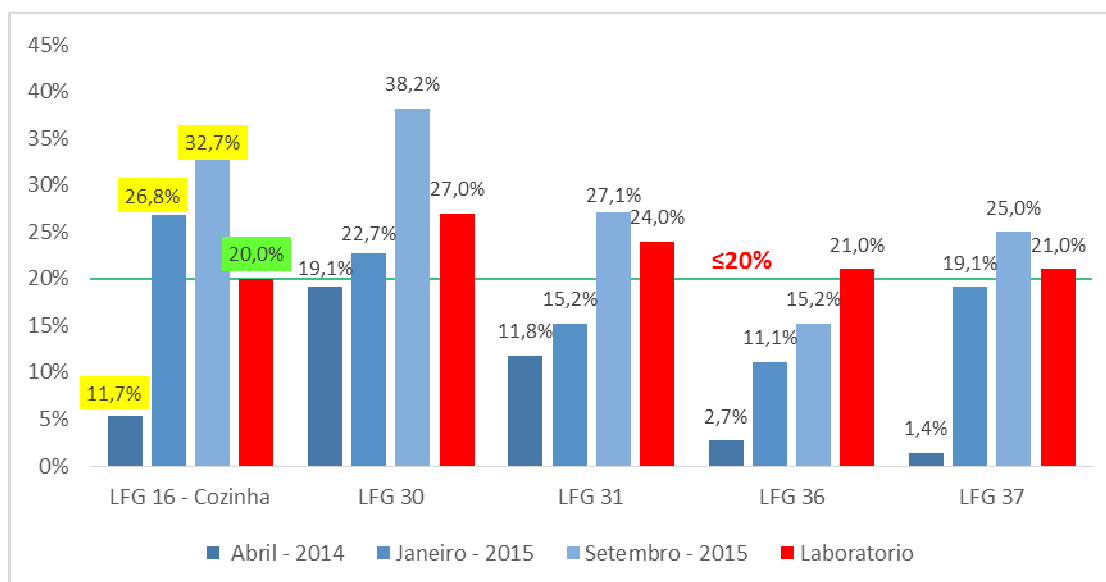


Gráfico 10 - Lâmpadas, Depreciações do Fluxo Luminoso (%) - Apto 103 B07.

Os valores apresentados no gráfico 10 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação e indicada em porcentagem crescente.

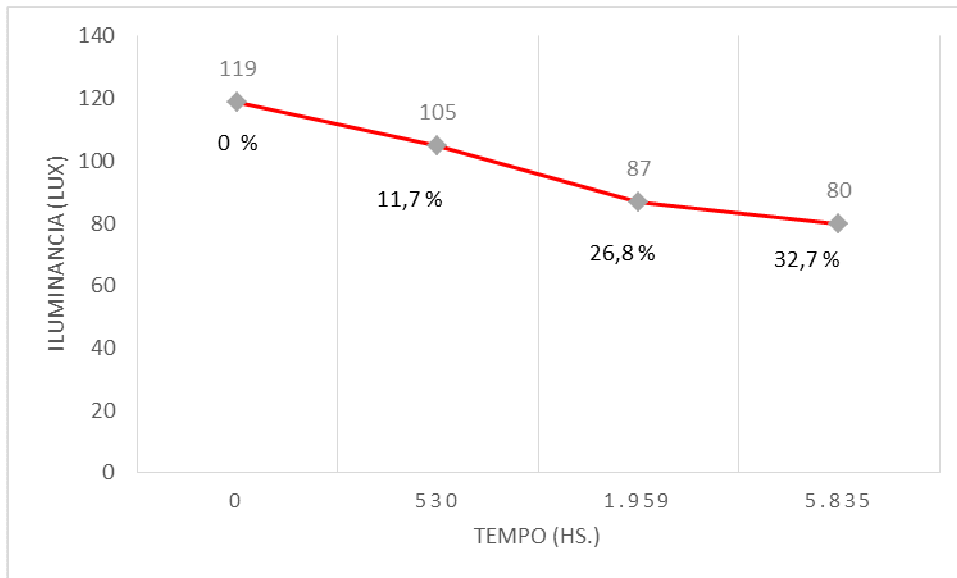


Gráfico 11 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 103 B07/LFG 16/Cozinha

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em percentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

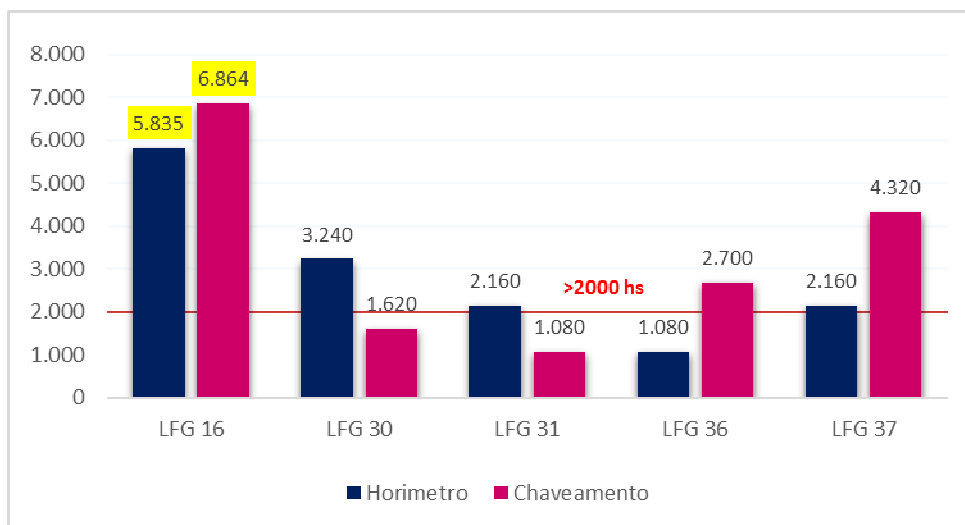


Gráfico 12 - Horas de Uso e Chaveamento - Apto 103 B07/LFG16/Cozinha.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas

deve ser 6.000 horas em função do chaveamento de, 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis de campo como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência do NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFG | Tensão | T.amb | Umid. Amb. |
|-----------|--------|----------|------------|
| No. | V | (°C)Med. | % |
| 16 | 128 | 29 | 41 |
| 30 | 127 | 27 | 41 |
| 31 | 126 | 28 | 42 |
| 36 | 127 | 28 | 41 |
| 37 | 126 | 29 | 42 |

Tabela 12 - Variáveis medidas no Apto. 103-B11

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFG | 41 | 42 | 38 | 48 | 47 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 804 | 809 | 811 | 803 | 810 |

Tabela 13 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.201/B07

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

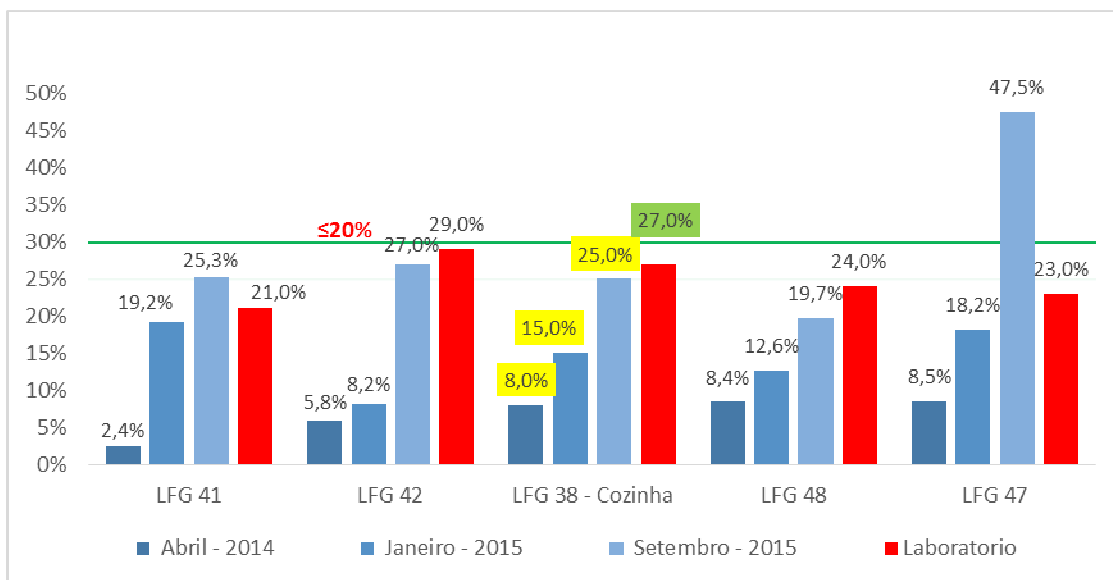


Gráfico 13- Lâmpadas, Depreciações (%) - Apto 201 B07

Os valores apresentados no gráfico 13 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

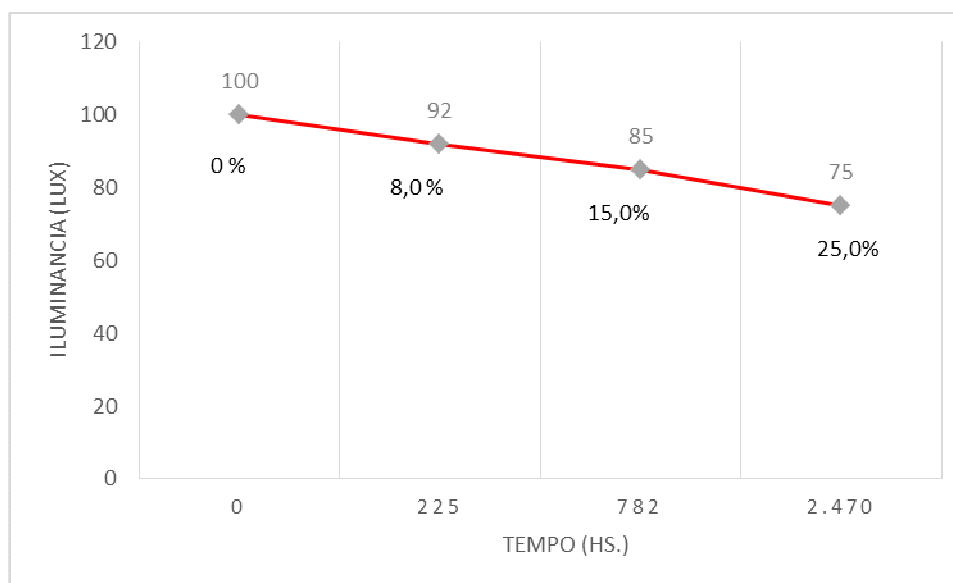


Gráfico 14 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) - Apto 201 B07/LFG 38/Cozinha

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

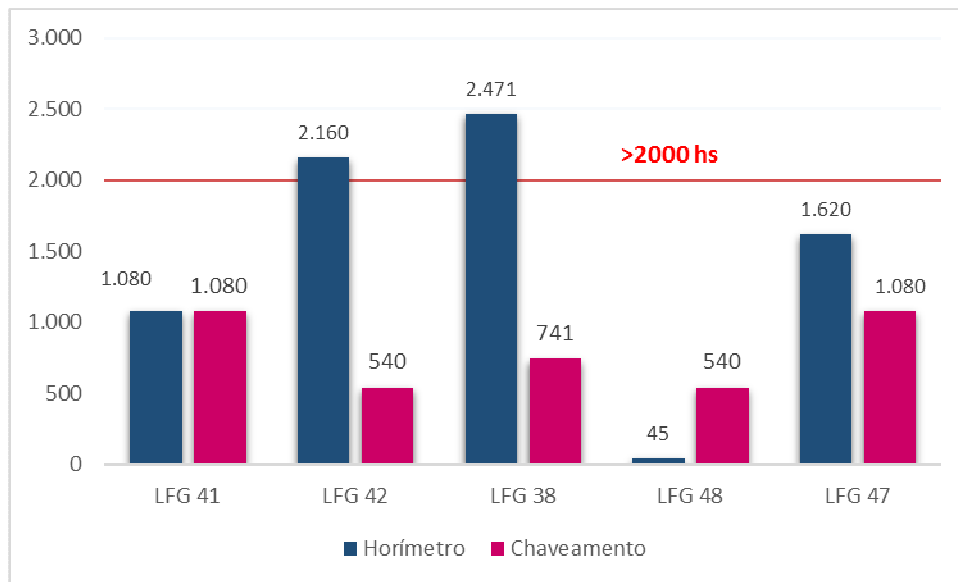


Gráfico 15- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 201 B07/LFG38/Cozinha

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deve ser 6.000 horas em função do chaveamento de; 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela 489/10 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 %

| LFG N°. | Tensão V | T.amb (°C)Med. | Umid. Amb. % |
|---------|----------|----------------|--------------|
| 41 | 128 | 23 | 32 |
| 42 | 128 | 23 | 32 |
| 38 | 128 | 23 | 32 |
| 44 | 128 | 23 | 32 |
| 47 | 128 | 23 | 32 |

Tabela 14 - Variáveis medidos no Apto. 201-B07

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFG | 12 | 13 | 17 | 19 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 796 | 798 | 802 | 796 |

Tabela 15 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B10

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

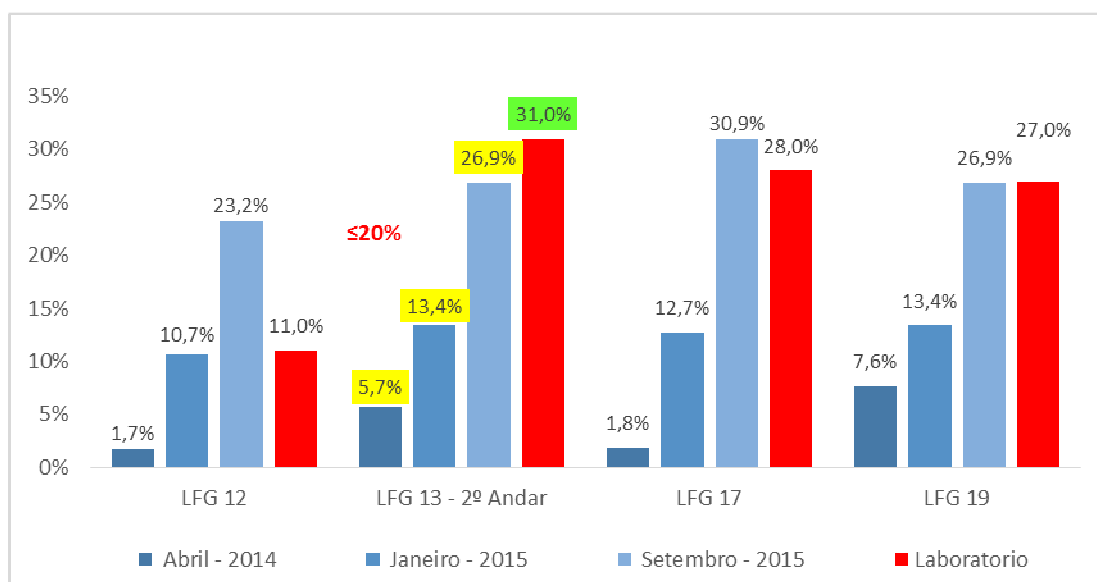


Gráfico 16 - Lâmpadas, Depreciações (%) Corredor B10.

Os valores apresentados no gráfico 16 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação e indicada em porcentagem crescente.

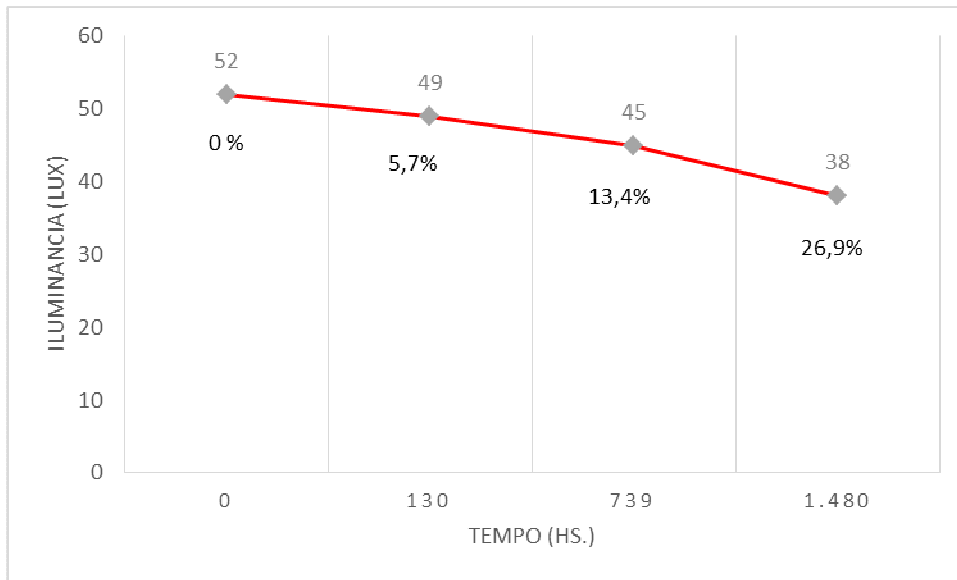


Gráfico 17 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B10/LFG 13/2º Andar.

