

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA
LUCAS TAVARES DOS REIS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: substituição das luminárias fluorescentes por luminárias
leds na biblioteca da universidade federal – UNIFAL - MG**

Varginha
2018

LUCAS TAVARES DOS REIS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: substituição das luminárias fluorescentes por luminárias
leds na biblioteca da universidade federal – UNIFAL - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Adilson Amaro da Silva e Coorientação do Engenheiro Eletricista Charles Guimarães Lopes.

Varginha

2018

LUCAS TAVARES DOS REIS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: substituição das luminárias fluorescentes por luminárias
leds na biblioteca da universidade federal – UNIFAL - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 30/11/2018

Prof. Adilson Amaro da Silva

Prof. Me. Helciner Ferreira

Prof. Me. João Mário Mendes

OBS:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Sra. Vera e ao meu Pai Sr. Luis Carlos por terem me dado a oportunidade de finalizar o primeiro passo do meu sonho, meus filhos Vallentina e Davi Luis por me darem força nessa caminhada, minha esposa Regiane por estar sempre comigo dando carinho e atenção, Deus por me dar saúde e proteção e sabedoria, minha família, Charles Guimarães Lopes pelos ensinamentos, meus amigos pela compreensão e meu orientador Adilson Amaro da Silva por toda paciência e dedicação.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros de efficientização na biblioteca da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL – MG, localizado na cidade de Alfenas, Minas Gerais. Um tema importante devido ao problema que se encontra no Brasil com a escassez de recursos naturais causados pelo crescimento populacional e o aumento do consumo de energia, provocando também a elevação da demanda energética. O local para a realização do projeto foi escolhido devido ao seu alto consumo energético vindo do sistema de iluminação, onde hoje é considerado obsoleto, fato demonstrado pela falta de eficiência das lâmpadas e luminárias utilizadas no local. Foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica, para obtenção de informações e dados para o seguimento no projeto. Estas informações são de fundamental importância para a sequência do trabalho. Elas serão utilizadas como base para as Ações de Eficiência Energéticas (AEE) que serão sugeridas para seguimento deste projeto. Nesta etapa, a ferramenta computacional *DIALUX*, será utilizada com o intuito de simulação do sistema proposto devido ao estudo realizado em relação as Ações de Eficiência Energética (AEE) do local. Como complemento das Ações de Eficiência Energética (AEEs), será utilizado o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance que define os parâmetros principais para a aplicação das AEE juntamente com a ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1, onde ela define os principais parâmetros luminotécnicos de ambientes. Duas linhas de base de ações serão utilizadas neste trabalho, o *retrofit* que é a substituição de todas as luminárias fluorescentes existentes no local por luminárias *LEDs*, consideradas mais eficientes, e um projeto de AEE que será proposto através da Relação Custo e Benefício para o sistema de iluminação da Biblioteca da Universidade Federal de Alfenas. Espera-se que após as AEEs, seja fundamentado que o processo de Eficiência Energética (EE), mesmo que gerado um alto custo momentâneo, trará mais qualidade ao sistema em um todo na biblioteca, pois ser eficiente nada mais é do que a otimização da utilização de energia elétrica.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Relação Custo Benefício. Sistema de Iluminação. Biblioteca..

ABSTRACT

This work aims to evaluate the efficiency parameters in the library of the Federal University of Alfenas - UNIFAL - MG, located in the city of Alfenas, Minas Gerais. An important theme due to the problem in Brazil with the scarcity of natural resources caused by the population growth and the increase of the energy consumption, also causing the increase of the energy demand. The place to carry out the project was chosen due to its high energy consumption from the lighting system, where it is now considered obsolete, a fact demonstrated by the lack of efficiency of the lamps and luminaires used in the place. A large bibliographical research was done to obtain information and data for follow-up in the project. This information is of fundamental importance to the sequence of work. They will be used as a basis for the Energy Efficiency Actions (ESAs) that will be suggested to follow this project. In this stage, the computational tool DIALUX will be used with the purpose of simulation of the proposed system due to the study carried out in relation to the Energy Efficiency Actions (AEE) of the place. As a complement to the Energy Efficiency Actions (AEEs), the International Measurement and Performance Verification Protocol will be used, which defines the main parameters for the application of EEE together with NBR 8995 -1, where it defines the main parameters of lighting environments. Two baselines of actions will be used in this work, the retrofit that is the substitution of all the fluorescent luminaires existing in the place by LED luminaires, considered more efficient, and an ESA project that will be proposed through the Cost and Benefit Ratio for the system of the Library of the Federal University of Alfenas. It is expected that after the ESAs, it is reasoned that the Energy Efficiency (EE) process, even if it generates a high momentary cost, will bring more quality to the system as a whole in the library, since being efficient is nothing more than the optimization of use of electricity.

Keywords: *Energy Efficiency. Cost Benefit Ratio. Illumination System. Library*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gastos com energia com iluminação no mundo.....	13
Figura 2 – Exemplo de histórico de energia.....	19
Figura 3 – Linha do tempo do processo de atividade da M&V.....	21
Figura 4 – Tipos de economia.....	23
Figura 5 – Espectro Eletromagnético.....	32
Figura 6 - Curva de sensibilidade do olho a radiação monocromática.....	32
Figura 7 – Curva de distribuição de Intensidades Luminosas no plano universal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).....	33
Figura 8 – Iluminância/Luminância.....	35
Figura 9 – Representação da superfície aparente e ângulo considerado para cálculo da Luminância.....	36
Figura 10 – Funcionamento lâmpada fluorescente.....	37
Figura 11 – Vida útil das lâmpadas.....	41
Figura 12 – Vista superior <i>layout</i> iluminação em 2 Dimensões do Pavimento 1.....	47
Figura 13 – Vista superior <i>layout</i> iluminação em 2 Dimensões do Mezanino.....	47
Figura 14 – Visão Frente Geral em 3 Dimensões.....	48
Figura 15 – Visão Geral em 3 Dimensões.....	49
Figura 16 – Linhas isométricas Sala 1, Atual.....	52
Figura 17 – Linhas isométricas Sala 12, Atual.....	54
Figura 18 – Linhas isométricas Sala 18, Atual.....	54
Figura 19 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, Atual.....	55
Figura 20 – Linhas isométricas Sala 1, <i>Retrofit</i>	57
Figura 21 – Linhas isométricas Sala 12, <i>Retrofit</i>	58
Figura 22 – Linhas isométricas Sala 18, <i>Retrofit</i>	58
Figura 23 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, <i>Retrofit</i>	59
Figura 24 – Novo <i>Layout</i> sugerido no Térreo.....	60
Figura 25 – Novo <i>Layout</i> sugerido no Mezanino.....	61
Figura 26 – Linhas isométricas Sala 1, Projeto Novo.....	62
Figura 27 – Linhas isométricas Sala 12, Projeto Novo.....	63
Figura 28 – Linhas isométricas Sala 18, Projeto Novo.....	63
Figura 29 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, Projeto Novo.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das variáveis CED e CEE.....	25
Quadro 2 – Descrição da fórmula básica RCB.....	27
Quadro 3 – Descrição custos anualizados total.....	28
Quadro 4 – Descrição custo equipamento.....	28
Quadro 5 – Descrição custos anualizados.....	28
Quadro 6 – Descrição fator de recuperação do capital.....	29
Quadro 7 – Projeto de sistema atual.....	30
Quadro 8 – Projeto sistema proposto.....	31
Quadro 9 – Resultado esperados.....	31
Quadro 10 – Descrição elementos EE 1.....	32
Quadro 11 – Descrição elementos EE 2.....	33
Quadro 12 – Principais iluminâncias.....	34
Quadro 13 – Principais informações Lâmpadas Fluorescentes.....	50
Quadro 14 – Principais informações do Reator.....	50
Quadro 15 – Principais informações do Refletor.....	50
Quadro 16 – Principais informações da Lâmpada LED.....	51
Quadro 17 – Horas totais calendário acadêmico.....	65
Quadro 18 – Composição luminária Fluorescente.....	65
Quadro 19 – Composição luminária LED.....	66
Quadro 20 – Composição luminária LED Projeto Novo.....	66
Quadro 21 – Cálculo da Relação Custo Benefício do Projeto <i>Retrofit</i>	66
Quadro 22 – Cálculo da Relação Custo Benefício do Projeto Novo.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEE – Ação de Eficiência Energética