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em percentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

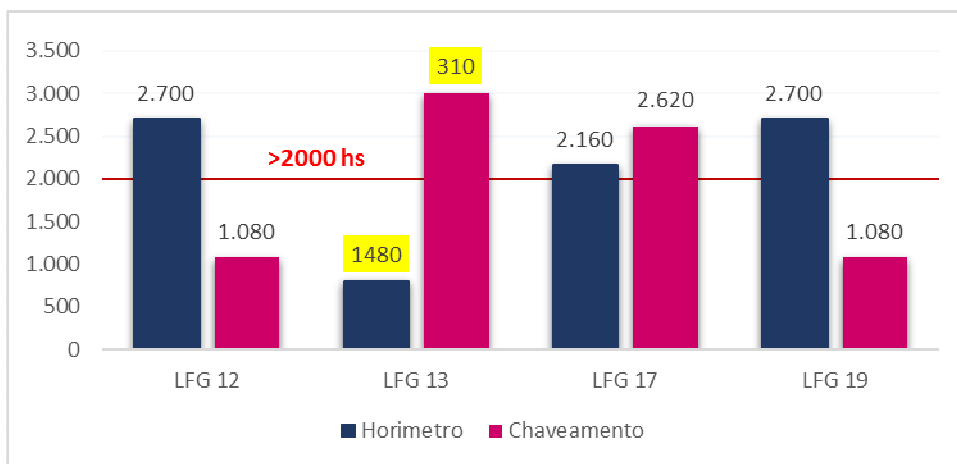


Gráfico 18 - Horas de Uso e Chaveamento- Corredor B10/LFG13/2º Andar.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (C°), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório), Medições de Campo e do fabricante (indicados nas embalagens).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFG | Tensão | T.amb | Umid. Amb. |
|-----------|--------|----------|------------|
| N°. | V | (C°)Med. | % |
| 12 | 129 | 27 | 52 |
| 13 | 129 | 27 | 52 |
| 17 | 129 | 27 | 52 |
| 19 | 129 | 27 | 52 |

Tabela 16 - Variáveis medidos no corredor-B10

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

6.3.2 MEDIÇÕES DAS LFH 20 W / 127 V “GRUPO 02”

O Grupo 02 mostra os resultados das medições com vinte e cinco unidades, sob Tensão Nominal de 127 V.O Luxímetro está em posição frontal a LFG ensaiada e a 0,75 centímetros da superfície.

Segundo as Normas ABNT, todas as características de identificação requeridas na Base estão atendidas (NBR 14538). De acordo com as medições feitas, são indicados na tabela e no gráfico os valores da Iluminância (Lux), a Vida útil (Horas) e o chaveamento correspondente a dezoito meses, considerando como referência para o cálculo da depreciação do fluxo luminoso no mês de março/2014.

Este sistema será aplicado para medir: a) se a depreciação do fluxo luminoso e menor, igual ou maior que 20 % antes de completar 2000 h. b) Será verificada, também, a depreciação do fluxo luminoso das LFCs em função da Iluminância (lux) e das Horas de Uso, em particular aquelas que foram instaladas com horímetros nos pontos mais críticos como; cozinha, salas ou banheiros.

As lâmpadas serão mantidas instaladas até atingir dezoito meses de uso, concluído os registros de medições, as lâmpadas serão trasladadas ao Laboratório do IEE, para conferir novamente todas as variáveis de tal forma a verificar se cumprem com as normas previstas na Portaria 489/2010 e NBR 14539, especificamente o desempenho e a Vida Útil, principais variáveis que estão sendo analisados neste trabalho. O desempenho está relacionado a horas de uso ou vida útil e o chaveamento; “liga” e “desliga” das lâmpadas fluorescentes compactas.

| LFH | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 990 | 950 | 1033 | 988 | 975 | 1057 | 927 | 856 | 1003 | 1066 |

Tabela 17 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto 101 B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

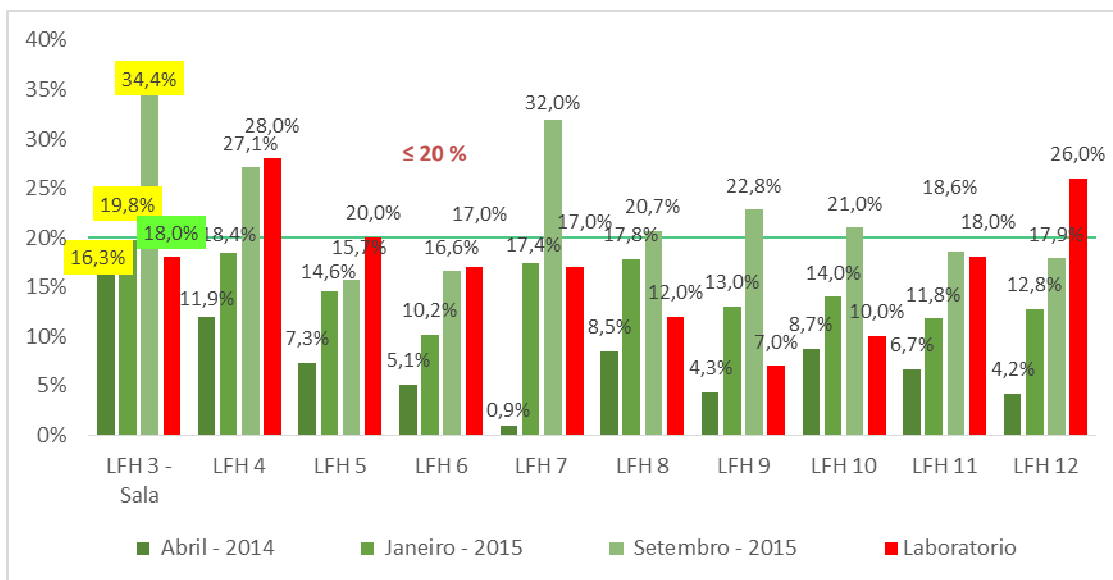


Gráfico 19 - Lâmpadas, Depreciações (%) – Apto 101 B11.

Os valores apresentados no gráfico 19 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

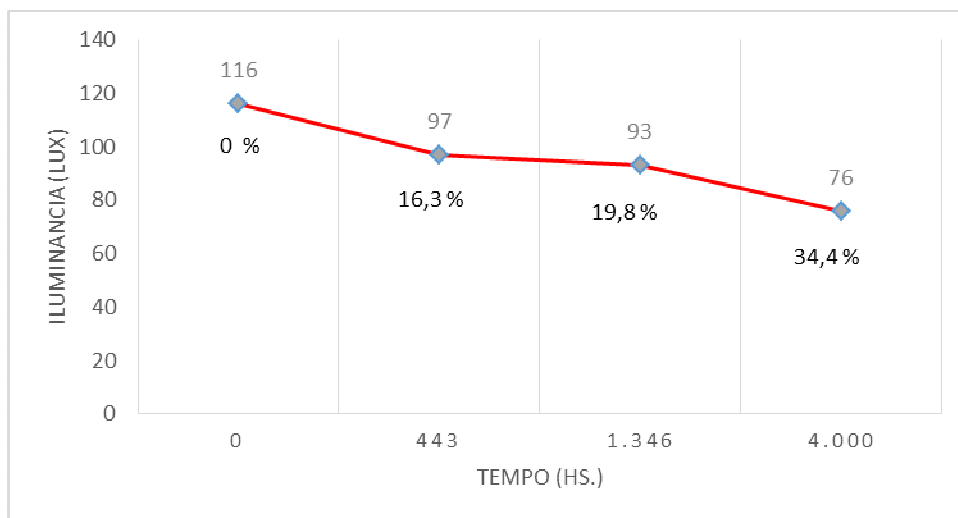


Gráfico 20 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 101 B11/LFH 3/Sala

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

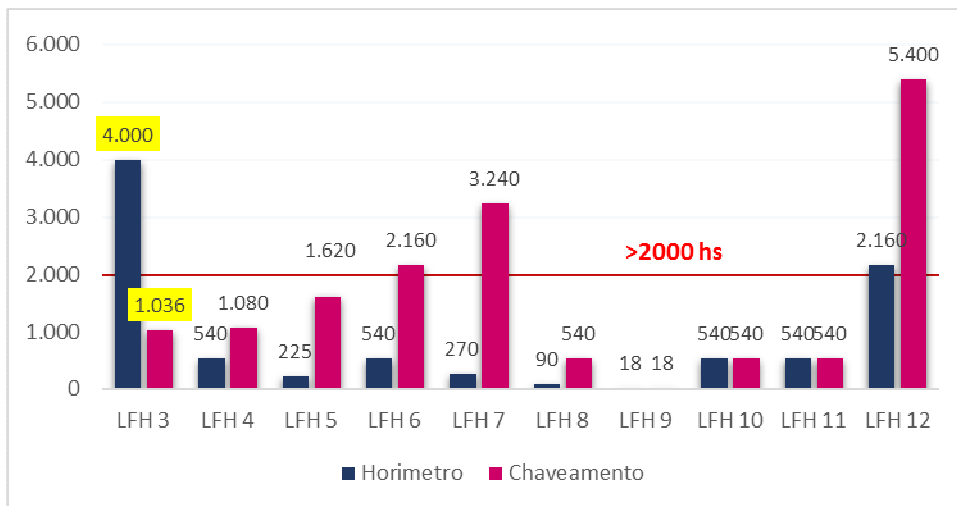


Gráfico 21- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 101 B11/LFH 3/Sala

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539, (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| FH | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|-------------|---------------|-----------------|-------------------|
| Nro. | V | (°C)Med. | % |
| 3 | 129 | 25 | 36 |
| 4 | 127 | 26 | 35 |
| 5 | 128 | 25 | 36 |
| 6 | 129 | 27 | 36 |
| 7 | 129 | 27 | 36 |
| 8 | 127 | 28 | 35 |
| 9 | 128 | 25 | 36 |
| 10 | 129 | 26 | 35 |
| 11 | 127 | 25 | 36 |
| 12 | 128 | 27 | 35 |

Tabela 18 - Variáveis medido no corredor no Apto.101

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFH | 45 | 46 | 47 | 48 |
|-----------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 1013 | 908 | 937 | 923 |

Tabela 19 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B07

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

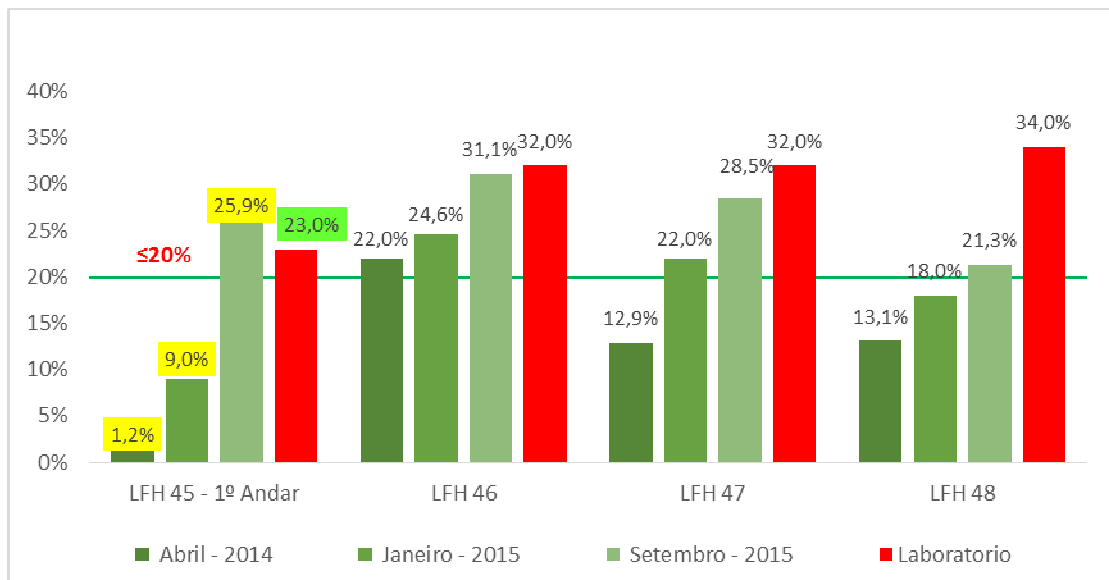


Gráfico 22 - Lâmpadas, Depreciação (%) - Corredor B07.

Os valores apresentados no gráfico 22 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

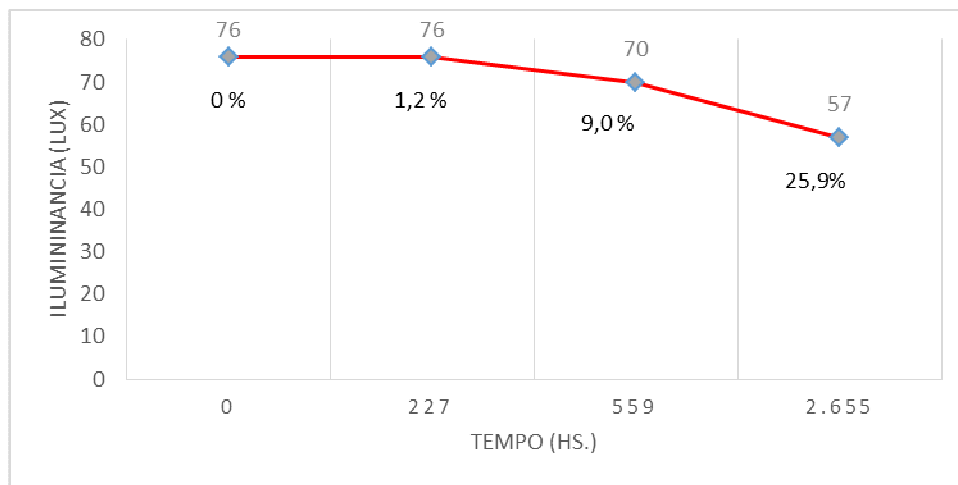


Gráfico 23 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B07/LFH 45/1ºAndar

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

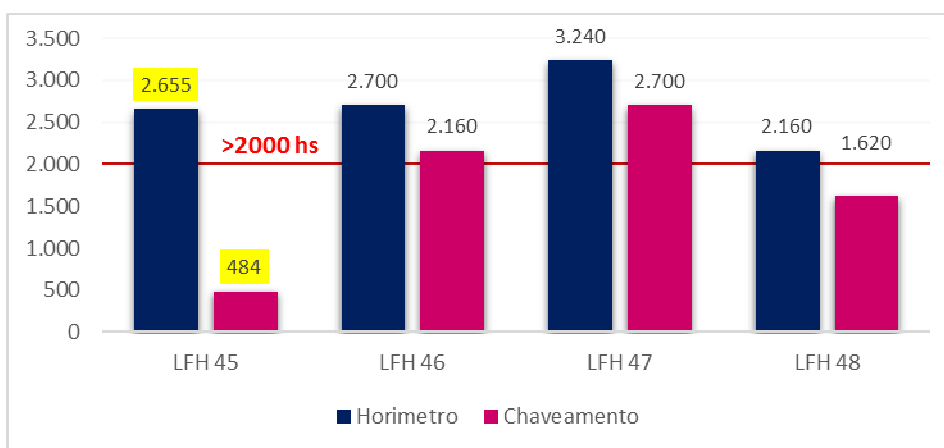


Gráfico 24– Horas de Uso e Chaveamento - Corredor B07/LFH 45/1ºAndar.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência do NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| Nro. | LFH | Tensao V | T.amb (°C)Med. | Umíd. Amb. % |
|------|-----|-------------|-------------------|--------------------|
| 45 | | 127 | 30 | 44 |
| 46 | | 128 | 30 | 42 |
| 47 | | 128 | 29 | 43 |
| 48 | | 126 | 29 | 44 |

Tabela 20 - Variáveis medido no corredor B07

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFH | 44 | 43 | 2 | 1 |
|-----------------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 1095 | 988 | 987 | 1017 |

Tabela 21 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Corredor B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

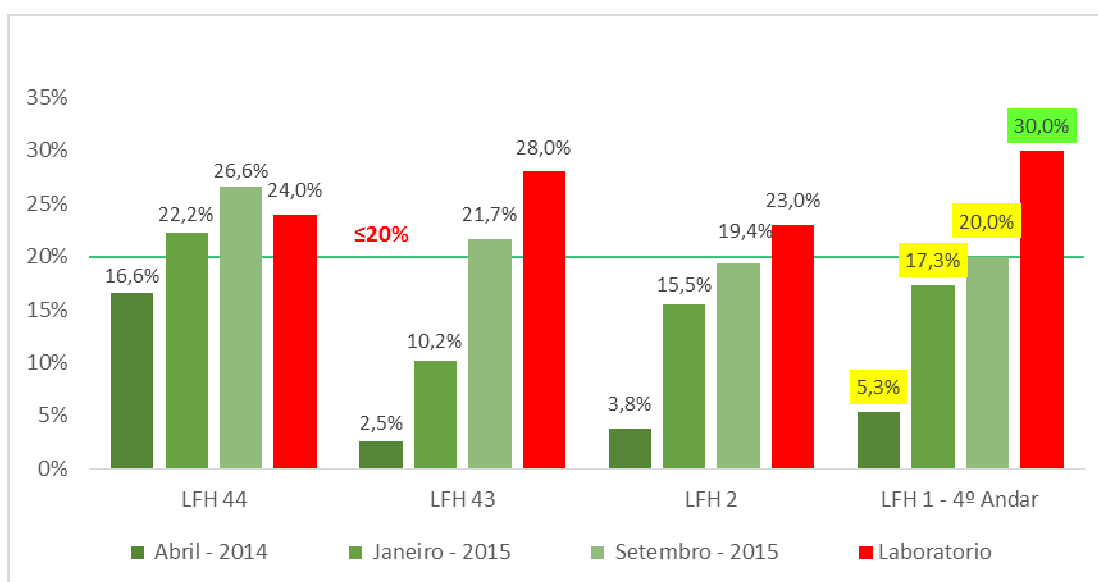


Gráfico 25- Lâmpadas, Depreciação% - Corredor B11

Os valores apresentados no gráfico 25 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação e indicada em porcentagem crescente.

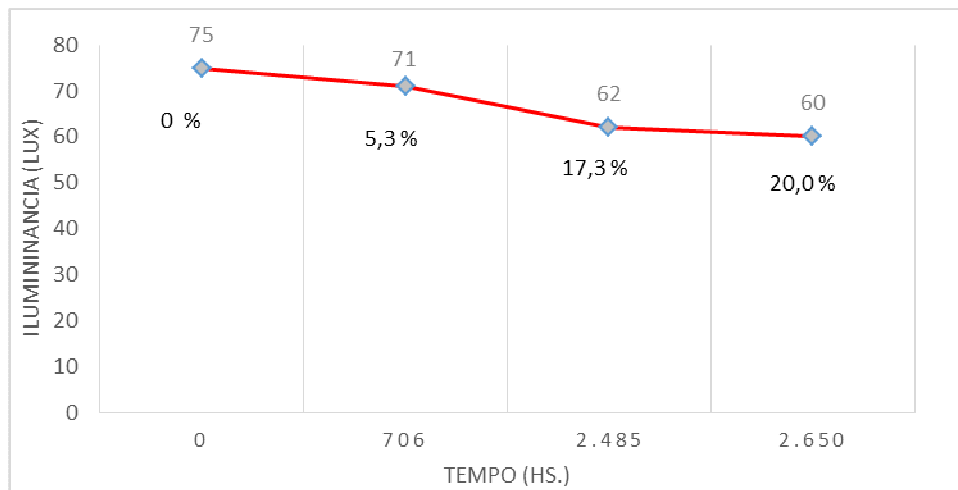


Gráfico 26 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Corredor B07/LFH 1/4º Andar

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

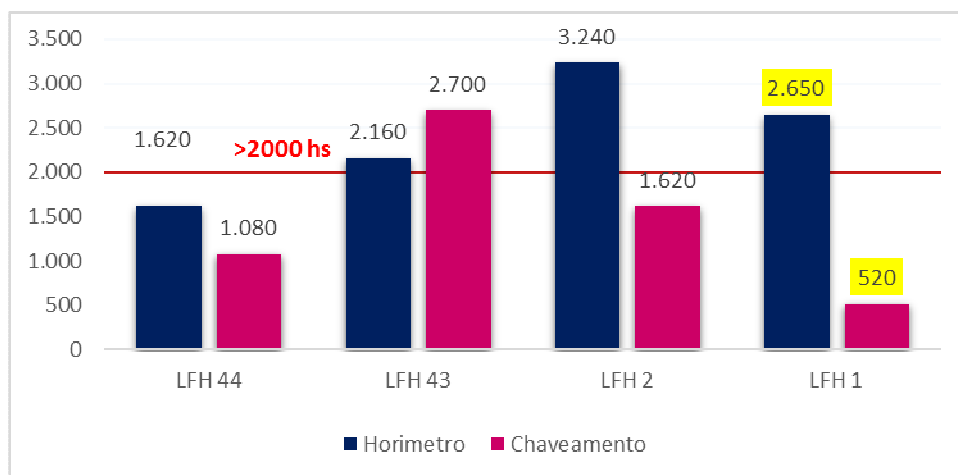


Gráfico 27- Horas de Uso e Chaveamento - Corredor B11/LFH 1/4º Andar

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência do NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFH | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|-----------|--------|----------|------------|
| Nro. | V | (°C)Med. | % |
| 45 | 128 | 30 | 44 |
| 46 | 127 | 29 | 45 |
| 47 | 126 | 31 | 43 |
| 48 | 127 | 29 | 44 |

Tabela 22 - Variáveis medido no corredor B11

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| | | | | | | | |
|----------------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|
| LFH | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 13 | 14 |
| FLUXO LUMINOSO | 957 | 1012 | 987 | 940 | 980 | 1016 | 1014 |

Tabela 23 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.204 B07

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

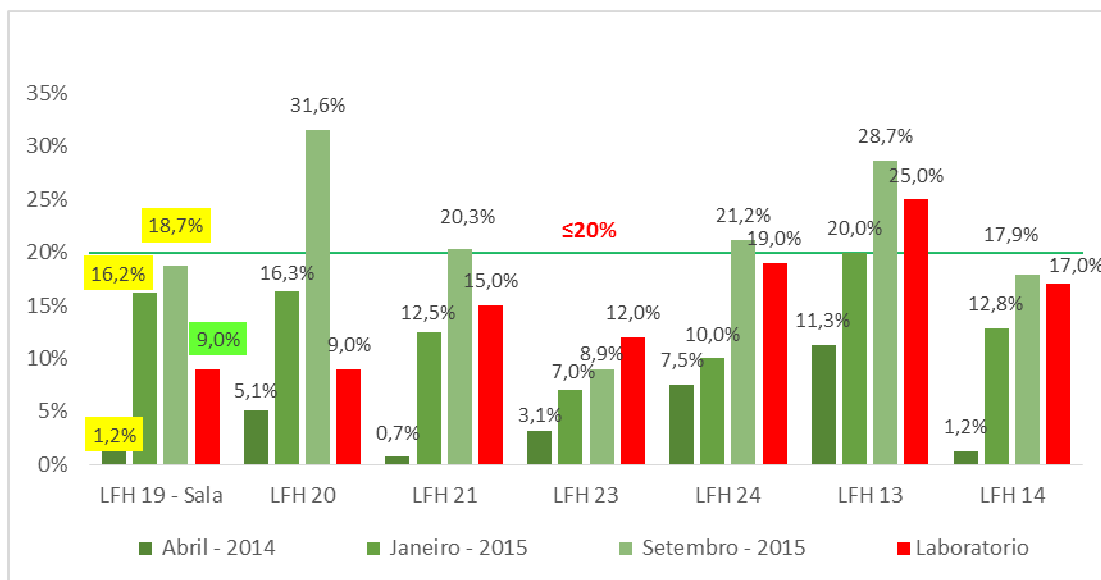


Gráfico 28 - Lâmpadas, Depreciações% - Apto 204 B07.

Os valores apresentados no gráfico 28 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

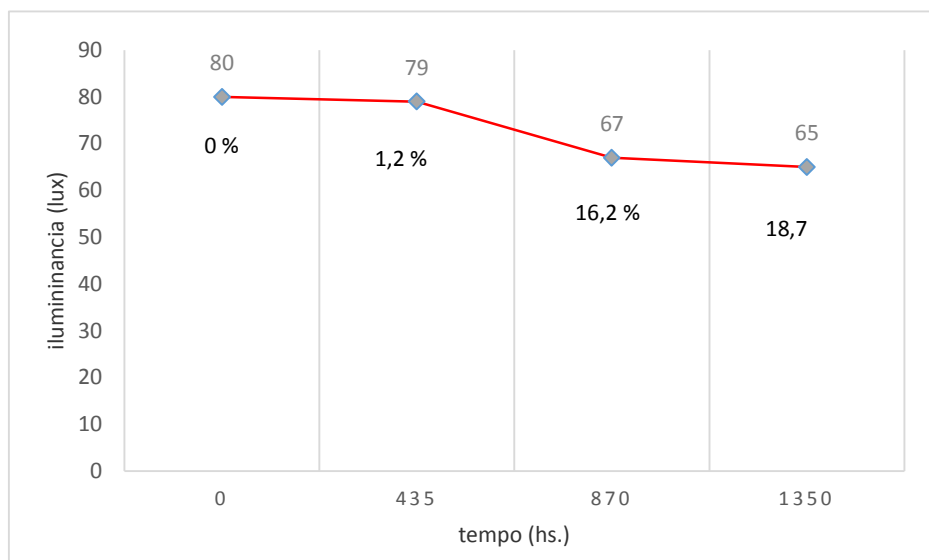


Gráfico 29 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) - Apto 204 B07 - LFG19

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539 que diz, que as LFCs deveriam ficar em operação por 6.000 horas.

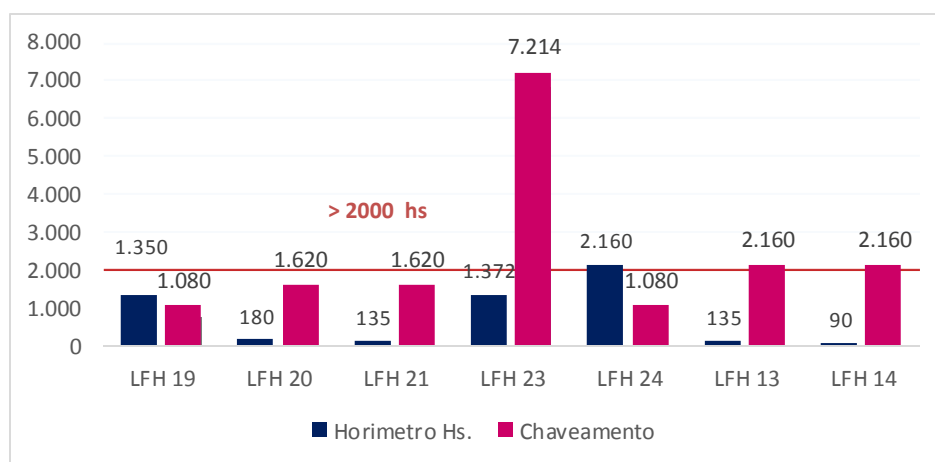


Gráfico 30 - Horas de Uso e Chaveamento – Apto 204 B07/LFH19/Sala

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deve ser, 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFH | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|-----------|--------|----------|------------|
| N° | V | (°C)Med. | % |
| 19 | 128 | 32 | 60 |
| 20 | 128 | 32 | 60 |
| 21 | 128 | 32 | 60 |
| 23 | 128 | 32 | 60 |
| 24 | 128 | 32 | 60 |
| 13 | 128 | 32 | 60 |
| 14 | 128 | 32 | 60 |

Tabela 24 - Variáveis de medida no Apto. 204 B07

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

6.3.3 MEDIÇÕES DAS LFO 20 W “GRUPO 03”

O Grupo 03 mostra os resultados das medições vintiseite unidades, sob Tensão Nominal de 127 V.O Luxímetro está em posição frontal a LFC ensaiada e a 0,75 centímetros da superfície.

Segundo as Normas ABNT, todas as características de identificação requeridas na Base estão atendidas (NBR-14538). De acordo com as medições feitas; são indicados na tabela e no gráfico os valores da Iluminância (Lux), a Vida útil (Horas) e o chaveamento correspondente a dezoito meses, considerando como referência para o cálculo da depreciação do fluxo luminoso o mês de março/2014.

Este sistema será aplicado para medir; a) se a depreciação do fluxo luminoso e menor, igual ou maior que 20% antes de completar 2000 h. b) Será medido, também, a depreciação do fluxo luminoso das LFCs em função da Iluminância (lux) e das Horas de Uso, em particular aquelas que foram instaladas com horímetros nos pontos mais críticos como; cozinha, salas ou banheiros.

As lâmpadas foram mantidas instaladas por dezoito (18) meses de uso, concluído os registros de medições, foram trasladados ao Laboratório do IEE, para conferir novamente todas as variáveis de tal forma a verificar se cumpre com as normas previstas na Portaria 489/2010 e a NBR14539. O desempenho está relacionado a horas de uso ou vida útil e o chaveamento; “liga” e “desliga”, das lâmpadas fluorescentes compactas.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LFO | 38 | 31 | 33 | 37 | 39 | 40 | 35 | 36 | 43 | 34 |
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 898 | 909 | 882 | 906 | 914 | 892 | 877 | 861 | 905 | 894 |

Tabela 25 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto. 402 B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência, (100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

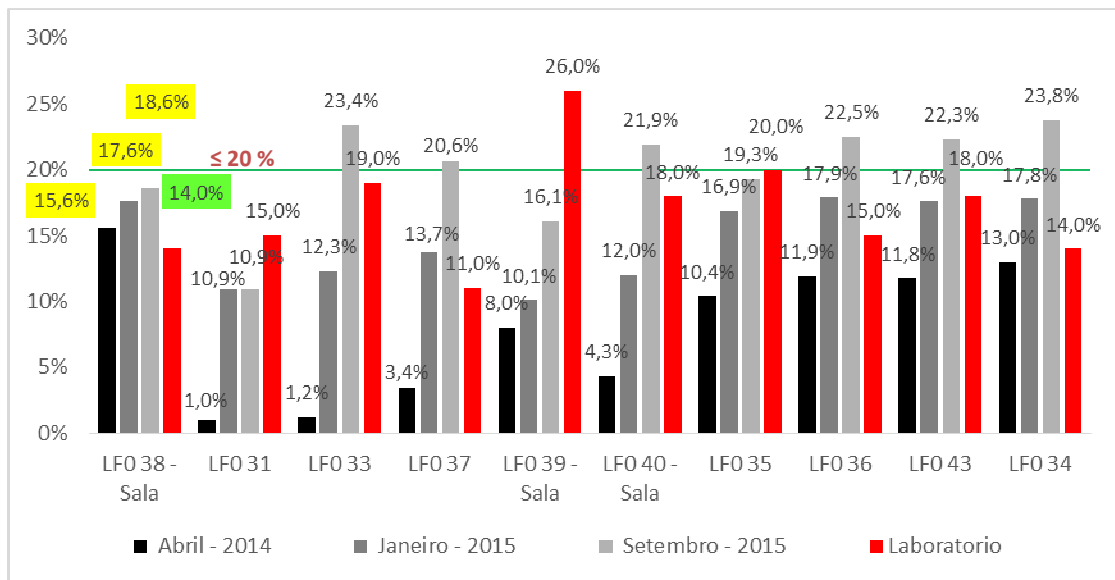


Gráfico 31 - Lâmpadas, Depreciações (%) - Apto 402 B11.