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

CED – Custo Evitado de Demanda

CEE – Custo de Energia Evitada

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

EE – Energia Economizada

EVO - *Efficiency Valuation Organization*

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LED – *Light Emitting Diode*

MME – Ministério de Minas e Energia

M&V – Medição e Verificação

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PEE – Programa de Eficiência Energética

PIMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performanc

PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

IEA – *International Energy Agency*

PROPEE - Procedimento do Programa de Eficiência Energética

RCB – Relação Custo Benefício

RCR – *Room Cavity Ration*

RDP – Redução de Demanda na Ponta

THS – Tarifa Horó-Sazonal

1	INTRODUÇÃO	13
2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
2.1	Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica - PROCEL	17
3	PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE - PIMVP	19
4	MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V	20
4.1	Objetivos da M&V	20
4.2	Processos da M&V	21
4.3	Verificação da Economia	22
4.3.1	Uso de Energia Evitada	23
4.3.2	Economia Normalizada	24
5	RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO - RCB	25
5.1	Cálculo da Relação Custo Benefício	25
6	AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - AEE	28
6.1	Ações de Eficiência Energética na Iluminação	28
7	LUMINOTÉCNICO	31
7.1	Luz	31
7.2	Fluxo Luminoso	32
7.2.1	Curva de Distribuição Luminosa - CDL	32
7.2.2	Iluminância	33
7.2.3	Iluminância no Plano de Referência	33
7.2.4	Uniformidade	34
7.2.5	Entorno Imediato	34
7.2.6	Luminância	35
7.3	DIALUX	36
8	LÂMPADAS FLUORESCENTES	37
8.1	Dispositivo de Acionamento da Lâmpada Fluorescente	37
8.2	Descarte Correto da Lâmpada Fluorescente	38
9	LÂMPADAS LED'S	39
9.1	Descarte Lâmpadas LED	39
10	VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS	41
11	TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA	42
11.1	Tarifa Horo-Sazonal	42
10.1.1	Horário de Ponta	42
10.1.2	Horário Fora de Ponta	43
12	METODOLOGIA	44
13	ESTUDO DE CASO	46
13.1	Levantamento de dados e características do local	46

13.2 Diagnóstico Inicial	46
13.3 Padronização dos Componentes do Projeto.....	49
14 ANÁLISE LUMINOTÉCNICA	52
14.1 Projeto do Sistema de Iluminação – Retrofit.....	55
14.2 Projeto do Sistema de Iluminação - Novo Layout.....	59
15 ANÁLISE RCB	65
16 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
17 CONCLUSÃO.....	69
18 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	70
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

Grande parte da energia elétrica do Brasil é proveniente de usinas hidrelétricas. Com o baixo nível dos reservatórios hídricos das usinas devido a escassez de chuva, o Brasil vive uma crise energética. Para compensar a escassez energética do Brasil, usinas termoelétricas são ativadas para suprir a demanda que o país necessita, porém isso gera um custo maior na tarifa para a população. (FRANCISCO,2009, apud SIMÕES et al., 2015)

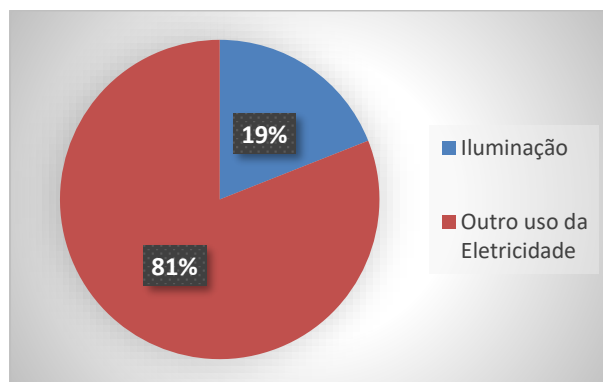
Com o objetivo de promover o uso consciente de racionamento de energia foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o PROCEL, por meio da Eletrobrás, visando combater o desperdício e tendo como principal símbolo o Selo PROCEL. De acordo com o PROCEL (2013), preservar nossos recursos naturais e para economizar a conta de energia, é preciso utilizar conscientemente a energia elétrica. (LIMA et al., SIMÕES, 2015).

Com o aumento do consumo de energia do mundo, a sociedade vem a cada dia se preocupando com as medidas de uso racional das diversas formas de energia utilizada, notadamente a energia elétrica. Atualmente, o governo brasileiro tem desenvolvido uma política moderada de conservação de energia com a finalidade de reduzir os desperdícios. (MAMEDE, 2016)

Vários fatores geram impacto no meio ambiente. Alguns desses são relacionados com a iluminação, como o consumo de energia elétrica e resíduos tóxicos devido a composição das lâmpadas. Estudos da *International Energy Agency* (IEA) apontam que a iluminação representa 19% dos gastos com energia elétrica em todo mundo. (NOBREGA, 2011 apud BERGMANN, 2012).

A Figura 1 demonstra os gastos com energia no mundo:

Figura 1 - Gastos com energia com iluminação no mundo-



Fonte: Adaptado de (NOBREGA, 2011 apud BERGMANN, 2012)

Estudos revelam que o consumo de energia com iluminação artificial é uma parte significativa para o consumo total de energia de um país (BLADH; KRANTZ, 2008 apud SIMÕES et al, 2015). Um meio para diminuir este consumo, é a substituição das lâmpadas ineficientes por lâmpadas com um melhor custo benefício.

Sabe-se que a demanda energética vem aumentando com o passar dos anos e não é acompanhada pela disponibilidade dos recursos naturais existentes. Surge assim, como alternativa primária os investimentos tanto tecnológicos como econômicos em termos referentes a eficiência energética e fontes de energias renováveis (CAPELLI, 2013).

A eficiência energética se tornou destaque a partir do momento em que os recursos necessários para geração de energia foram ficando escassos tendo como consequência a baixa oferta associada com a elevada procura por recursos, inflacionando os valores dos recursos básicos para a geração (MAMEDE, 2016).

O presente trabalho se propõe a apresentar os procedimentos referentes ao processo de efficientização energética em uma biblioteca, com foco nos setores de prestação de serviços, seguindo a diretrizes governamentais e pautadas na legislação vigente. Utilizando métodos prescritivos, simulações, objetiva-se aplicar todo conhecimento adquirido pela pesquisa fomentada pelos métodos citados acima, em um estudo de caso na biblioteca da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL – MG, com sede em Alfenas, com o objetivo de evidenciar os termos de eficiência energética no sistema de iluminação, onde hoje no local, é o responsável pelo maior consumo de energia elétrica do mesmo.

Para este trabalho, será usado a norma NBR 8995-1 Iluminação em Ambiente de trabalho, Protocolo Internacional de Medições e Verificação de Performance e a cartilha de Procedimento do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A NBR 8995-1: iluminação em ambiente de trabalho – estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviços para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). O Protocolo Internacional de Medições e Verificação de Performance possui informações no âmbito de Eficiência Energética (EE) detalhando passos e conceitos para a exatidão do projeto. Já o Procedimento do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) é um guia que determina procedimentos dirigido às distribuidoras, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL.

Portanto, utilizando o somatório das três padronizações se tem o resultado claro e objetivo, fornecendo parâmetros bases para ser adotados no projeto, onde que com eles possa se mensurar o quão o Projeto de Eficiência Energética (PEE) foi capaz de melhorar o sistema obsoleto (sistema antigo) com o projeto implantado no ambiente (sistema proposto).

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O ponto inicial para o vertiginoso crescente de pesquisas e buscas por soluções em eficiência energética mundial teve início pela crise de petróleo de 1973 e agravada pelo aumento populacional nos centros urbanos na década de 80, locais estes onde surgiram verdadeiros colossos arquitetônicos com sistemas de iluminação e de climatização artificial utilizados em larga escala (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013 apud NOGUEIRA2017).