Os valores apresentados no gráfico 31 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

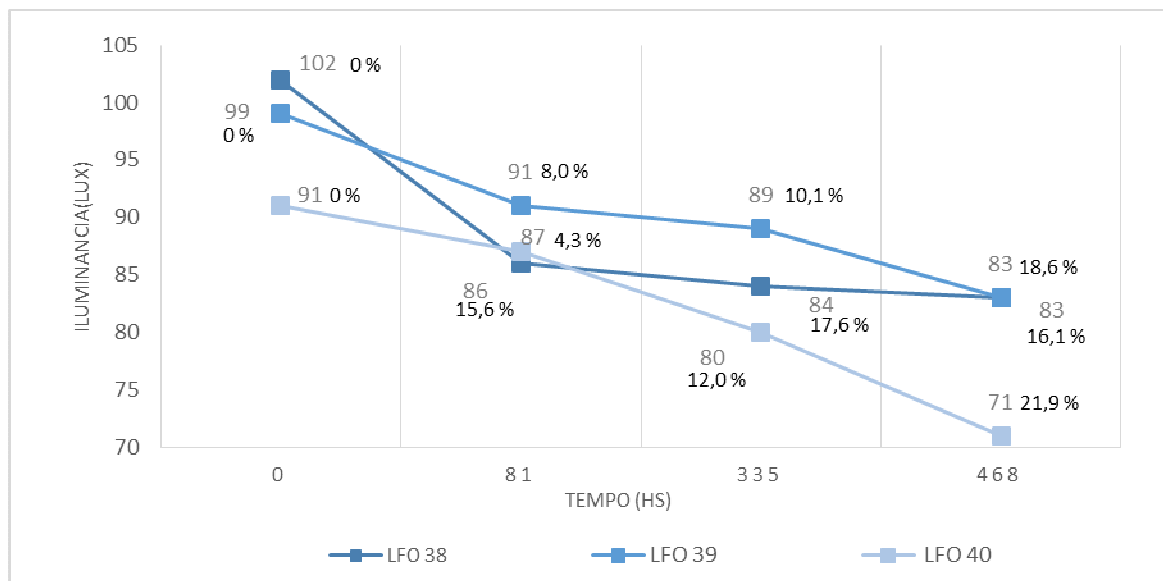


Gráfico 32 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) - Apto 402 B11/Sala/LFO38-39-40

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

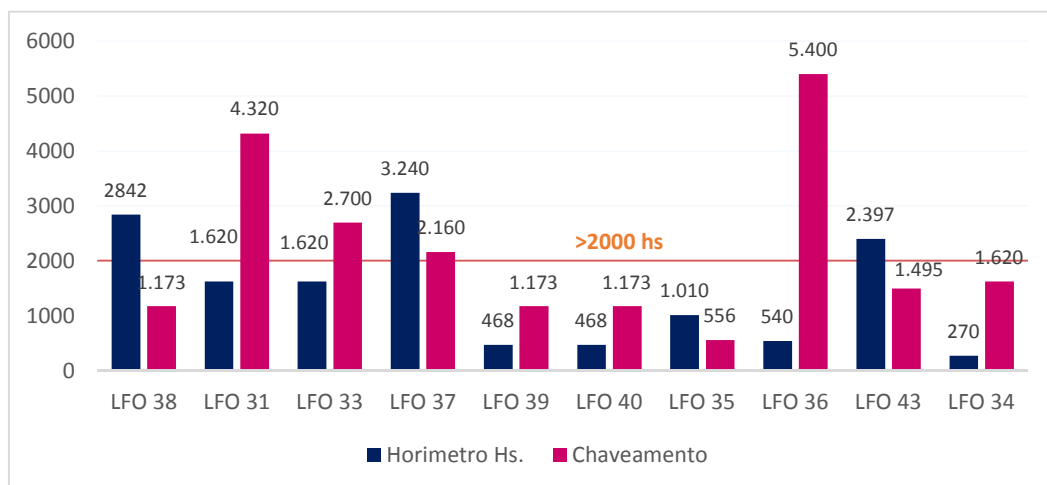


Gráfico 33- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 402 B11/LFO38-39-40.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (C°), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFO | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|------|--------|----------|------------|
| Nro. | V | (°C)Med. | % |
| 38 | 127 | 23 | 35 |
| 31 | 127 | 23 | 35 |
| 32 | 127 | 23 | 35 |
| 33 | 127 | 23 | 35 |
| 37 | 127 | 23 | 35 |
| 39 | 127 | 23 | 35 |
| 40 | 127 | 23 | 35 |
| 35 | 127 | 23 | 35 |
| 36 | 127 | 23 | 35 |
| 43 | 127 | 23 | 35 |
| 34 | 127 | 23 | 35 |

Tabela 26 - Variáveis medidas no Apto. 402 B11

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFO | 2 | 1 | 7 | 8 | 10 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 871 | 832 | 888 | 910 | 857 |

Tabela 27 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto. 102 B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência, (100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

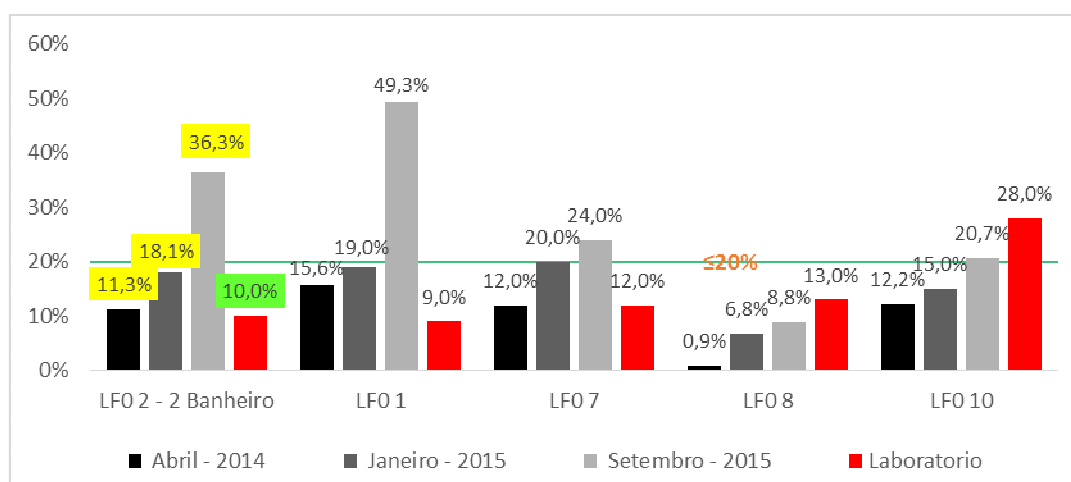


Gráfico 34 - Lâmpadas, Depreciações % - Apto 102 B11.

Os valores apresentados no gráfico 34 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em percentagem crescente.

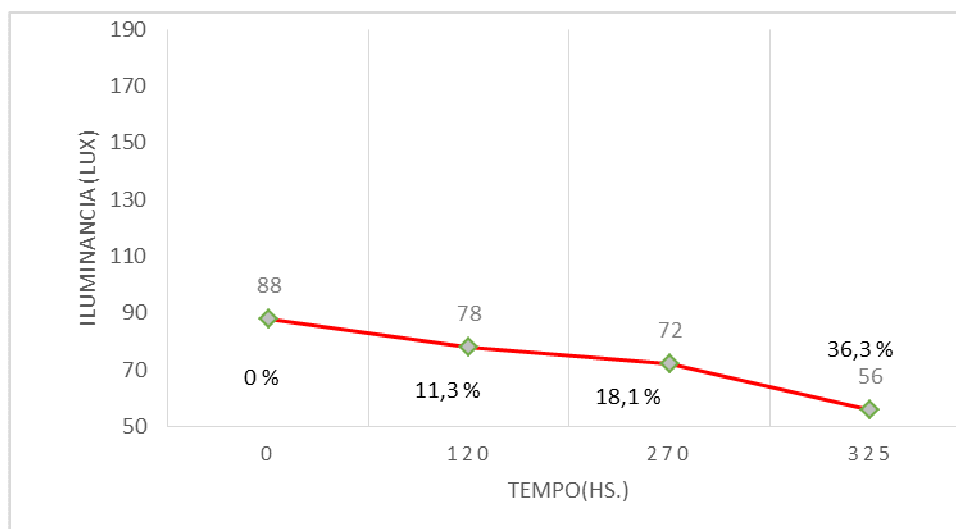


Gráfico 35 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 102 B11/LFO2/Banheiro.

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em percentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

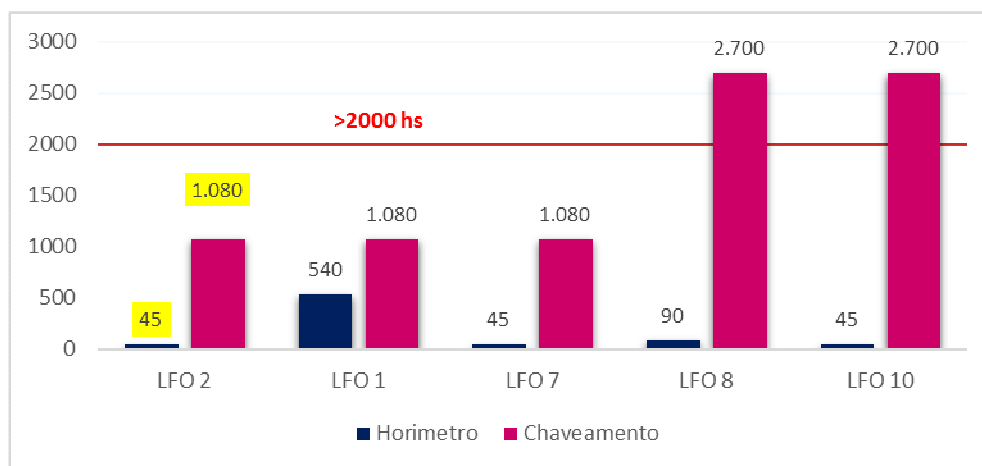


Gráfico 36 – Horas de Uso e Chaveamento - Apto 102 B11/LFO2/Banheiro.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas

deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 %

| LFO | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|-----|--------|----------|------------|
| N°. | V | (°C)Med. | % |
| 2 | 128 | 32 | 64 |
| 1 | 128 | 32 | 64 |
| 7 | 128 | 32 | 64 |
| 8 | 128 | 32 | 64 |
| 10 | 128 | 32 | 64 |

Tabela 28 - Variáveis medidos no Apto. 102 B11

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFO | 11 | 12 | 13 | 16 | 17 | 19 | 20 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FLUXO LUMINOSO | 918 | 921 | 927 | 881 | 911 | 837 | 866 |

Tabela 29 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.404 B11

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

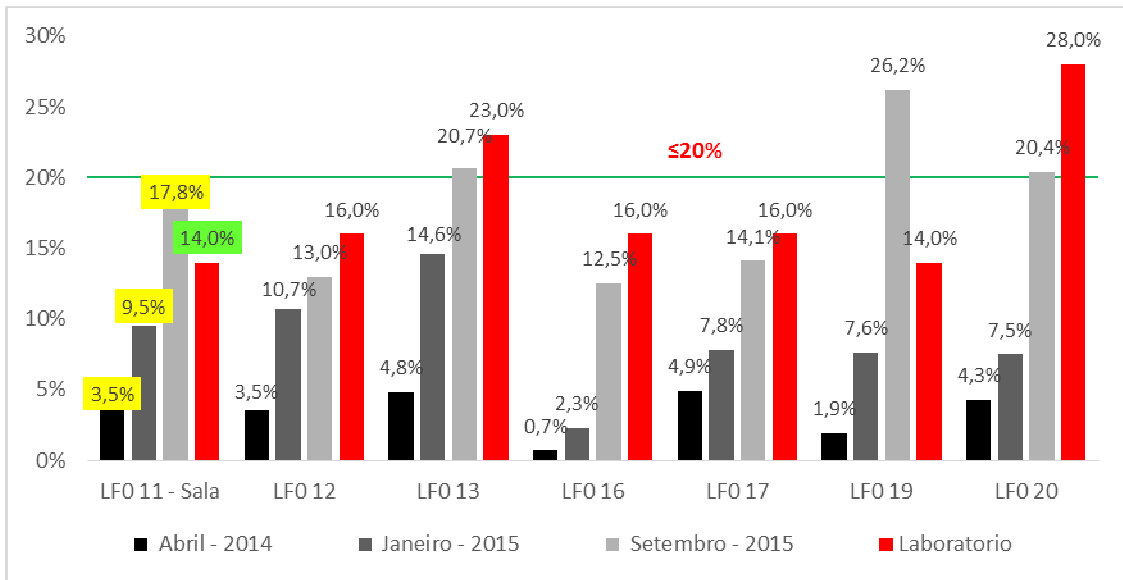


Gráfico 37 - Lâmpadas, Depreciações % - Apto 404 B11.

Os valores apresentados no gráfico 37 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação é indicada em porcentagem crescente.

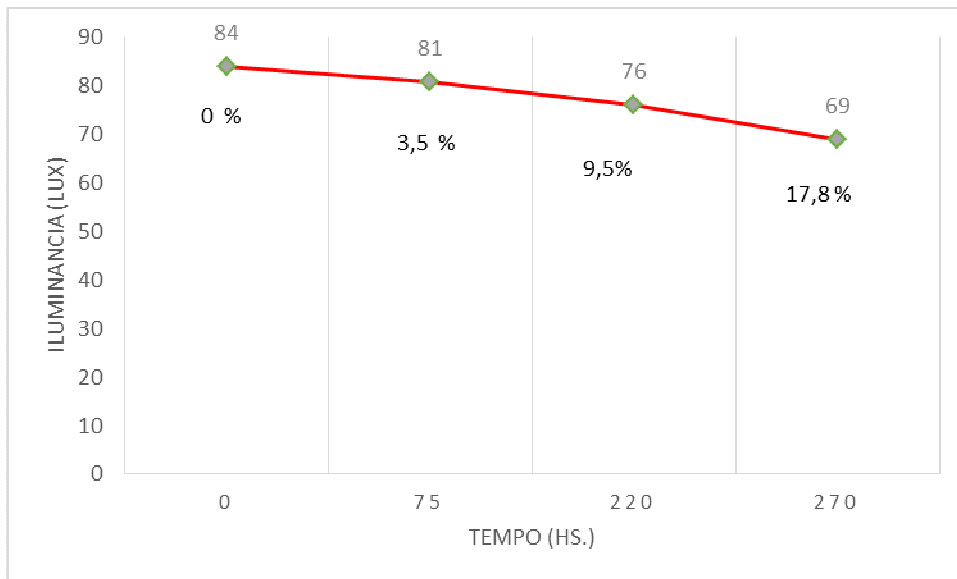


Gráfico 38 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) - Apto 404 B11/LFO11/Sala.

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em porcentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

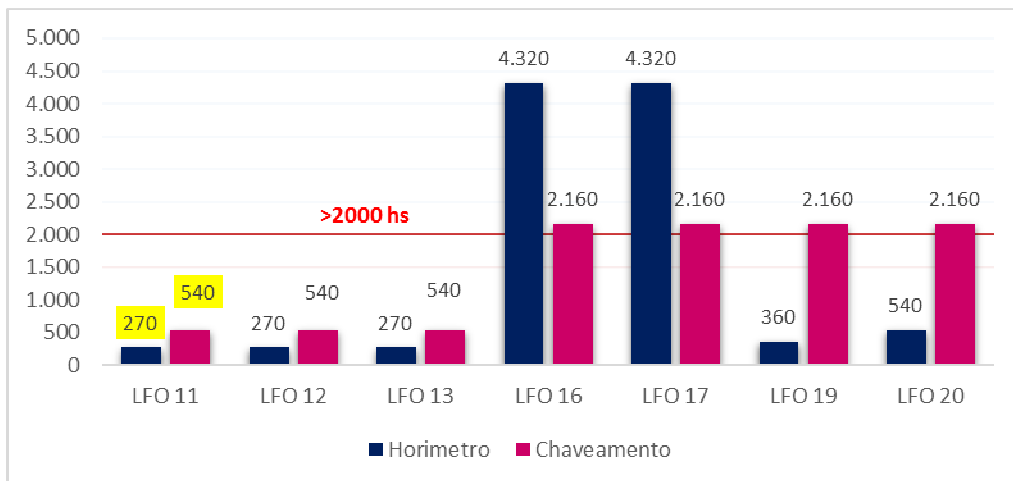


Gráfico 39 - Horas de Uso e Chaveamento – Apto 404 B11/LFO11/Sala.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deve ser, 165 minutos acessa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância ±2%)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 °C

| LFO Nro. | Tensao V | T.amb (°C)Med. | Umíd. Amb. % |
|-----------|----------|----------------|--------------|
| 11 | 127 | 32 | 62 |
| 12 | 127 | 32 | 62 |
| 13 | 127 | 32 | 62 |
| 16 | 127 | 32 | 62 |
| 17 | 127 | 32 | 62 |
| 19 | 127 | 32 | 62 |
| 20 | 127 | 32 | 62 |

Tabela 30 - Variáveis medidos no Apto.404 B11

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

| LFO | 21 | 22 | 23 | 28 | 50 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| FLUXO LUMINOSO (lux) | 909 | 904 | 914 | 904 | 918 |

Tabela 31 - Medição de Fluxo Luminoso a 100 horas no Laboratório/Apto.104 B07

Estes valores possibilita a comparação com a medição de campo e do Laboratório em dezoito meses. Foram medidos no início da experiência,(100 horas), antes da instalação das LFCs nas residências para ter uma referência certificada do laboratório.

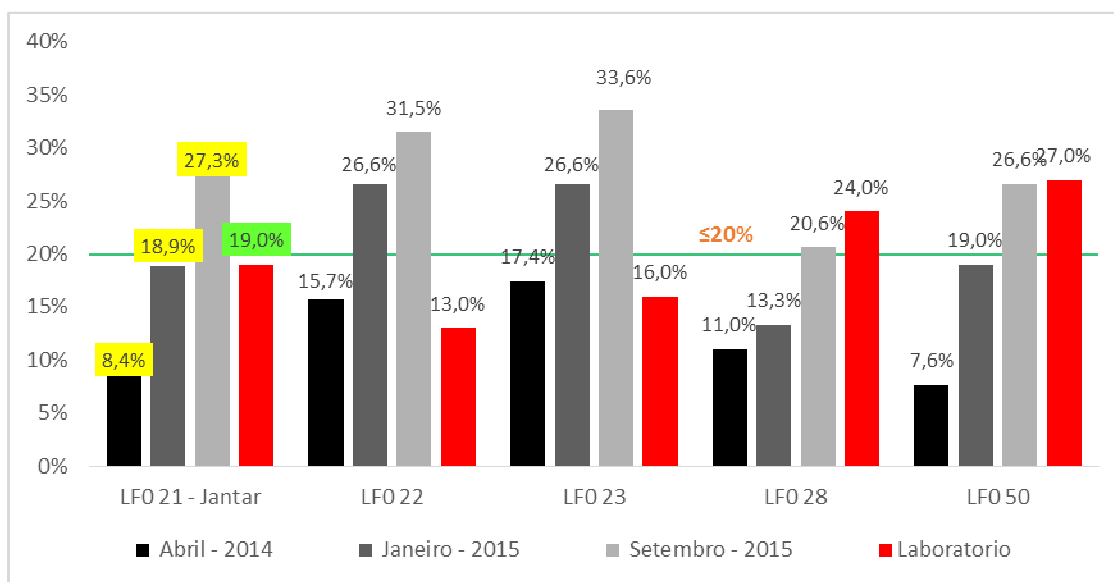


Gráfico 40- Lâmpadas, Depreciações% - Apto 104 B07.

Os valores apresentados no gráfico 40 indicam o resultado da medição do fluxo luminoso e sua depreciação em dezoito meses, no campo e no laboratório, iniciando no mês de abril/2014 e concluindo no mês de setembro/2015. A depreciação e indicada em porcentagem crescente.

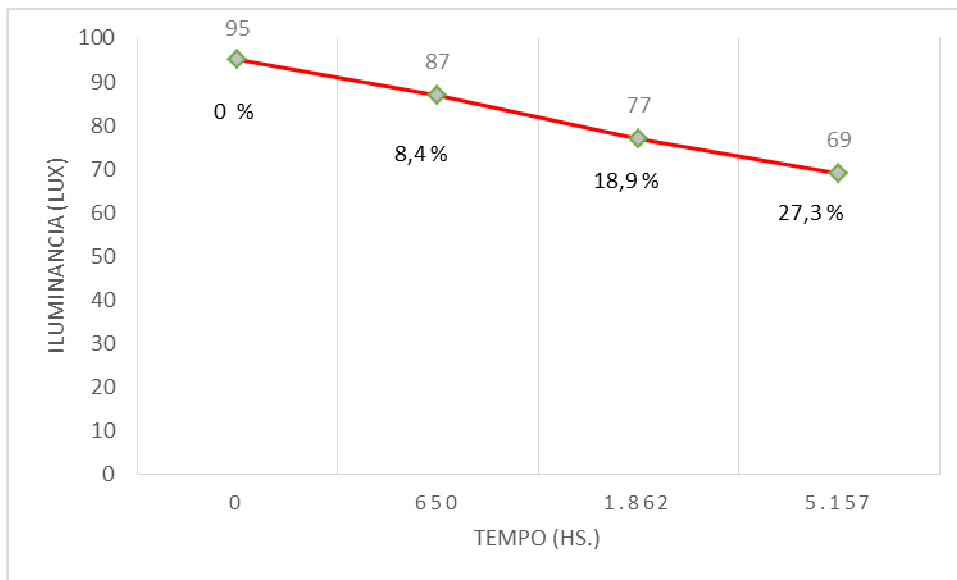


Gráfico 41 - Iluminância (lux) x Horas de Uso (hs) – Apto 104 B07/LFO21/Jantar.

Neste caso são comparados as horas de uso com a depreciação, (em lux e em percentagem), para verificar se a depreciação tem a mesma tendência que as horas de uso e se as tendências acompanham a exigência da portaria 489/2010 e a NBR 14539, que diz que as LFCs devem ficar em operação por 6.000 horas.

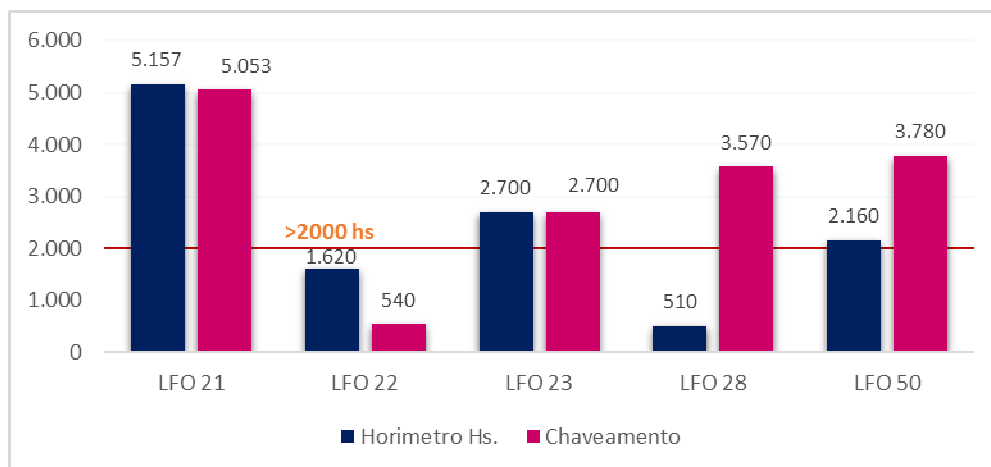


Gráfico 42- Horas de Uso e Chaveamento - Apto 104 B07/LFO21/Jantar.

Neste gráfico são comparadas horas de uso e chaveamento com o intuito de verificar a quantidade de chaveamento e ao mesmo tempo comparar com as horas de uso das LFCs, considerando que a NBR 14539 e a Portaria 489/2010 diz que a quantidade mínima de horas deveria de ser 6.000 horas em função do chaveamento que deveria de ser, 165 minutos acesa e 15 minutos desligado.

As variáveis como; Tensão (V), Temperatura Ambiente (°C), e Umidade Ambiente (%), encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 14539 (medidos no laboratório).

Valores de Referência da NBR 14539

- Tensão Nominal: 127 V
- Tensão de Ensaio (tolerância $\pm 2\%$)
- Temperatura Ambiente: 25 °C
- Umidade Ambiente: 65 %

| LFO | Tensao | T.amb | Umid. Amb. |
|------|--------|----------|------------|
| Nro. | V | (C°)Med. | % |
| 21 | 128 | 27 | 37 |
| 22 | 128 | 27 | 37 |
| 23 | 128 | 27 | 37 |
| 28 | 128 | 27 | 37 |
| 26 | 128 | 27 | 37 |

Tabela 32 - Variáveis medidos no Apto.104 B07

Os valores de campo obtidos na tabela são comparados com a NBR 14539 para verificar se o comportamento das lâmpadas são similares ou diferentes, considerando que o ambiente aonde as LFCs são testadas são muito mais exigentes ou agressivas.

6.4 MEDIÇÕES DE CAMPO (Fluxo Luminoso >20 % - ≤20%).

A medição do tempo de vida útil das LFCs instaladas nas residências iniciou-se no mês de março/2014, concluindo em setembro/2015. A variável medida neste caso foi a Iluminância. A depreciação do fluxo luminoso das LFC em relação à quantidade de lâmpadas fluorescentes compactas, maior que 20%, foram verificados em primer lugar no grupo; “G 01”; com 84,5 %, segundo “G 02”; 64,0 % e “G 03”; com 66,6 %.

Para a aprovação do produto; a 489/2010 indica que a depreciação não deverá ser maior que 20%. Também foi verificado as LFCs que tiveram depreciação, em relação à quantidade de lâmpadas fluorescentes compactas menor que 20 %; “G 01” 15,7 %, “G 02” 36 %, “G 03” 33,3 %. Isto indica que no “G03”, com 33,3% teve o melhor desempenho em relação aos grupos; “G02” com 36,0 % e por último o “G01” com 15,7 %.

Comparando o grupo G02 e G03 são os que tiveram melhores desempenhos e o grupo G03 a pior. Com os resultados obtidos, a tendência é que a vida útil de todas as lâmpadas não cumpra as 6000 h mínima exigida na 489/2010, considerando que em dezoito meses o melhor desempenho foi do; (fabricante G03 com 33,3 % que corresponde a 23 LFCs).

Mantendo o mesmo desempenho, em quatro anos e seis meses as 23 LFCs estariam inoperantes, supondo que as instalações elétricas das residências continuem nas mesmas condições de hoje, que a tensão não tenha variações bruscas ou que algum outro fator externo relacionado ao estilo de vida do consumidor não acelere a depreciação da vida útil das LFCs.

Os resultados no gráfico 43 indica quantidade de lâmpadas por fabricante relacionados ao fluxo luminoso medido no campo, ≤20% - >20%.

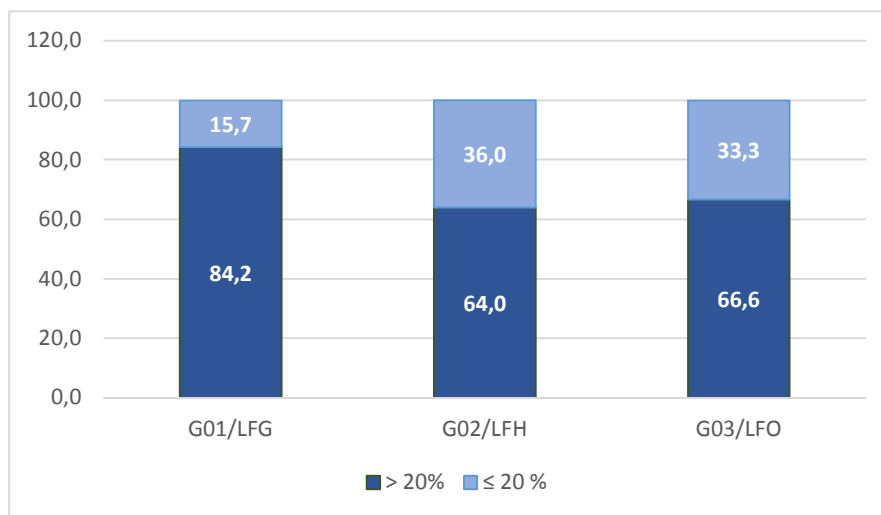


Gráfico 43 - Medições de Campo (Fluxo Luminoso $\leq 20\%$) (Fluxo Luminoso $> 20\%$).

6.5 MEDIÇÕES DE LABORATORIO. (Fluxo Luminoso $> 20\%$ / $\leq 20\%$).

Ao finalizar as medições de campo (Iluminância - Lux), as LFC foram retiradas das residências e trasladadas ao laboratório de fotometria do IEE-USP. Nas medições do laboratório (Fluxo Luminoso-Lúmen), com as LFCs utilizadas em campo ate dezoito meses, foi verificado que; dos três grupos; a maior depreciação, (quantidade de LFCs), corresponde ao G01 com 63,1 %, ($> 20\%$, valor máximo permitido pela norma 489/2010), o G02 44% e G03 22,0 %. Por outro lado foi verificado também que o melhor desempenho das LFC, ($\leq 20\%$), corresponde ao G03 com 77,7 %, G02 56,0 % e o G01 com 36,8 %.

Os resultados no gráfico 44 indica quantidade de lâmpadas por fabricante relacionados ao fluxo luminoso medido no laboratório, $\leq 20\%$ - $> 20\%$.

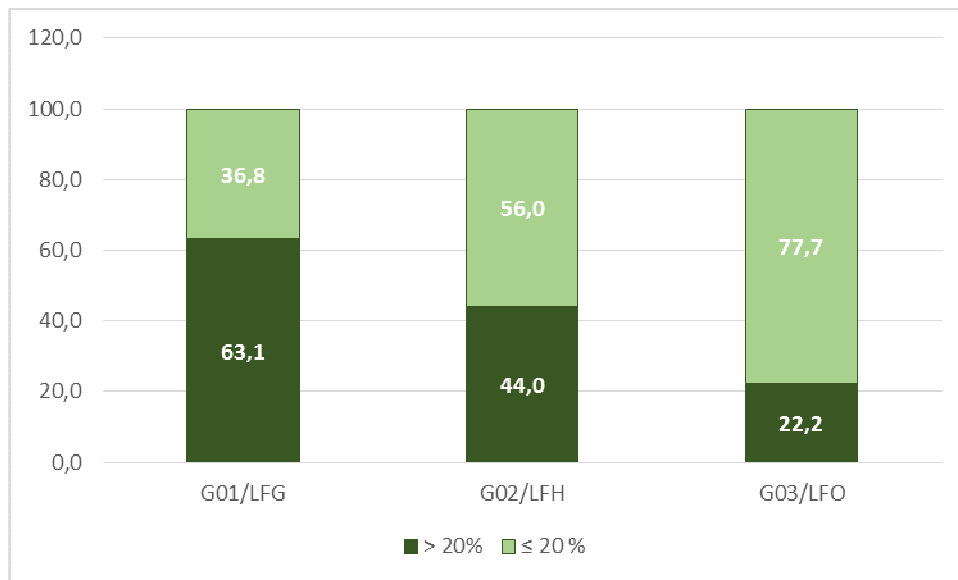


Gráfico 44- Medições de laboratório
Fluxo Luminoso > 20% / ≤ 20 %

6.6 MEDIÇÕES FLUXO LUMINOSO (Laboratório/Campo > 20%.)

Comparando a última medição do laboratório com a medição de campo em dezoito meses foi verificado que nas medições do laboratório, (quantidade de lâmpadas por fabricante); o G01 deprecia em 63,1 %, o G02 44,0 % e o G03 em 22,2 %, (ou seja, > 20 %) em contrapartida, nas medições de campo o G01 deprecia, (quantidade de lâmpadas por fabricante), em 84,2 %, no G02 64,0 % e no G03 66,6 %. Os resultados no gráfico 44 indica quantidade de lâmpadas por fabricantes relacionados ao fluxo luminoso medido no laboratório e no campo, >20 %.