Devido a isso, a demanda de energia elétrica se elevou, impulsionando o crescimento da geração de eletricidade, porém, impactos ambientais derivados das usinas hidrelétricas e termelétricas são marcantes devido a este aumento. Desta forma, fica evidente que, ser eficiente é mais vantajoso do que fornecer mais energia (CAPELLI, 2013).

Eficiência energética é uma filosofia de trabalho que visa otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, dimensionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para obtenção do mesmo resultado ou produtos (CAPELLI, 2013). Ela pode ser aplicada em vários segmentos dos setores de ensino, comércio e indústria, desde a geração de energia até o consumidor final. Diversos órgãos públicos vêm buscando alternativas para melhorar o uso da energia.

Quando o sistema em um todo se torna eficiente, grandes melhorias do consumidor final à concessionária são geradas. Ao mesmo tempo que a concessionária tem uma redução em sua demanda, o consumidor possui uma relevante diminuição na sua conta de energia elétrica. Como consequência, ser eficiente permite a redução da necessidade de expansão do setor energético. Com essa solução, também é reduzido os custos de produção das indústrias, tornando seus preços mais baixos no mercado interno e competitivos no externo.

Declarada a crise, os governos e as sociedades, em geral, foram se conscientizando de que era necessário conter os desperdícios de energia e implementar programas para alcançar esse objetivo. No Brasil, os Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e Comércio tomaram para si a tarefa em 1985, instituindo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja a função básica era integrar as ações de conservação de energia, na época em andamento por iniciativa de várias organizações públicas e privadas (MAMEDE 2016).

Fernando Henrique Cardoso, Presidente da República com mandato de 1º de Janeiro de 1995 a 1º de Janeiro de 2003, sancionou a Lei nº 10.295 no ano de 2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética. Concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico,

a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional. (BRASIL, 2001).

2.1 Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica - PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, é um programa de destaque do Governo Federal na conservação de Energia Elétrica, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME e executado pela Eletrobrás, que visa o uso de energia de forma eficiente por meio de programas de incentivos e promoções em ações em vários setores do país.

Foi instituído em 30 de dezembro de 1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações do PROCEL contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável. (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2018a).

Nesse contexto, o PROCEL promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia, que ajudam o país a economizar energia elétrica e que geram benefícios para toda a sociedade. (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018a)

Segundo o PROCEL, as áreas de atuação que o projeto possui são:

- a) Equipamentos: identificação, por meio do Selo PROCEL, dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, o que induz o desenvolvimento e ao aprimoramento tecnológico dos produtos disponíveis no mercado brasileiro.;
- b) Edificações: Promoções do uso eficiente de energia no setor da construção civil, em edificações residenciais, comerciais e públicas, por meio da disponibilização de recomendações especializadas e simuladores;
- c) Iluminação Pública: Apoio a prefeitura a prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública e sinalização semafórica;
- d) Poder Público: Ferramentas, treinamentos e auxílios no planejamento e implantação de projetos que visem ao menor consumo de energia em municípios e ao uso eficiente de eletricidade e água na área de saneamento;

- e) Indústria e comércio: treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia nos segmentos industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos;
- f) Conhecimento: elaboração e disseminação de informação qualificada em eficiência energética, seja por meio de ações educacionais no ensino formal ou da divulgação de dicas, livros, softwares e manuais técnicos.

O Selo PROCEL de Economia de Energia, foi criado com a finalidade de o consumidor final verificar entre os produtos eletroeletrônicos, quais deles possuíam o menor consumo de energia elétrica e o maior nível de eficiência.

Instaurado por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993, e desde então firmadas parcerias junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a agentes como associações de fabricantes, pesquisadores universitários e laboratórios, com o objetivo de estimular o avanço da tecnologia para equipamentos no mercado brasileiro (NOGUEIRA, 2017).

Com a finalidade de comparar o consumo e o desempenho dos equipamentos por categoria, cada equipamento deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobrás, verificando assim os índices e contemplando ou não com a certificação (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018b).

3 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÕES E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE – PIMVP

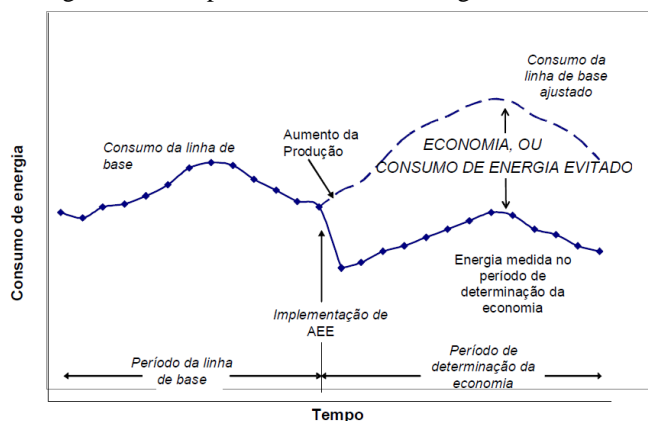
A *Efficiency Valuation Organization* (EVO) elabora o Protocolo de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), com o princípio de aumentar os investimentos na eficiência energética. O PIMVP apresenta princípios e termos comuns largamente aceitos como básicos a qualquer bom processo de Medição e Verificação (M&V), mas não define as atividades de M&V para todas aplicações. (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

O PIMVP promove investimentos eficazes através das seguintes atividades:

- a) documentar termos comuns e métodos para avaliação do desempenho energético de projetos de eficiência;
- b) fornecer métodos, com diferentes níveis de custo e exatidão, com a função de determinar a economia para todas as instalações ou para ações individuais de eficiência energética (AEE);
- c) especificar o conteúdo de um Plano de Medições e Verificação (Plano de M&V);
- d) aplicar-se a grandes variedades de instalações, incluindo edifícios novos, edifícios já existentes e processos industriais.

A economia de energia, não pode ser medida diretamente, uma vez que a mesma representa a ausência de consumo. Ela é determinada comparando o consumo anterior a implantação das Ações de Eficiência Energética (AEEs) com o consumo após a implementação do projeto. Sendo assim esta variação em relação ao tempo, lhe retorna o valor de economia. A seguir, a Figura 2 demonstra como a economia é mensurada em relação ao tempo, após as Ações de Eficiência Energética (AEEs).

Figura 2- Exemplo de histórico de energia



Fonte: (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012)

4 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V

Criado pela SPE/ANEEL em 30 de agosto de 2014, o guia de Medição e Verificação (M&V), foi desenvolvido para projetos no âmbito de eficiência energética.

Medição e Verificação (M&V) é o processo de utilização de medições, que determinam, de modo seguro, a real economia criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. A economia é determinada pela comparação do consumo medido antes e implementação de um projeto e após a implantação do sistema proposto, com ajustes adequados, tendo em conta alterações nas condições.

As atividades da M&V consistem nas seguintes ações:

- a) Instalação, calibração e manutenção dos medidores;
- b) Coleta e tratamento de dados/
- c) Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- d) Cálculos com os dados medidos;
- e) Relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatório de terceiros.

Segundo BELDA o guia de Medição e Verificação (M&V) foi dividido em 4 sistemas:

- a) Medição isolada da Ação de Eficiência Energética – Somente dos parâmetros “Chave”: Nesta tem-se a fronteira de medição na carga, medido seu consumo isoladamente das instalações. Note que esta medição está relacionada a medir um ou mais variáveis independentes, mas não todas, sendo os demais estimadas e fixas.
- b) Medição isolada da ação de Eficiência Energética – Medição de todos os parâmetros: Neste modelo todas as variáveis (dependentes e independentes) do sistema que sofre a ação de eficiência energética, são medidas e não estimadas ou fixadas.
- c) Medição de toda a instalação: A ação de Eficiência Energética é medido em conjunto com todas as cargas da instalação, por exemplo, medindo a energia da cabine primária.
- d) Simulação Calibrada: Por meio de softwares de simulação se calcula a economia dentro da Ação de Eficiência Energética.

As opções “c” e “d”, por não terem medições na fronteira devem ser utilizadas somente quando as opções “a” e “b” forem incapazes de serem realizadas.

4.1 Objetivos da M&V

A Medição e Verificação (M&V) possui atividades com a finalidade de atender as exigências do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). As principais técnicas da M&V segundo o PIMVP são utilizadas com os seguintes objetivos:

- a) Aumento da economia de energia;
- b) Documentar transações financeiras;
- c) O Aumento do financiamento para projetos de eficiência energética;
- d) Melhoria para projetos de engenharia, financiamento e manutenção da instalação;
- e) Gerir orçamentos energéticos;
- f) Aumento do valor em crédito da redução de emissão;
- g) Apoio as avaliações de programas de eficiência regionais;
- h) Apoio a avaliações de programas de eficiência energética.

4.2 Processos da M&V

Três passos Básicos fazem parte do processo de Medição e Verificação (M&V) segundo o PIMVP. A Figura 3 demonstra claramente os principais pontos que tem de ser levados no processo de Medição e Verificação (M&V).

Figura 3- Linha do tempo do processo de atividade da M&V



Fonte: (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012)

Planejar, implantar e manter, são os passos que tem que ser tomados para realizar ações de eficiência energética. Os pontos principais integrados nestes processos são:

- a) Identificar as Ações de Eficiência Energética;

- b) Projetar as Ações de Eficiência Energética;
- c) Implantar as Ações de Eficiência Energética;
- d) Coletar dados;
- e) Verificar as economias;
- f) Assegurar persistência.

4.3 Verificação de Economia

Os principais pontos que devem ser levados em consideração são a determinação da linha de base e do período de economia.

A linha de base, representa todos os modos de funcionamento da instalação. O período escolhido, deve compreender um ciclo de trabalho completo do ambiente.

Já o período de economia ele também deve ser considerado um ciclo de funcionamento normal dos equipamentos ou instalação, para se caracterizar a eficácia da economia em todos os modos de funcionamento normais. (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

De modo geral, a economia então é determinada da seguinte forma:

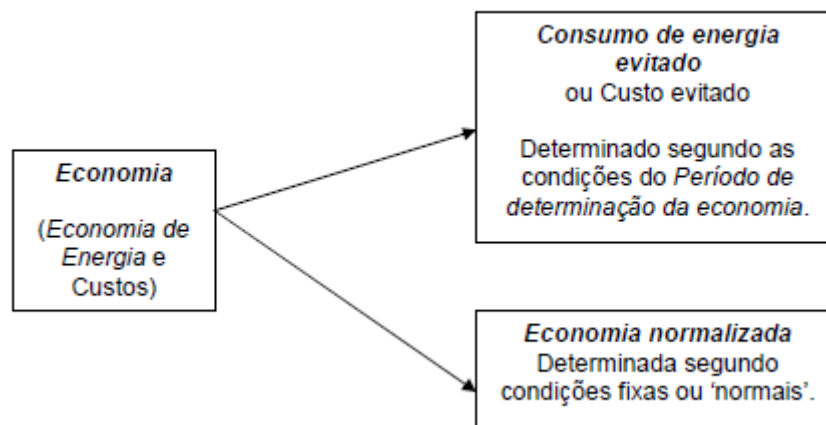
Economia = (Consumo da linha de base – Consumo no período de determinação da economia)

Observação: \pm Ajustes de rotina \pm Ajustes não de rotina;

Os termos ajustes são usados para exprimir ambos os conjuntos de dados de consumos medidos sob o mesmo conjunto de condições. Os mecanismos dos ajustes dependem da economia ser reportada na base das condições do período de determinação da economia, ou normalizada por meio do uso conjunto de condições fixas. (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

A Figura 4 mostra dois tipos de economia, a evitada e a normalizada.

Figura 4 - Tipos de economia



Fonte: (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012)

4.3.1 Uso de Energia Evitada

Quando a economia é reportada sob as condições do período de determinação da economia, também pode ser denominada consumo de energia evitado do período de determinação da economia. O consumo de energia evitado quantifica a economia no período de determinação da economia, relativamente ao consumo de energia que teria sido registrado se a(s) AEE(s). (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

Então após as AEE(s) serem implementadas, a energia que deixou de ser gasta, em um período de tempo, foi economizada para o consumidor final devido a eficientização do sistema. Para se obter este valor, o cálculo deve ser realizado da seguinte forma:

Consumo de energia evitado = (Consumo da linha da base \pm Ajustes de rotina às condições do período de determinação da economia \pm Ajustes não-de rotinas às condições do período de determinação da economia) – Consumo do período da economia)

Os Custos Evitados de Demanda (CED) e o Custo da Energia Evitada (CEE) unitários serão calculados pelo método abaixo:

$$CED = (12 \times C1) + (12 \times C2 \times LP) \quad (1)$$

$$CEE = \frac{(C3 \times LE1) + (C4 \times LE2) + (C5 \times LE3) + (C6 \times LE4)}{LE1 + LE2 + LE3 + LE4} \quad (2)$$

Onde:

Quadro 1- Descrição de variáveis CED e CEE

CED	Custo Unitário Evitado de Demanda	R\$/kW ano
12	meses	mês/ano
C_1	Custo unitário da demanda no horário de ponta	R\$/kW.mês
C_2	Custo unitário da demanda no horário fora de ponta	R\$/kW.mês
LP	Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta	1
CEE	Custo Unitário Evitado de Energia	R\$/MWh
C_3	Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos	R\$/MWh
C_4	Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos	R\$/MWh
C_5	Custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos secos	R\$/MWh
C_6	Custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos úmidos	R\$/MWh
LE_1	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta	1
LE_2	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta	1
LE_3	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta	1
LE_4	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta	1

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

4.3.2 Economia Normalizada

Economia Normalizada é o ajuste a um determinado conjunto fixo de condições que reporta o estilo de economia. Neste método, os consumos do período de determinação da economia, e possivelmente da linha de base, são ajustados das suas condições reais ao conjunto selecionado de condições comuns fixas (ou ‘normais’) (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

Economia Normalizada = (consumo da linha de base \pm Ajustes de rotina às condições fixas \pm Ajustes não de rotina às condições fixas) – (Consumo do período de determinação da economia \pm Ajustes de rotina às condições fixas \pm Ajustes não-de rotina às condições fixas)

5 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO - RCB

Relação Custo Benefício, conhecido como RCB, é um indicador que analisa as viabilidades financeiras e de retorno de um projeto. O RCB retorna um valor, onde com ele, irá verificar se é viável ou não a realização do projeto. Para análise da viabilidade, a Relação Custo Benefício (RCB) será calculada sob a ótica da sociedade e do ponto de vista do Programa de Eficiência Energética (PEE)

Segundo o PIMVP os projetos devem apresentar de forma geral, uma Relação Custo Benefício (RCB) menor ou igual a 0,8. Assim, considera-se que o benefício apurado com a valoração da energia e da demanda reduzida ao custo unitário marginal de expansão do sistema deve ser no mínimo 25% maior que o custo do projeto.

5.1 Cálculo da Relação Custo Benefício

Fórmula básica:

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (3)$$

Onde:

Quadro 2- Descrição da fórmula básica RCB

CA_T	Custo anualizado total	R\$/ano
BA_T	Benefício anualizado	R\$/ano

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

Custos Anualizados:

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (4)$$

Onde:

Quadro 3 - Descrição custos anualizados

CA_T	Custo anualizado total	R\$/ano
CA_n	Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.)	R\$/ano

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (5)$$

Onde:

Quadro 4 - Descrição custo equipamento

CE_T	Custo total em equipamentos	R\$
CE_n	Custo de cada equipamento	R\$

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u \quad (6)$$

Onde:

Quadro 5 - Descrição custos anualizados

CA_n	Custo anualizado dos equipamentos incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.)	R\$
CE_n	Custo de cada equipamento	R\$
CT	Custo total do projeto	R\$
CE_T	Custo total em equipamentos	R\$
FRC_u	Fator de recuperação do capital para u anos	1/ano
u	Vida útil dos equipamentos	ano

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

$$FRC_u = \frac{i(1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (7)$$

Onde:

Quadro 6 - Descrição fator de recuperação do capital

FRC_u	Fator de recuperação do capital para u anos	1/ano
i	taxa de desconto considerada	1/ano
u	u anos	ano

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013e)

Segundo o PIMVP, a taxa de desconto a ser considerada será a mesma especificada no Plano Nacional de Energia vigente na data de submissão do projeto, conforme PEE. A vida útil deverá ser definida com base nos dados fornecidos pelo fabricante do equipamento.