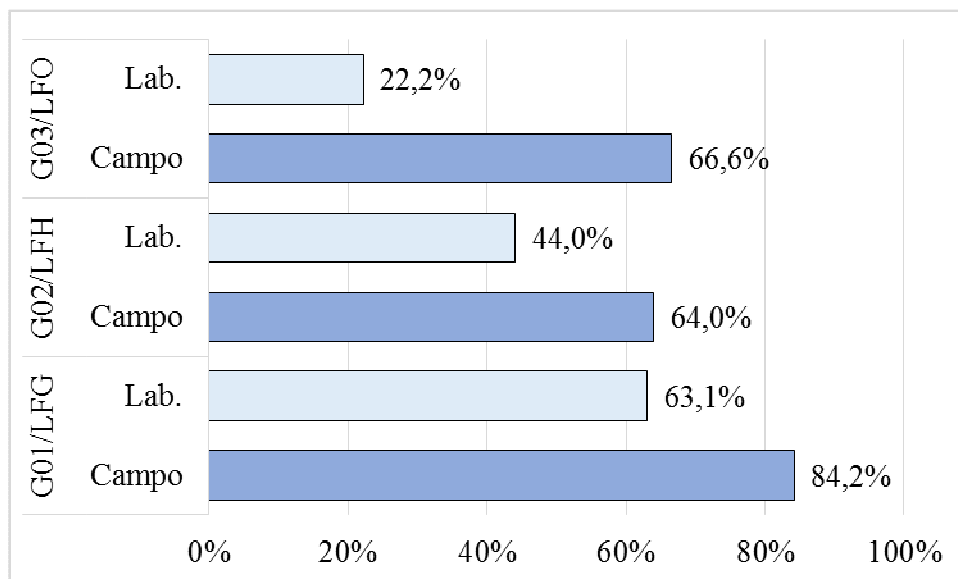


Gráfico 45 – Medições do Laboratório e de Campo/Fluxo Luminoso >20%.

6.7 MEDIÇÕES FLUXO LUMINOSO (Laboratório/Campo ≤ 20%).

Dando continuidade às comparações, foi verificado no laboratório que o G03 teve o melhor desempenho, com 77,7 %, o G02 56,0 % e o G01 com 36,8 %, em paralelo o melhor desempenho nas medições de campo corresponde ao G03 com 33,3 %, G02 36,0 % e o G01 com 15,7 %. Os resultados no gráfico 45 indica quantidade de lâmpadas por fabricante relacionados ao fluxo luminoso medido no laboratório e no campo, ≤ 20 %.

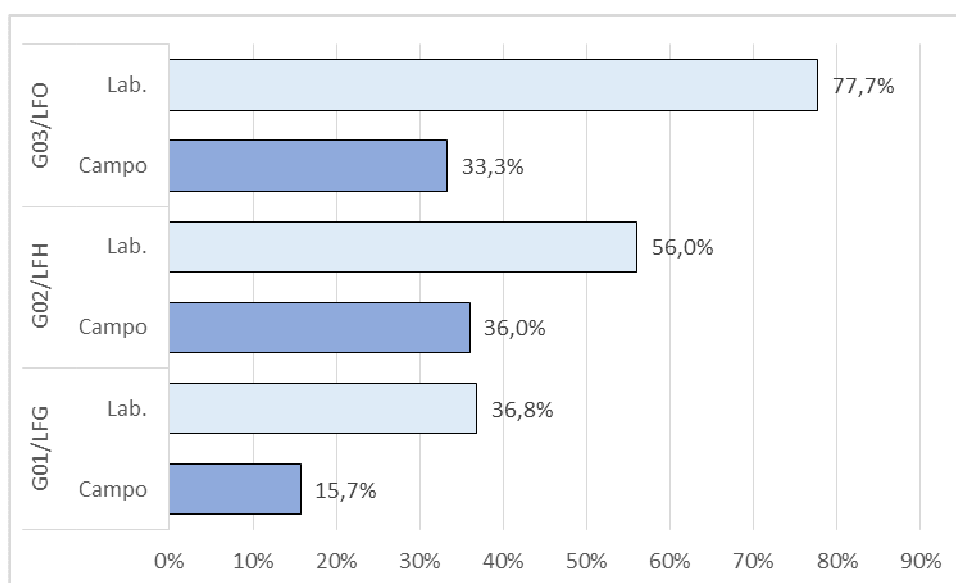


Gráfico 46 – Comparação de medições do laboratório e de campo, (fluxo luminoso) ≤ 20%.

6.8 HORAS ACESA DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS, (>2000 h/<2000 h).

Foram registradas as medições das horas de uso das LFCs *maior a 2000 h*, sendo que no grupo G01 foi de 52,6 %, no G02; 40,0% e no G03; 29,6 %.

A norma NBR 14539 e a Portaria 489/2010 indicam que as vidas úteis das LFCs deverão ser como mínimo de 6.000h, também foram registradas as LFCs que foram *utilizadas menos que 2000 h*; com G01 47,3 %, G02 60,0 %; G03 70,3%. Os resultados no gráfico 47, indica quantidade de lâmpadas por fabricante relacionados a horas de uso, <2000 hs - >2000 hs.

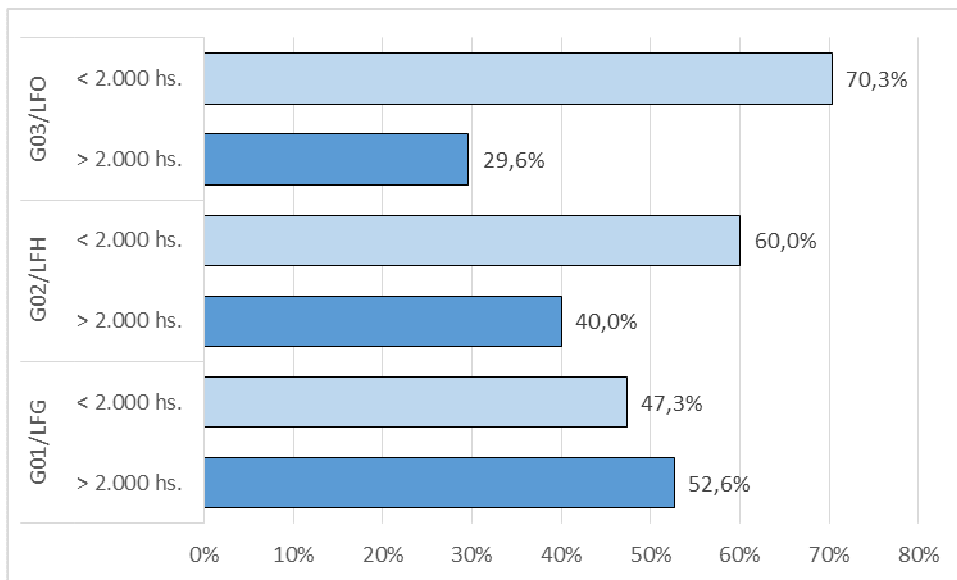


Gráfico 47 - Horas de uso >2.000h. < 2.000 h.

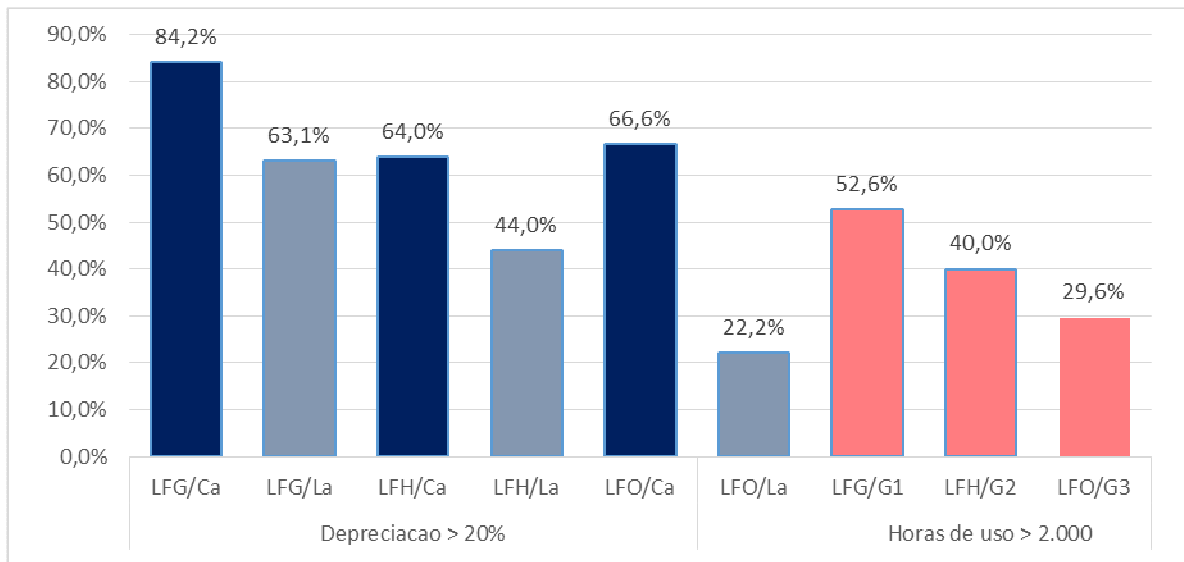


Gráfico 48 - Depreciação lumínica/horas de uso por grupos (campo)

Além da depreciação lumínica (%) e horas de uso (%) por grupo de fabricantes, são apresentados também a depreciação e as horas de uso total das LFC com o intuito de mostrar que a maior depreciação, (%), não significa necessariamente maior horas de uso, (%), que existem outros componentes que influem e que serão mostrados nos gráficos apresentados a seguir.

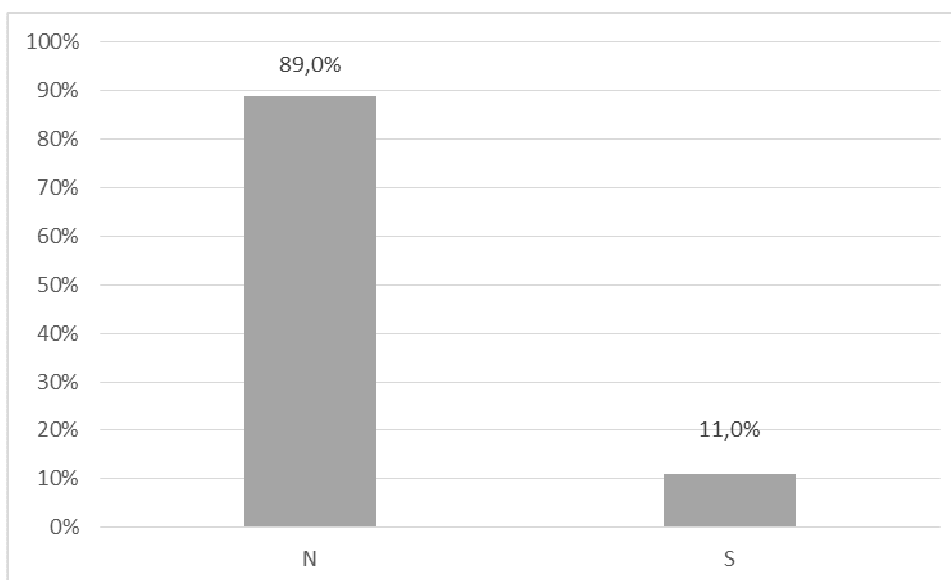
6.9 MANUTENÇÃO EM RESIDÊNCIAS NOS ÚLTIMOS QUINZE ANOS

Os resultados mostrados em tabelas e gráficos são resultados de questionários realizados com os consumidores que participaram da pesquisa. Situação da manutenção geral do circuito elétrico das residências; oito, (8), de nove, (9) consumidores nunca fizeram manutenção preventiva.

| APTOS | 15 ANOS | 10 ANOS | 5 ANOS |
|-----------|---------|---------|--------|
| 201 - B11 | N | N | N |
| 202 - B07 | N | N | N |
| 201 - B07 | N | N | N |
| 101 - B11 | N | N | N |
| 204 - B07 | N | N | N |
| 402 - B11 | N | N | N |
| 102 - B11 | S | N | N |
| 404 - B11 | N | N | N |
| 104 - B07 | N | N | N |

Referência: S= Sim N=Não

Tabela 33 – Frequência da Manutenção nas Residências



Referência: S= Sim N=Não

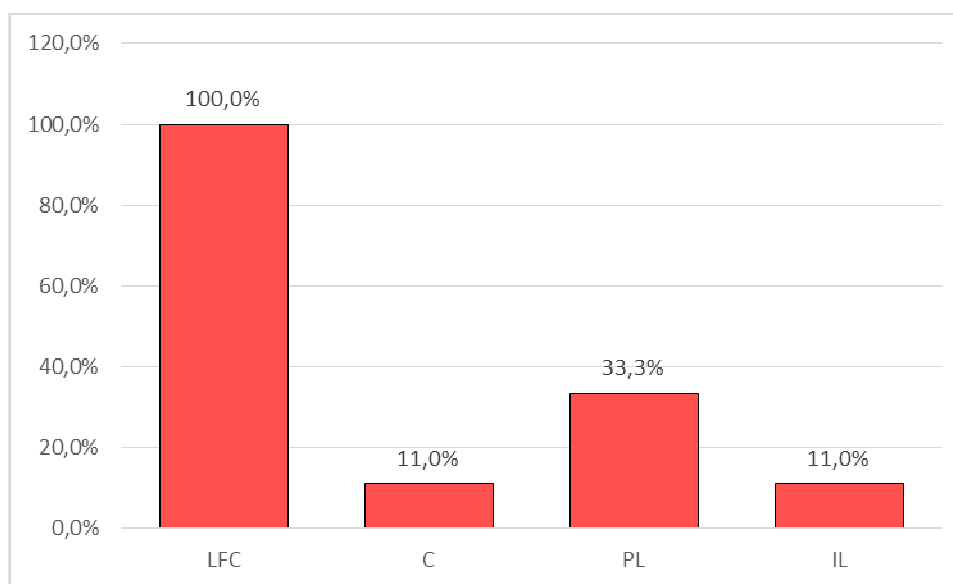
Gráfico 49 – Frequência da Manutenção nas Residências

Situação da manutenção corretiva do circuito elétrico, 100 % já trocaram as LFC, 11% condutores, 33 % porta lâmpada e 11 % interruptor.

| APTOS | CONDUTORES | PORTA LAMPADA | INTERRUPTOR | LFC |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----|
| 201 - B11 | N | N | N | S |
| 202 - B07 | N | N | N | S |
| 201 - B07 | S | S | S | S |
| 101 - B11 | N | S | N | S |
| 204 - B07 | N | N | N | S |
| 402 - B11 | N | N | N | S |
| 102 - B11 | N | S | N | S |
| 404 - B11 | N | N | N | S |
| 104 - B07 | N | N | N | S |

Referência: S= Sim N=Não

Tabela 34 - Manutenção Corretiva nas Residências – Troca de Componentes



Referência: C=Condutores, PL=Porta Lampara IL=Interruptor de Luz LFC=Lampadas Fluorescentes Compactas

Gráfico 50 - Manutenção Corretiva nas Residências – Troca de Componentes

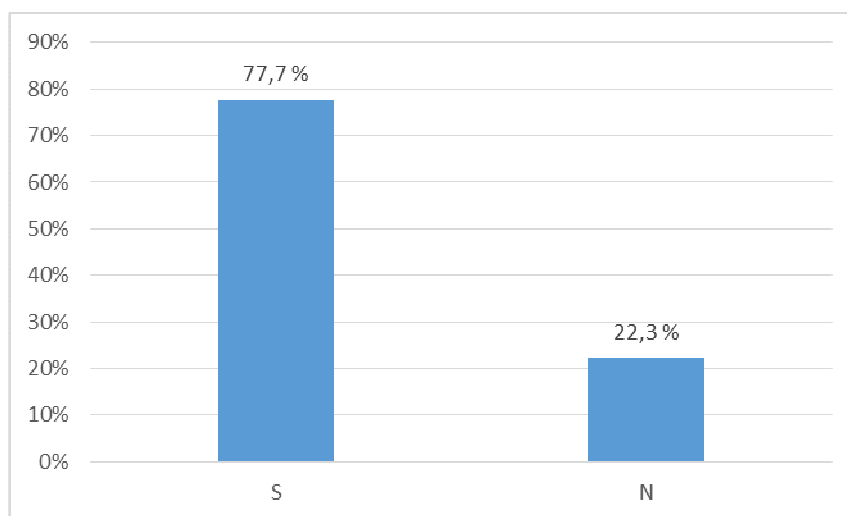
Nesta tabela analisamos o conhecimento do consumidor na hora da escolha das LFC, no uso da Iluminação natural, na escolha dos eletrodomésticos com o sem Etiquetação.

| APTOS | CONSUMO | | ETIQUETAGEM | | TINTAS CLARAS | | ILUMINAÇÃO NATURAL | | MERCÚRIO | | COMPRA | | | TIPO DE LFC | |
|------------------|---------|---|-------------|---|---------------|---|--------------------|---|----------|---|--------|---|---|-------------|---|
| | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | P | Q | W | B | A |
| 201 - B11 | | X | | X | X | | X | | | X | S | N | S | S | |
| 202 - B07 | X | | X | | X | | X | | X | | S | N | S | S | |
| 201 - B07 | X | | X | | X | | X | | X | | S | N | S | S | |
| 101 - B11 | X | | X | | X | | | X | | X | S | S | N | S | |
| 204 - B07 | | X | X | | X | | X | | X | | S | N | S | S | |
| 402 - B11 | X | | X | | X | | X | | X | | S | N | S | | S |
| 102 - B11 | X | | | X | | X | | X | | X | S | N | S | S | |
| 404 - B11 | X | | X | | X | | X | | | X | S | N | S | S | |
| 104 - B07 | X | | | X | X | | X | | | X | S | S | S | | S |

N=Não, S=Sim P=Preço, Q=Qualidade, W=Potência Tipo de LFC; B=Branca, A=Amarela.