6 AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – AEEs

As Ações de Eficiência Energética (AEEs) estabelecem diretrizes para a elaboração, execução e gerenciamento de projetos em AEE, para a melhoria da instalação energética. Elas são um conjunto de atividades que aumentam a eficiência energética de uma instalação, sistema ou equipamento. (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

Uma AEE pode implicar uma ou mais: alterações físicas aos equipamentos da instalação, revisões dos procedimentos de funcionamento e de manutenção, alterações de *software*. Ela pode ser aplicada como uma alteração a um sistema ou instalação já existente ou como modificação a um projeto antes da construção de um novo sistema ou instalação. (EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION, 2012).

6.1 Ações de Eficiência Energética na Iluminação

As Ações de Eficiência Energética na Iluminação, segundo PEE englobam os seguintes fatores:

- Substituição de equipamentos – Troca de lâmpadas, reatores e luminárias;
- Instalação de dispositivos de controle: Interruptores, sensores de presença, *dimmers*.
- Aproveitamento da iluminação natural em conjunto com sua iluminação artificial.

Cálculo proposto segundo a cartilha do PEE.

Quadro 7 - Projeto sistema atual

SISTEMA ATUAL				
0	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
1	Tipo de lâmpada			
2	Potência (lâmpada + reator) (W)	pa_1		
3	Quantidade	qa_1		
4	Potência Instalada (kW)	Pa_1	$= \frac{pa_1 \times qa_1}{1.000}$	
5	Funcionamento (h/ano)	ha_1		
6	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPa_1$	$= \frac{Da_1}{Pa_1}$	
7	Energia Consumida (MWh/ano)	Ea_1	$= \frac{Pa_1 \times ha_1}{1.000}$	$Ea = \sum Ea_i$
8	Demanda média na ponta (kW)	Da_1		$Da = \sum Da_i$

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013d). *Legenda:* 0 - Agrupar as lâmpadas em Sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocadas por um determinado tipo de lâmpadas – usar Sistemas diferentes para troca diferentes; 1-Tipo de lâmpadas (fluorescentes, LED, etc) e potência nominal; 2- Incluir a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada; especificar se são reatores

eletromagnéticos ou eletrônicos; 3 - Quantidade de lâmpadas em cada Sistema considerado; 4 - Potência total instalada; 5 - Funcionamento médio anual (h/ano); 6 - Fator de coincidência na ponta; 7 - Energia Consumida (MWh/ano); 8 - Demanda média na ponta (kW)

Quadro 8 – Projeto sistema proposto

SISTEMA PROPOSTO				
10	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
11	Tipo de lâmpada			
12	Potência (lâmpadas + reatores) (W)	pp_1		
13	Quantidade	qp_1		
14	Potência Instalada (kW)	$Pp_1 = \frac{pp_1 \times qp_1}{1.000}$		
15	Funcionamento (h/ano)	hp_1		
16	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPp_1 = \frac{Dp_1}{Pp_1}$		
17	Energia Consumida (MWh/ano)	$Ep_1 = \frac{Pp_1 \times hp_1}{1.000}$		$Ep = \sum Ep_i$
18	Demanda média na ponta (kW)	Dp_1		$Dp = \sum Dp_i$

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013d). *Legenda: 10 a 18 - mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se forem instalados dispositivos de controle adicionais.*

Quadro 9 – Resultados esperados

RESULTADOS ESPERADOS				
20	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
21	Redução de Demanda na Ponta (kW)	$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$		$RDP = \sum RDP_i$
22	Redução de Demanda na Ponta (%)	$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$		$RDP\% = \frac{RDP}{Da}$
23	Energia Economizada (MWh/ano)	$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$		$EE = \sum EE_i$
24	Energia Economizada (%)	$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_1}$		$EE\% = \frac{EE}{Ea}$

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013d). *Legenda: 21 – Redução de demanda na ponta (RDP); 22 – RDP em termos percentuais; 23 – Energia Economizada (EE); 24 – EE em termos percentuais*

Fórmulas complementares:

$$EE = \left[\sum_{Sistema\ i} (qai \times pai \times hai) - \sum_{Sistema\ i} (qpi \times ppi \times hpi) \right] \times 10^{-6} \quad (8)$$

Onde:

Quadro 10 - Descrição elementos EE - 1

<i>EE</i>	energia economizada	MWh/ano
<i>qai</i>	número de lâmpadas no Sistema <i>i</i> atual	unidade
<i>pai</i>	potência da lâmpada e reator no Sistema <i>i</i> atual	W
<i>hai</i>	tempo de funcionamento do Sistema <i>i</i> atual	h/ano
<i>qpi</i>	número de lâmpadas no Sistema <i>i</i> proposto	unidade
<i>ppi</i>	potência da lâmpada e reator no Sistema <i>i</i> proposto	W
<i>hpi*</i>	tempo de funcionamento do Sistema <i>i</i> proposto	h/ano

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013d).

**hpi* só é diferente na *hai* quando houver instalação de algum dispositivo de controle ou mudança de hábito que o permita, como um sensor de presença.

$$EE = \left[\sum_{\text{Sistema } i} (qai \times pai \times FCpai) - \sum_{\text{Sistema } i} (qpi \times ppi \times FCppi) \right] \times 10^{-3} \quad (9)$$

Onde:

Quadro 11- Descrição elementos EE - 2

<i>RDP</i>	redução de demanda na ponta	kW
<i>FCPai</i>	fator de coincidência na ponta no Sistema <i>i</i> atual	unidade
<i>FCPpi*</i>	fator de coincidência na ponta no Sistema <i>i</i> atual	unidade

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013d).

**FCPpi* só é diferente de *FCPai* quando houver instalação de algum dispositivo de controle que o permita.

7 LUMINOTÉCNICO

O luminotécnico é o estudo da iluminação artificial, tanto em ambientes interno como externo. Agregando este estudo com Ações de Eficiência Energética, torna-se o projeto mais harmônico no aspecto de engenharia, pois o mesmo, atenderá todos os requisitos necessários para um projeto definido como eficiente.

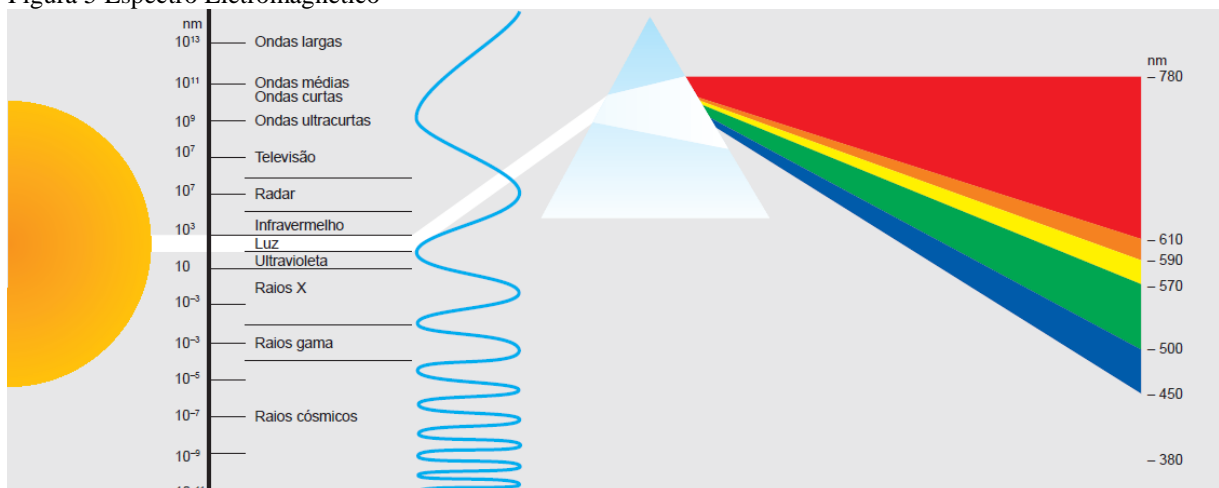
7.1 Luz

É o aspecto da energia radiante que o observador humano constata pela sensação visual, determinado pelo estímulo da retina ocular (CREDER, 2015).

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz, é portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual conforme a Figura 5. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que a radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz, enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário, conforme a Figura 6 (OSRAM, 2010).

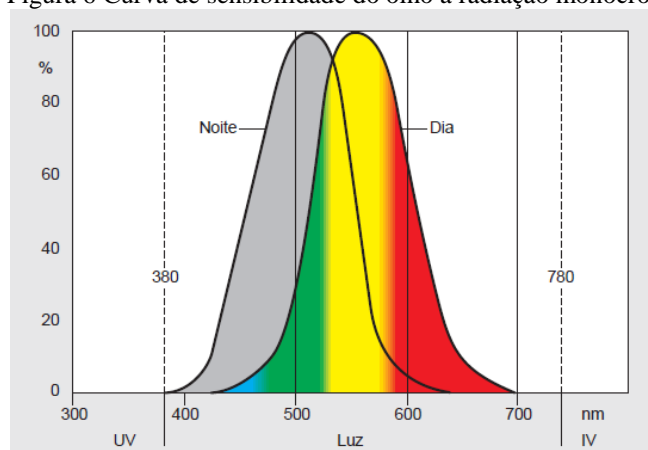
A faixa das radiações eletromagnéticas capazes de serem percebidas pelo olho humano se situa entre os comprimentos de onde 3800 a 7600 angstrom, cujo símbolo é \hat{A} , é o comprimento de onda unitário e igual a dez milionésimos do milímetro (CREDER, 2015).

Figura 5 Espectro Eletromagnético



Fonte: (OSRAM, 2010).

Figura 6 Curva de sensibilidade do olho a radiação monocromática



Fonte: (OSRAM, 2010)

7.2 Fluxo Luminoso

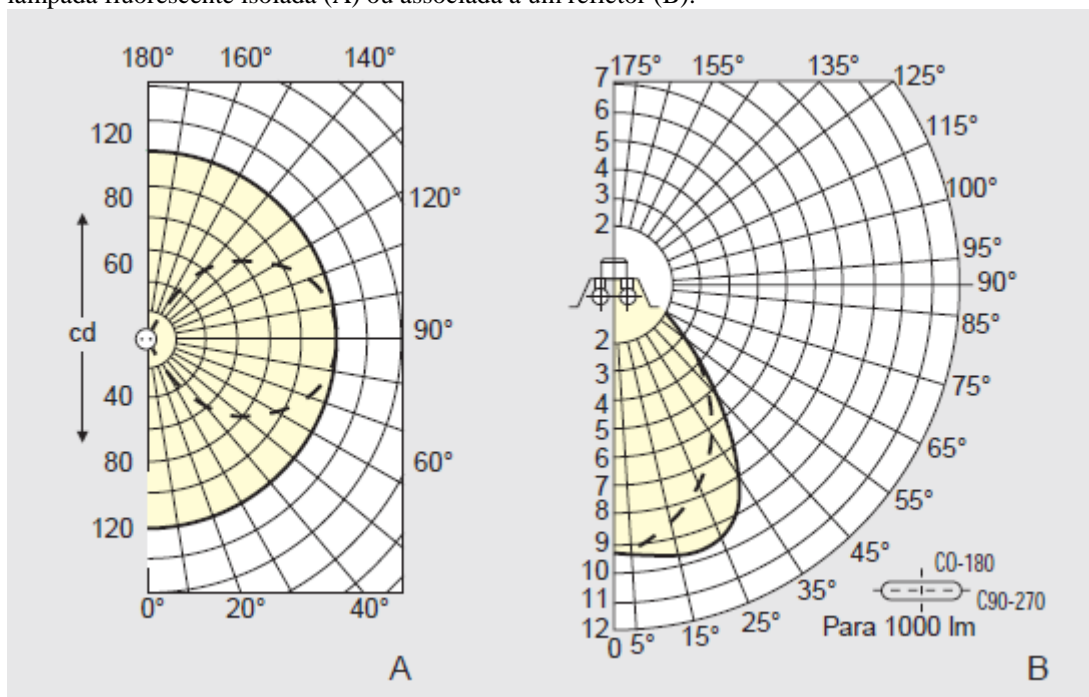
Fluxo Luminoso é a radiação total das fontes luminosa, entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780) conforme a Figura 6. O Fluxo Luminoso é a quantidade de luz medida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento (OSRAM, 2010).

7.2.1 Curva de Distribuição Luminosa – CDL

Curva de Distribuição Luminosa é a representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano, conforme a Figura 7. Para a uniformização dos

valores das curvas, geralmente essas são referidas a 1000 Lúmens (lm). Nesse caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na Curva de Distribuição Luminosa (CDL) pelo Fluxo Luminoso da lâmpada em questão e dividir o resultado por 1000 lm (OSRAM, 2010).

Figura 7- Curva de distribuição de Intensidades Luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).



Fonte: (OSRAM, 2010).

7.2.2 Iluminância

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície a qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica, denominada de Iluminamento ou Iluminância. Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância desta fonte. A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície a qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica, denominada de Iluminamento ou luminância. Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância desta fonte (OSRAM, 2010).

7.2.3 Iluminância no Plano de Referência

A iluminância para cada tarefa não podem estar abaixo dos dados estabelecidos da NBR 8995-1 independente da idade e condições da instalação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS, 2013). O Quadro 12 demonstra a seguir os principais valores de iluminância utilizados neste trabalho.

Quadro 12 – Principais iluminâncias

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Lux
Sala de circulação e corredores	100
Estantes	200
Área de leitura	500
Bibliotecários	500
Salas comuns de estudante e salas de reunião	200

Fonte: (Adaptado ABNT ISSO/CIE 8995-1, 2013)

Mudanças drásticas no entorno da área de trabalho, pode gerar um esforço visual estressante e desconfortável a pessoa. Devido a isso, a iluminância no entorno imediato deve ser mantida conforme a tabela 1 a seguir:

Tabela 1- Variação de iluminância da área de trabalho

Iluminância da tarefa	Iluminância do entorno imediato
Lux	Lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

7.2.4 Uniformidade

A uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio. A iluminância deve-se alterar gradualmente. Na área de tarefa, a uniformidade não pode ser menor que 0,7 juntamente com o entorno imediato de menor que 0,5.