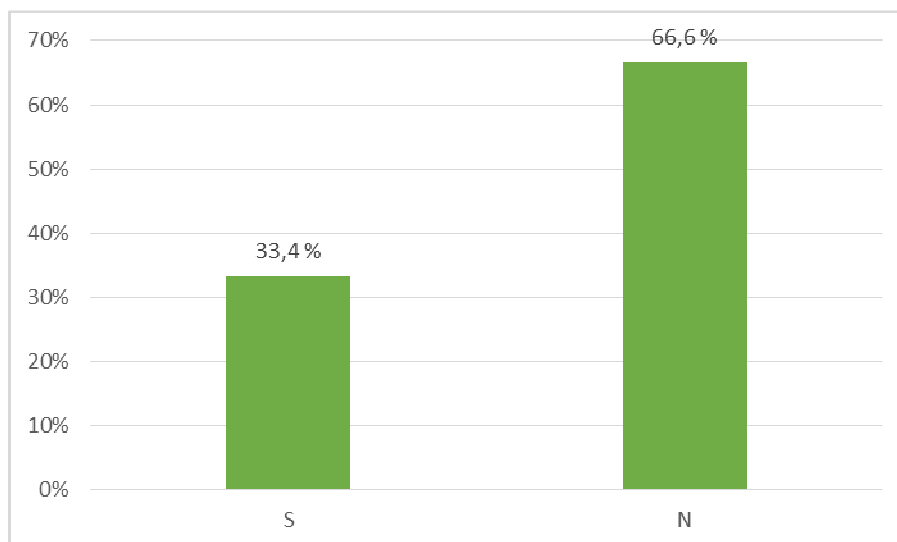
Tabela 35 – Conhecimento dos Consumidores – (Cultura Energética)

Com relação ao consumo, 77,7 % controla o seu consumo e 22,3 % não.



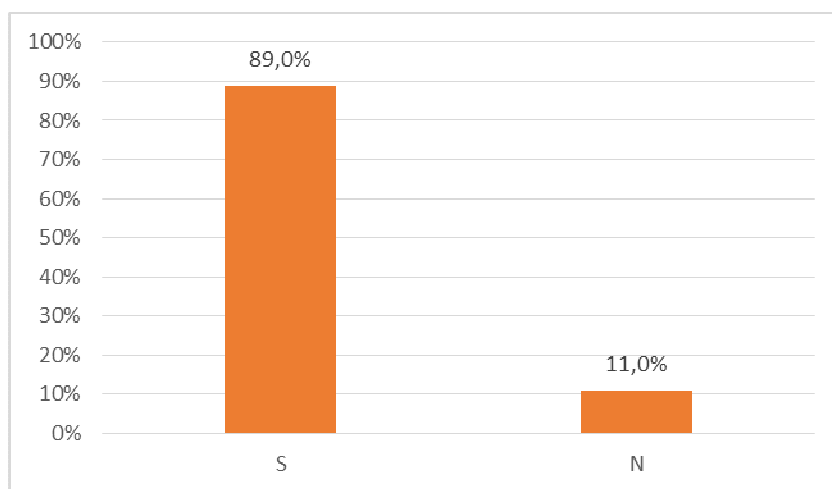
Referência: S= Sim N=Não
Gráfico 51–Controle do Consumo

O conhecimento sobre etiquetagem corresponde a um grupo de 33,4 % e 66,6 % desconhece o significado real do assunto.



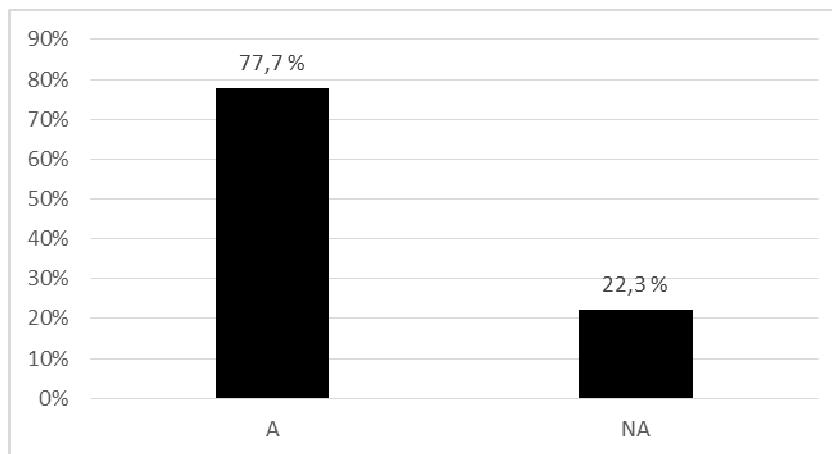
Referência: S= Sim N=Não
Gráfico 52– Conhecimento sobre Etiquetagem

89 % das pessoas que participam da pesquisa utilizam tintas claras nas paredes das residências e 11 % não.



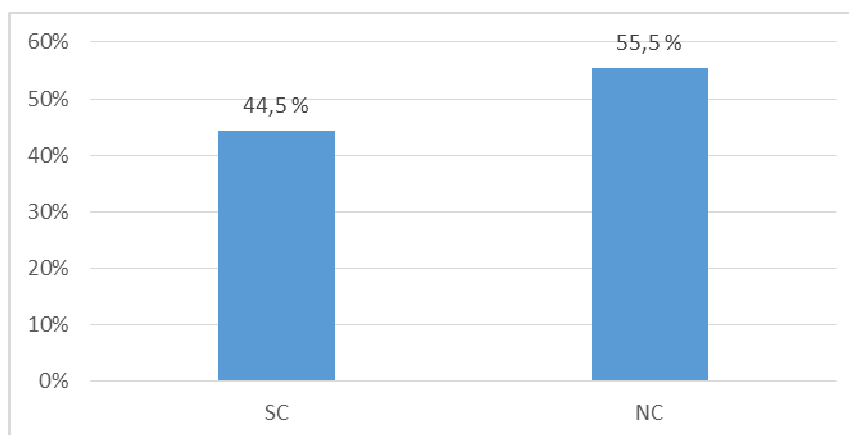
Referência: S= Sim N=Não
Gráfico 53 – Uso de Tintas Claras.

77,7 % do grupo que faz parte da pesquisa utilizam luz natural com o objetivo de diminuir o consumo da energia elétrica e 22,3 % não.



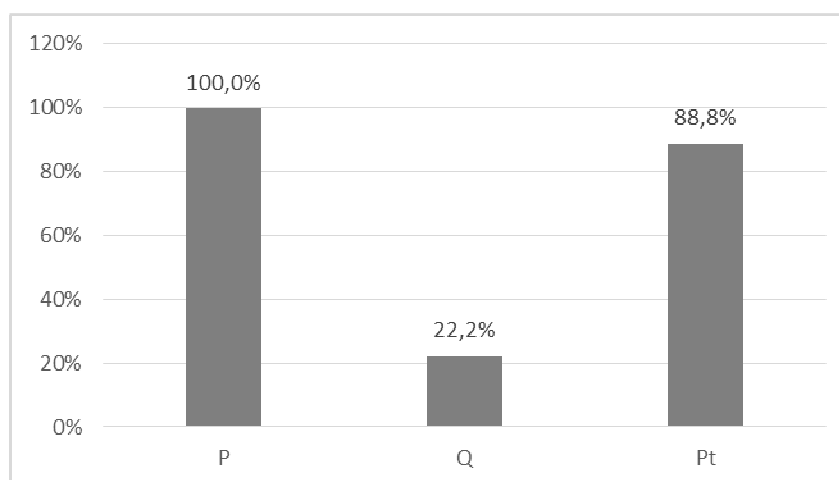
A= Aproveita NA=Não Aproveita
Gráfico 54- Aproveitamento da Iluminação Natural

44,5% do grupo que participa da pesquisa dizem que já ouviu falar sobre o mercúrio e 55,5 % não.



Referência: SC=Sim Conhece NC=Não Conhece
Gráfico 55 – Conhecimento sobre o mercúrio da LFC

Na hora da compra da LFC, 100 % dos consumidores consideram o Preço, (P) 22,2 % consideram a Qualidade, (Q) e 88,8 % consideram a Potência (W)



Referência: P= Preço, Q=Qualidade, Pt=Potência (W)
Gráfico 56 – Parâmetro considerados pelo consumidor na compra da LFC

6.10 ESCOLHAS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

É costume que o consumidor escolha as lâmpadas que possuem maior potência em Watts, o ideal seria escolher o produto que produz maior quantidade de luz. Depois que as lâmpadas incandescentes ficaram por quase 150 anos no mercado mundial, o consumidor acostumou-se a escolher uma lâmpada pela potência (W), apesar de a tecnologia ter dado um salto incrível nos últimos anos, com o surgimento das fluorescentes compactas e, mais recentemente, as lâmpadas LED.

Na maioria das lâmpadas, encontramos em destaque a potência, em W. Sem dúvida é um dado importante, pois é daí que saberemos o quanto de energia será consumida. Mas, tão importante quanto à energia consumida é a quantidade de luz produzida por uma determinada lâmpada, conhecida também como fluxo luminoso, sempre representado em lúmen ou *lm* que são obrigatoriamente expostos nas embalagens, pelos regulamentos aprovados pelo Inmetro.

Neste sentido, é essencial difundir a importância do fluxo luminoso entre os consumidores, considerando que se não houver essa mudança cultural, todo o desenvolvimento tecnológico aplicado nas lâmpadas não fará sentido para o consumidor, que vai continuar comprando lâmpadas baseando-se na potência consumida, achando que as de maior potência iluminam mais do que as de menor potência.

6.11 DIFICULDADES E FRAQUEZAS NO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Deve ser considerado neste trabalho de tese que o assunto tratado é muito novo, mais ainda se considerarmos que a pesquisa realizada, analisa além do desempenho das lâmpadas, a forma de consumo das pessoas, onde o comportamento de cada indivíduo ou família se desenvolve em função do estilo de vida de cada um deles.

Por tanto existem também, outros elementos que influem nos resultados obtidos como mostra, por exemplo, a tabela nº 4 de manutenção. É necessário indicar nesta tese que a teoria encontrada sobre medições do desempenho das LFC tratam-se de testes realizados, na sua totalidade, em laboratórios que dificultou a pesquisa devido a que não foi possível encontrar experiências similares que ajudassem a comparar com as medições de campo como:

- a. Depreciação
- b. Horas de Uso
- c. Chaveamento
- d. Tensão
- e. Temperatura
- f. Umidade Ambiente.

Quando avaliamos o desempenho das LFC, estamos verificando quão eficientes é o artefato de Iluminação. Para que a avaliação seja completa deverá estar integrada no conjunto de aplicação de gestão a eficiência. Caso contrário, a “Eficiência conseguida se perde”. Por exemplo;

Problemas de Gestão:

- Nem todas as pessoas utilizam a Iluminação, em mesma quantidade de horas e com a mesma frequência.
- É necessário insistir na manutenção da instalação para o bom desempenho das lâmpadas, por exemplo:
 - * Utilizar condutores adequados.
 - * Verificar a situação dos soquetes.
 - * Distribuição adequada das cargas nos circuitos da instalação elétrica.
 - * Nível de Tensão adequado.

Nesta pequena revisão podemos verificar que a “Eficiência” conseguida na utilização das LFCs não depende exclusivamente do consumo energético (eletricidade).

É importante deixar registrado a predisposição das pessoas, considerando que em princípio estava previsto instalar 120 lâmpadas, 10 por apto. e dividido por marca em três grupos, deixando de reserva 52 lâmpadas. Na escolha de aptos. foram consideradas aquelas pessoas que eram donos do imóvel com intuito de evitar mudanças por fim de contrato de aluguel, o que significaria a suspensão da experiência como de fato aconteceu com um dos participantes.

Com esta pesquisa foram verificadas também, características muito peculiares dos participantes, como por exemplo:

- Em princípio estava previsto que as medições seriam feitas a cada três meses, mas esta frequência foi difícil de implementar devido a que as pessoas nem sempre estavam disponíveis, o que obrigou a programar as visitas com antecedência.
- As medições significaram a mudança de lugar dos móveis, o que nem sempre foi possível fazer de forma correta, resultando em dificuldade no momento de realizar as medições.
- Devido à falta de equipamentos automatizados, as medições de alguma forma significavam uma invasão a privacidade das pessoas o que gerava certa indisposição dos participantes na pesquisa.
- No momento das medições foram encontradas algumas LFCs instaladas a baixa altura, (principalmente no teto do banheiro e na cozinha), devido a modificações realizadas ou porque simplesmente foram construídos dessa forma, considerando que existem normativas que definem a quantidade de luz de acordo ao ambiente a ser iluminado.
- Alguns participantes não tinham suficiente interesse na pesquisa, tendo como resultado as seguintes ações: Não informava sobre a queima das LFCs, o que é fundamental para a troca por outra de reserva que foi previamente medida no laboratório. Isso significava às vezes a descontinuidade nas medições por um determinado período.

- Em alguns casos foram identificado na instalação, lâmpadas incandescentes. Outros desconheciam o significado das etiquetas de eficiência energética ou simplesmente nunca fizeram manutenção na instalação do apto.
- A escolha da LFC no momento da compra continua sendo considerado pelo consumidor: o preço e a potência, sendo que a referência ideal deveria ser o fluxo luminoso.
- Por último, a percepção final nesta pesquisa é a falta de conhecimento em muitos aspectos para o qual acreditamos que é necessário melhorar, além das medições propriamente ditas, os mecanismos atuais da educação, no sentido de ensinar aos consumidores no bom uso da energia elétrica, que vai muito mais além da simples estatística que verifica o consumo e que necessariamente deveria utilizar conceitos de eficiência energética.

Considerando estas observações, podemos afirmar que a eficiência energética depende de:

- Pessoas
- Forma de uso.
- Qualidade da energia.
- Arquitetura da Resistência.
- Meio ambiente.
- Consumo de eletricidade.
- Conhecimento na escolha do tipo LFC
- Normativa e aspectos legais que participam no ambiente de uso da LFC.

É como aplicar ISO50001 na residência e ao mesmo tempo possibilitar uma nova forma de verificar o desempenho de um produto de Iluminação. Mas, para validar esta metodologia deverá ser necessariamente ampliada a quantidade de consumidores além da utilização de equipamentos que tenham a capacidade de medir mais variáveis, de preferência, de forma automatizada e com maior precisão, o que requer mais tempo e recursos financeiros para obter trazabilidade e rastreabilidade. Isto ajudará a consolidar a metodologia utilizada na pesquisa.

CAPÍTULO 7

7.1 CONCLUSÃO

O foco do trabalho foi avaliar o desempenho das lâmpadas fluorescentes compactas de 20 W, de três marcas diferentes de forma ampla, abordando diversos temas que despertaram o interesse. A metodologia aplicada foge da forma tradicional de análises, considerando que está baseada em comparações de medições de variáveis realizada em campo.

O resultado final deste trabalho, (18 meses), foi comparado com medições de laboratório, (100 e 2000 h) com intuito de verificar as diferenças, comportamento das LFC em operação, (ambiente de maior exigência), hábitos de comportamento do consumidor de um condomínio situado na cidade de Foz do Iguaçu, estado do Paraná, em relação ao uso das LFC, cultura ou conhecimento energético.