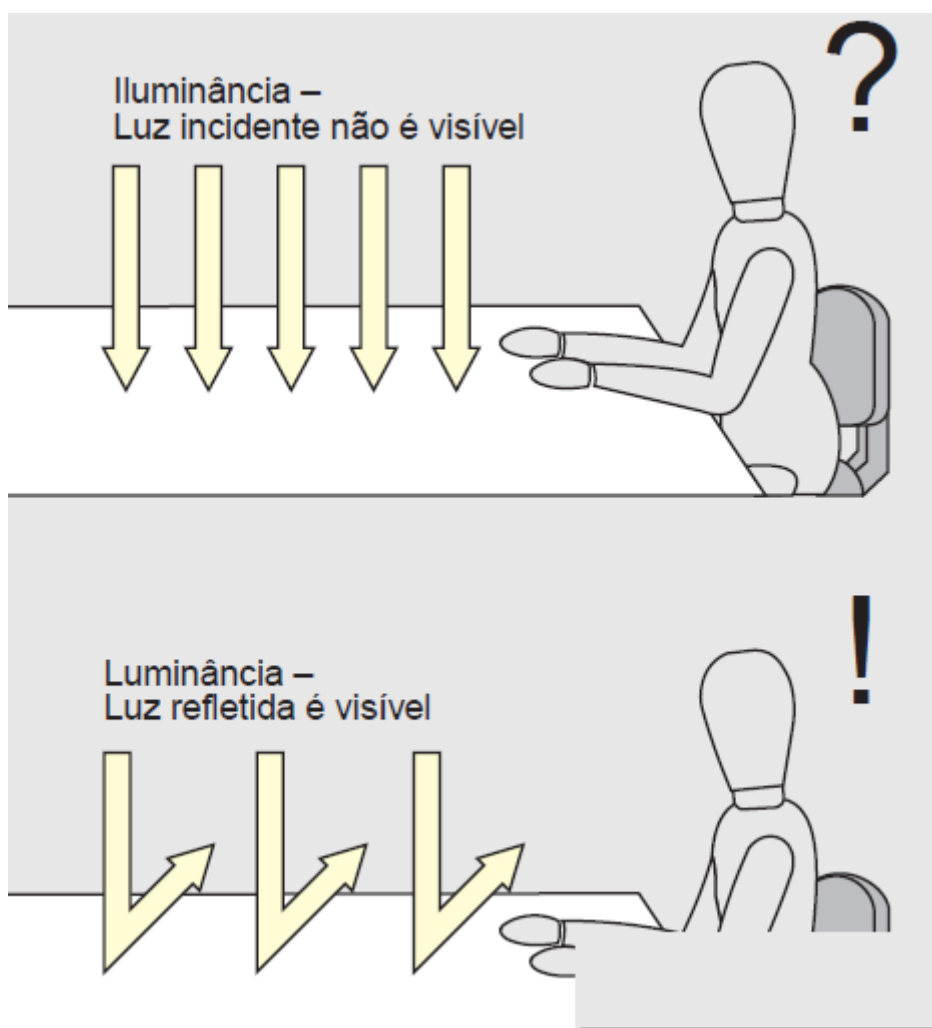
7.2.5 Entorno Imediato

O entorno imediato é definido como a área ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão. Recomenda-se que esta imediação seja de pelo menos 0,5 m de largura, e pode ser considerada como uma faixa ao redor da área de tarefa.

7.2.6 Luminância

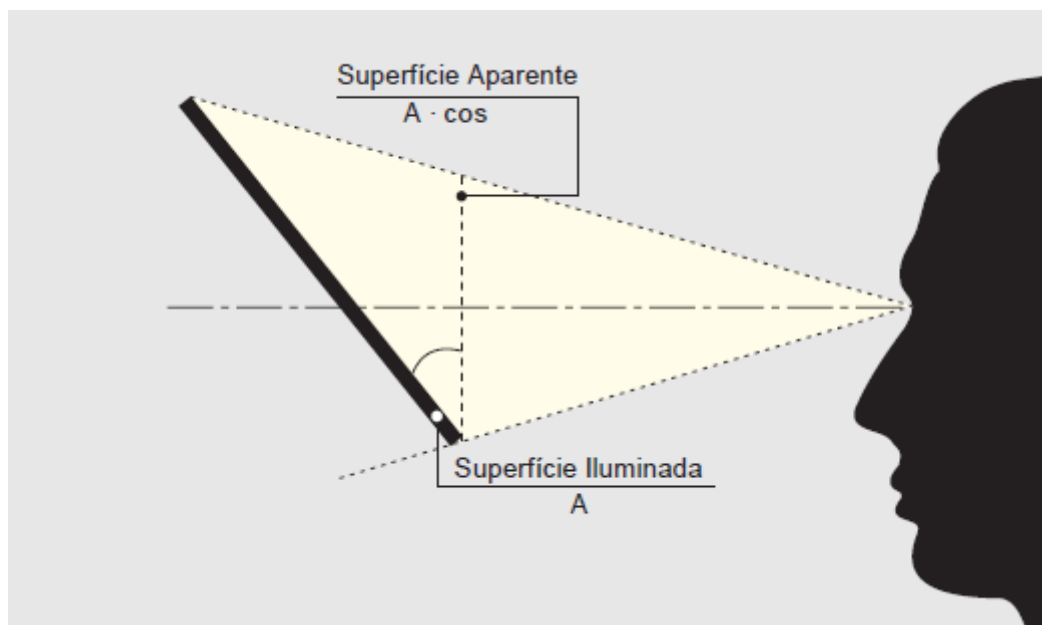
Das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de Luminância, conforme a Figura 8. Em outras palavras, é a Intensidade Luminosa que emana de uma superfície, pela sua superfície aparente, conforme a Figura 9. (OSRAM, 2010).

Figura 8- Iluminância/Luminância



Fonte: OSRAM, 2010

Figura 9 - Representação da superfície aparente e ângulo considerado para cálculo da Luminância.



Fonte: OSRAM, 2010

7.3 *DIALUX*

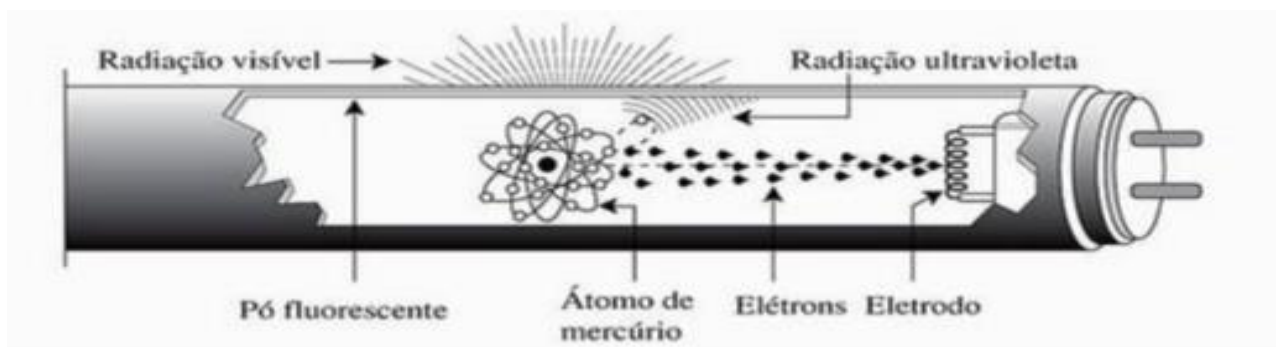
DIALUX é um programa computacional que simula tanto em ambientes externos quanto internos projetos de luminotécnica. O Programa é gratuito, onde é encontrado para download na plataforma online do DIALUX.

8 LAMPADAS FLUORESCENTES

Criada por Nikola Tesla, a lâmpada fluorescente foi introduzida no mercado nos anos de 1938.

É uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão. Elas utilizam descargas elétricas através de um gás para produzir energia luminosa. Elas são constituídas por um bulbo cilíndrico de vidro, possuindo em suas extremidades eletrodos metálicos em tungstênio. O seu interior contém vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão, com as paredes dos tubos pintadas com materiais fluorescentes. O fósforo atua como um conversor de radiação, ou seja, absorve um comprimento de onda específico de radiação ultravioleta, produzida por uma descarga de vapor de mercúrio a baixa pressão, para emitir luz visível. A Figura 10 demonstra o princípio de funcionamento de uma lâmpada fluorescente.

Figura 10 - Funcionamento lâmpada fluorescente



Fonte: (COTRIM,2008)

Grande parte das lâmpadas fluorescentes são alimentadas com corrente alternada na frequência de rede (50HZ ou 60HZ). Para o funcionamento da lâmpada, utiliza-se o reator, dispositivo que realiza a ignição da lâmpada como também limitar o valor da corrente de operação.

Segundo CAPELLI (2013), os reatores para lâmpadas fluorescentes que realizam preaquecimento dos filamentos são simples indutores, operam em conjunto com um dispositivo de chaveamento que pode ser mecânico (chave liga/desliga) ou térmico (starter).