Posteriormente foram comparados os valores estabelecidos na norma brasileira com os parâmetros utilizada em normas de outros países, onde foi possível verificar que as medições são similares ao do Brasil. As diferenças encontradas estão relacionadas em alguns casos com a quantidade das LFC ensaiadas e as horas utilizadas nas medições dos parâmetros do fluxo luminoso a 2000 horas.

Finalmente foi analisado o impacto da aplicação da eficiência energética, (PROCEL/PBE), no setor público e privado como uma ferramenta para a conservação de energia, produto de uma política pública, mas que teve origem na necessidade de utilizar a energia de uma maneira mais eficiente, tendo como resultado final produtos mais eficientes no mercado, o que ajuda a retardar investimentos desnecessários no sistema elétrico brasileiro.

Considerando todos estes fatores, abordamos o assunto com os valores obtidos nas medições de campo e de laboratório a 2000 h, relacionados à depreciação em dezoito meses, e verificamos que: O G01/LFG - fabricante, com maior quantidade de lâmpadas que sofreram depreciação foi de (84,2 %), com relação aos fabricantes G02 e o fabricante G03. De acordo a este valor, verificamos que a tendência com a menor percentagem obtida em dezoito meses

nos grupos, o fabricante G03, terá uma depreciação a $> 20\%$ em quatro anos e meio, considerando que o fabricante indica na embalagem 6.000 horas de vida. Portanto, entendemos que o estabelecido na norma deveria ajustar-se á tempos reais de horas de uso. As diferenças nas *depreciações de campo entre os fabricantes* G01 e G02 e de 20% , no entanto entre o G02 e G03, a diferença é mínima; $2,5\%$. Analisando *as diferenças nas depreciações medidas no laboratório, entre os três fabricantes*, temos como resultado que; há um 20% entre o G01 e G02, entre G02 e G03, mais entre o G01 e o G03 e de 40% .

Estas diferenças se dão devido a componentes externos que incidem no desempenho das LFC nas residências, como; a) idade dos consumidores, (chaveiam menos, dormem mais cedo) b) quantidade de pessoas que moram na residência c) critérios utilizados pelo consumidor na hora da compra das LFC, d) não utilização da iluminação natural) falta de manutenção nas instalações elétricas, além de considerar a temperatura ambiente, a umidade relativa, tensão, chaveamento e uso das lâmpadas o qual reforça que o cenário onde as LFC foram instaladas é muito mais agressivo que o ambiente do laboratório. Neste sentido, acreditamos que seja necessário, como complemento, um mecanismo de teste do produto com o suporte de organismos de pesquisas, em paralelo com os ensaios de rotina dos laboratórios acreditados.

Outro aspecto são os componentes externos, (citados anteriormente), que nos informa como o consumidor utiliza a energia, onde a maioria das vezes está relacionada com á falta de conhecimentos no uso eficiente da energia elétrica. É importante indicar que o hábito de consumo é um ponto tão relevante na pesquisa quanto o desempenho da LFC, devido a que a forma de uso de cada consumidor influenciará necessariamente na depreciação das lâmpadas instaladas em cada residência.

Neste sentido, acreditamos que além de melhorar a qualidade do produto, deve-se insistir na aplicação de programas de Eficiência Energética relacionados aos índices citados neste trabalho, considerando que cada consumidor final possui um perfil diferente e bem definido. Verificamos também que a quantidade de “liga”, (consumidor), ultrapassa várias vezes o estabelecido na NBR 14539 da ABNT, (ligado 2.45 min e desligado 15 min., completando 3 horas no total e ligando 8 vezes por dia). Entendemos que deveria ser reconsiderado o tempo de “liga” e “desliga” de tal forma a ajustá-lo à realidade do consumidor.

Desta forma abre-se a possibilidade de um novo cenário para a análise de desempenho das lâmpadas, em um ambiente diferente do Laboratório e que pode servir para complementar os ensaios tradicionais, considerando que as medições das distintas variáveis citadas neste trabalho têm sido medida sem um cenário real que poderá ajudar a disponibilizar um produto final melhorado e que terá um impacto positivo econômico, tanto para o consumidor final como para o sistema elétrico.

De fato, o tempo de medição das variáveis é muito mais extenso, (18 meses), em comparação com o tempo de ensaios do laboratório. Portanto esta metodologia de medição não serviria para liberar produtos para vendas no mercado, por razões óbvias. Esta metodologia está pensada para a avaliação deste produto a longo prazo em centros de pesquisa relacionados à qualidade e à eficiência.

Outra ferramenta aplicada foi o questionário, (o resultado do questionário são os gráficos apresentados no capítulo anterior, como; manutenção dos circuitos elétricos das residências, consumo da energia, uso de eletrodoméstico com etiquetas, uso de tintas claras nas paredes, iluminação natural, critério utilizado na compra das LFCs), que indica que os consumidores têm conhecimentos limitados sobre os itens que foram consultados, (definido como “cultura energética”, neste trabalho), por sinal muito necessário para reforçar o que já foi feito. Para concluir, como propostas de trabalhos futuros, acreditamos que poderia ser feito um estudo de campo mais amplo, (maior quantidade de consumidores), com equipamentos de medições de precisão, de tal forma a consolidar a metodologia aplicada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2000): Norma NBR – 14538 Lâmpadas fluorescentes com reator integrado à base para iluminação geral - Requisitos de segurança, 2000; Norma NBR – 14539 Lâmpadas fluorescentes com reator integrado à base para iluminação geral - Requisitos de desempenho, 2000; Norma NBR–IEC81 Lâmpadas fluorescentes tubulares para iluminação geral, 1997.

ABILUMI, Cricci. A Guimaraes. R, Iniciativas da ELETROBRAS, PROCEL, 2013.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, do Ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior: Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de conservação de Energia (ENCE), Lâmpadas Fluorescentes Compactas, ou Similares, Revisão 00, de 13.05.2004; Portaria n.º 289, de 16 de novembro de 2006, ou Regulamento de Avaliação da Conformidade de Lâmpadas Fluorescentes Compactas com Reator Integrado, Revisão 01, de 09.09.2006; Portaria n.º 489, de 08 de dezembro de 2010.

Interministerial, 2006. Ministério de Minas e Energia, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior: Portaria Interministerial Nos 132, de 12.06.2006.

Nassif, Alexandre B., Acharya, J. (2008). An Investigation on the Harmonic Attenuation Effect of Modern Compact Fluorescent Lamps. 13th International Conference on Harmonics and Quality of Power -ICHQP 2008, pp 1-6.

Rigo-Mariani, R., Rayudu, R. K., Member, IEEE, Mike S. Witherden, M. S., and Edmund M-K. Lai, E. M-K. (2010).

INMETRO Portaria N° 489/2010.

International Standar IEC 60969 Vinicius de Araujo Moreira –Iluminação Elétrica – Editora Bluscher Desempenho de LFC – **NBR 14539**

Indices of Compact Fluorescent Lamps for Residential Use – A New Zealand Study Anais da **IEEE TENCON**, 2010.21-24 November, Fukuoka, Japan.

Battacharya A.K (a). Measurement of barium ion density in the vicinity of fluorescent lamp electrodes. Journal of Applied Physics. 1989, vol. 65, no. 12, p. 4603-4607.

Battacharya A.K (b). Measurement of barium loss from a fluorescent lamp electrode by

laser-induced fluorescence. *Journal of Applied Physics*. 1989, vol. 65, no. 12, p. 4595-4602.

BEN, Balanço Energetico Nacional – EPE/2004

Bierman, A; O'Rourke, C; Den, L; Naredran, N. Testing a lamp life predictor for instant start fluorescent systems. *Illuminating Engineering Society of North America Annual Conference. Lighting Updates*. 2002, Paper# 57, p. 141-156.

Boyle, W.S; Haworth, FE, Glow-to-arc transition. *Physical review*. 1956, vol. 101, p. 935.

Brodrick, J. LED Watch. *Lightning Design and Application*. 2009(a), vol. 39, p. 16-17.

Brodrick, J. The cost factor. *Lightning Design and Application*. 2009(b), vol. 39, p. 16-17.

Carriere, A; Rea, MS. Economics of Switching Fluorescent Lamps. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 1998, vol. 24, no. , p. 370.

Castejon, A; Santa Maria, G. *Tecnología Eletrônica*. Madrid: McGraw-Hill, 1993.

Cayless Theory of the positive column in Mercury rare-gas discharges. *British Journal of Applied Physics*. 1963, vol. 14, no. 12, art no. 310, p. 863-869.

Cayless, MA Marsden, AM. *Lamps and Lighting*. London, Edward Arnold, 1983.

CEI 81: 1984 Y EN 600081:1989.

Chondrakis, NG (a); Topalis FV. Influence of cold starting on the life of T5 fluorescent tubes and CFL. *Proceedings of IECON Conference, Porto, 2009.*

Chondrakis, NG (b); Topalis FV. Starting characteristics of fluorescent tubes and compact fluorescent lamps and CFL. *Proceedings of IECON Conference, Porto, 2009.*

Davis, RG; Yufen, J; Weihong, C. Rapid-cycle testing for fluorescent lamps: What do the results mean? *Illuminating Engineering Society of North America Annual conference technical papers*. 1996, August 5-7.

Dilaura, DL (a). A history of light and lighting. New York: Illuminating Engineering Society, 2006.

Dilaura, DL (b). Waiting for Godot or, the promise of LEDs. *LEUKOS – Journal of Illuminating Engineering Society*. 2006, vol. 3, no. 3, p. 179-180.

Dilaura, DL. A brief history of lighting. *Optics and Photonics News*. 2008, vol. 19, no. 9, p. 22-28.

Dorleijn. Power balances for some fluorescent lamps. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. 1985, vol. 15, no. 1, p. 75-84.

Dorleijn. Standardization of the static resistances of fluorescent lamp cathodes and new data

for preheating. Industry Applications Conference 37th IAS Annual Meeting. Conference Record. 2002, vol. 1, p. 665-672.

Ferreira, MM. A Evolução da Iluminação na Cidade do Rio de Janeiro-Contribuições Tecnológicas.

Dorleijn; Fabry-Perot measurements of barium temperature in fluorescent lamps. Journal of Physics D: Applied Physics. 2010, vol. 43, p. 165203 (17pp).

Hadrath, S; Determination of absolute population densities of eroded tungsten in hollow cathode lamps and fluorescent lamps by laser-induced fluorescence. Journal of Physics D: Applied physics. 2005, vol. 38, no. 17, p. 3285-3295.

Hammer, EE. Fluorescent Lamp Starting Voltage relationships at 60 Hz and High Frequency. Journal of Engineering Society. 1983, vol. October, p. 36-46.

Hammer, EE. Comparative starting-operating characteristics of typical F40 systems. Journal of Engineering Society. 1989, vol. 30, p. 189-197.

Hammer, EE. Cathode fall voltage relationship with fluorescent lamps. Journal of Engineering Society. 1995, vol. 24, p. 116-122.

Haverlag, M; Kraus, A; Heuvelmans, J; Geve, A; Kaldenhoven, L; Heijne, G. High-frequency cold ignition of fluorescent lamps. Journal of Physics D: Applied Physics. 2002, vol. 35, p. 1695-1701.

Hilscher, A determination of the cathode fall voltage in fluorescent lamps by measurement of the operating voltage. Journal of Physics D: Applied Physics. 2002, vol. 35, p. 1707-1715.

Hitchcock, DE. High frequency characteristics of 32W T8 lamps. Journal of the Illuminating Engineering Society. 1983, vol. October, p. 26-35.

IESNA Lighting Handbook. Reference and Applications, 8th edition, New York, Illuminating Engineering Society of North America, 1995.

IESNA (a,b). IESNA Approved method for life testing of fluorescent lamps. New York: IESNA, 2001.

Kempkens, H. Measurement of electrode temperature evolution by laser light reflection. Journal of Physics D: Applied Physics. 1990, vol. 67, p. 3618.

Lighting, Research Center. nlpip Specifier report. Electronic Ballast.2000, vol. 8, no. 1, Troy, New York.

Lighting, Research Center. nlpip Specifier report. Screw base compact fluorescent lamp products.2005, vol. 7, no.1, Troy, New York.

Lister, GG. Low-pressure gas discharge modeling. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 1992, vol. 25, no. 12, p. 1649-1680.

Lister, GG; Lawler, JE; Lapatovich, WP; Godyak, VA. The physics of discharge lamps, *Reviews of Modern Physics*. 2004, vol. 76, no. 2, p. 541-598.

Loeb, LB. fundamental Process of Electrical Discharge in Gases. New York: J. Wiley & Sons, 1939.

Luijks. Glow to arc transition in gas discharge lamps. *Lighting Research and Technology*. 1988, vol. 20, p. 87-94.

Misono, KJ. The cathode fall voltage of low current fluorescent lamps. *Journal of Light and Visual Environment*. 1992, vol. 16, no. 2, p. 53-60.

NBR 5413 – Iluminância de Interiores.

Philips, Manual de Iluminação - 1986

Ondoli, JA. Luminotecnica – Argentina-1946.

Narendran, N; Yin, T; O'Rourke, C; Bierman, A; Maliyagoda, N. A lamp life predictor for frequently switched instant-start fluorescent systems. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. 2001, vol. 30, p. 189-198.

O'Rourke, C. Long-term performance of screw base compact fluorescent lamps. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. 2001, vol. 30, p. 30-39.

O'Rourke, C. How do SCFLs measure up? *Lighting Design and Application*. 2005, vol. 35, no. 10, p. 12-15.

Pressman, AI. *Switching Power Supply Design*. New York: McGraw-Hill, 1998.

PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PHILIPS, www.philips.com.br

Roche, WJ. Fluorescent lamp starting aids-How and why they work. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. 1974, vol. 27, p. 29-37.

Samir, A. Loss of Ba Atom from the Electrode of Fluorescent Lamp Operating under AC and DC Discharges. *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials*. 2007, vol. 127, no. 9, p. 543-548.

SYLVANIA. Ballast technology Applications & Specification Guide. Sylvania Quictronic. Electronic Ballast. P. 36. www.sylvania.com - Junio de 2009.

Tarricone, P. Editorial. *Lighting Design and Application*. 2010, vol. 40, no. 7, p. 4.

Thayer, RN. Determinants of fluorescent lamp life. Illuminating Engineering. 1954, vol. November, p. 527-535.

Verdeber, RR (a). Effect of a filament power removal on a fluorescent lamp system. IEEE-Industrial Application Society's Annual Meeting, Toronto. 1985, Ontario, 6 Oct.

Verdeber, RR (a) Life of fluorescent lamps operated at high frequencies with solid-state ballasts. Conference Record – IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society). 1985, p. 1724-1728.

Vorlander, FJ The effect of operating cycles on fluorescent lamp performance. Illuminating Engineering. 1950, vol. 40, no. 1, p. 21-27.

Waymouth, JF. Electric Discharge Lamps. Cambridge MA: MIT press, 1971.

Yorifuji, T. Light sources and ballast circuits. Journal of Light and Visual Environment. 2007, vol. 31, no. 3, p. 157-172.

Yufen, JF Compatibility testing of a fluorescent lamp and ballast systems. IEEE Transactions on Industry Applications. 1999, vol. 35, p. 1271-1276.

Yufen, JF (b) An investigation of the effects of operating cycles on the life of compact fluorescent lamps. Journal of the Illuminating Engineering Society. 1999, vol. 28, p.57-62.

Félix García Rosillo; Predicción del tiempo de vida de lámparas fluorescentes compactas, aplicación a usos fotovoltaicos, Tesis Doctoral.

Gabriela de Paiva Siqueira – Estudio de Comportamiento Eléctrico de Lâmpadas Fluorescentes/Mestrado/UNICAMP-10/06/11

Rodrigo Arruda Felício Ferreira – Manual de Luminotecnica/2010-UFJF

www.empalux.com.br

www.e-eficienciaenergetica.pt

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad

www.ibnorca.org/

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

www.icontec.org/

Normas Oficiales Mexicanas

www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.aspx

Energy Star

<https://www.energystar.gov/>

UNIT - Instituto Uruguayo de Normas Técnicas

www.unit.org.uy/

Asociación Española de Normalización y Certificación – AENOR
www.aenor.es/

Inmetro - Instituto Nacional de Metrología, Qualidade e Tecnologia
www.inmetro.gov.br/