8.1 Dispositivos de acionamentos da lâmpada fluorescente

Para a partida das lâmpadas fluorescentes são necessários dois equipamentos auxiliares: o starter e o reator.

Segundo MARCHIORI o starter é um dispositivo constituído de um pequeno tubo de vidro dentro do qual são colocados dois eletrodos imersos em gás inerte, responsável pela formação inicial do arco que permitirá estabelecer um contato direto entre os referidos eletrodos e destina-se a provocar um pulso de tensão a fim de deflagrar a ignição da lâmpada.

O reator é um limitador de corrente utilizado em lâmpadas fluorescentes ou em dispositivos que necessitam a limitação da corrente elétrica. Existem dois tipos de reatores, o eletromagnético e o eletrônico.

O reator eletromagnético é constituído por uma bobina com núcleo de ferro, ligada em série com a alimentação da lâmpada, qual tem por finalidade provocar um aumento da tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente durante o funcionamento da lâmpada. Já o reator eletrônico, possui as mesmas funções do reator eletromagnético, consiste basicamente de um circuito de retificação e um inversor oscilante, de 16 a 50 kHz (MARCHIORI,2008).

8.2 Descarte correto da lâmpada fluorescente

Devido a lâmpada fluorescente conter metais pesados, o mercúrio, seu descarte deve ser feito de modo especial. Empresas de reciclagens especializadas neste ramo, são responsáveis pela reciclagem da lâmpada, devendo somente o consumidor realizar o descarte em locais corretos.

Quando descartado em locais especializados, o mercúrio é retirado de forma correta da lâmpada fluorescente, assim eliminando a possibilidade de intoxicação ou contaminação em áreas ambientais. Porém, este descarte gera um custo ao consumidos, pois este processo necessita de locais especializados para este tipo de função.

Quando descartado de maneira incorreta, o mercúrio se volatiliza e passa para a atmosfera, causando prováveis chuvas contaminadas além de contaminar o ambiente que a lâmpada se encontra.

9 LAMPADAS LED'S

O LED (*Light Emitting Diode*) foi desenvolvido em 1963, em caráter experimental na cor vermelha possuindo baixa luminosidade. Em 1975, foi descoberta o LED na cor verde e em 1995 a cor branca.

No início dos anos 1990, houve a principal revolução do LED e a possibilidade de aplicá-lo no setor automotivo, por exemplo. Após obter-se LED's com comprimento de ondas menores, nas cores azul, verde e ciano, tecnologia esta que propiciou a obtenção do LED branco, e conseqüentemente, todos os espectros de cores (LPR LEDs, 2011 apud SIMÕES et al, 2015).

Por definição, o diodo LED é um componente eletrônico semicondutor, com a mesma tecnologia utilizada nos chips de computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Ele não utiliza filamentos metálicos, radiação ultravioleta, nem descarga de gases. É um componente bipolar, tem um terminal chamado cátodo e outro chamado ânodo, que, quando polarizado, permitem a passagem de corrente elétrica, gerando luz (LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO, 2012 apud SIMÕES et al, 2015).

Com o avanço da tecnologia, então foi criada a lâmpada LED, considerada hoje um produto de qualidade e de longa duração.

Além de ter uma vida útil maior e um menor consumo de energia pode-se dizer também que as lâmpadas de LED proporcionam maior segurança, já que por operarem em baixa tensão os riscos de acidentes diminuem. Também não emitem radiação ultravioleta, evitando a atração de insetos à luminária e sua degradação, não possui substâncias perigosas, possui uma resistência maior a impactos e vibrações, e por sua iluminação ser direcionada ela contribui para diminuição da poluição luminosa, e ainda pode ser considerado um estímulo à pesquisa e inovação (LIMA, 2015).

O LED, devido aos seus benefícios em relação ao consumo energético, vem ganhando destaque no mercado. Quando se popularizou, o preço de revenda era alto comparado ao das lâmpadas fluorescentes. Porém, quando colocados no papel a economia versus tempo de uma lâmpada LED, fica bem explícito o alto rendimento e custo benefício de uma lâmpada LED.

9.1 Descarte das lâmpadas LED

As lâmpadas LEDs são uma fonte de iluminação artificial limpa, pois ao contrário das lâmpadas fluorescentes compostas por mercúrio, um metal tóxico e nocivo ao meio ambiente,

não possuem metais pesados em sua composição, logo não precisam de nenhum tipo de tratamento especial antes da reciclagem. Devido a isso, o seu descarte pode ser feito juntamente com vidros comuns, pois a lâmpada LED é considerada uma lâmpada reciclável.

Devido a este fator, tecnicamente é um gasto a menos em relação a manutenção de um circuito de iluminação. Segundo a Lei nº 12305/2010 conhecida como a “ lei do lixo “, cada cidade é responsável pelo recolhimento e tratamento do lixo, inclusive as penalidades estabelecidas por ela.

Mesmo sendo um item de fácil reciclagem, alguns cuidados ainda devem ser tomados devido aos circuitos eletrônicos existentes nela. Desta forma, o descarte deve ser feito em locais adequados, onde se permita tal ação.

10 VIDA ÚTIL DAS LÂMPAS

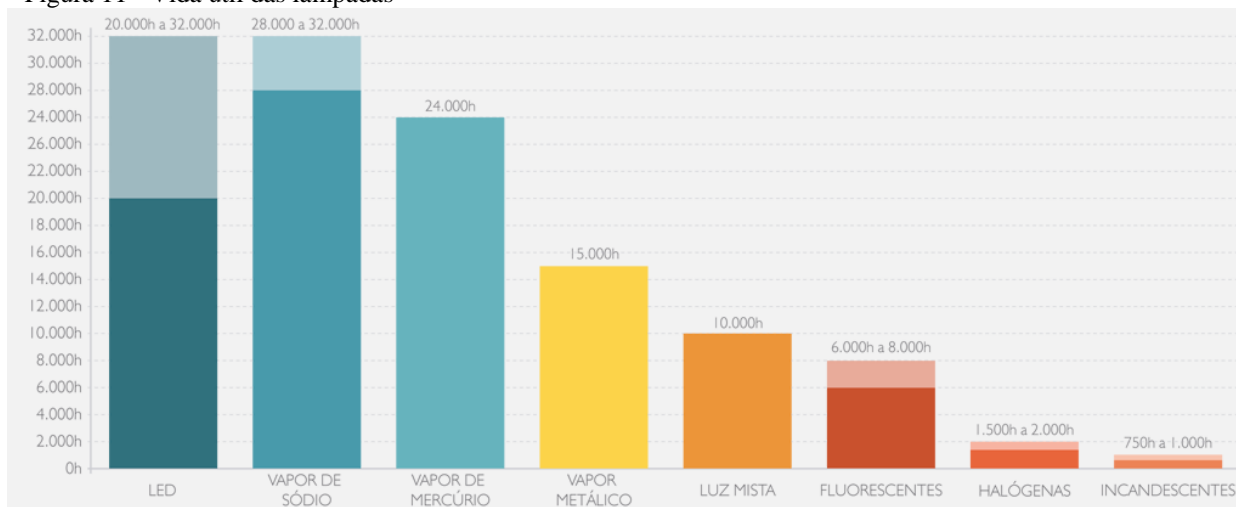
A durabilidade das lâmpadas é medida em horas conforme os seguintes elementos:

- A vida útil da lâmpada, que corresponde o tempo em horas, de seu fluxo luminoso a 70% do inicial;
- Vida mediana, corresponde a 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permaneçam acesas;
- Vida ensaiada, corresponde a média aritmética do tempo de duração das lâmpadas ensaiadas.

Os fabricantes normalmente especificam a vida mediana das lâmpadas por sempre se tratar do maior valor. Mas para os LEDs é muito importante que seja utilizado o valor da vida útil, já que a depreciação de 30% do fluxo ocorre muito antes da lâmpada queimar, necessitando a troca da lâmpada no final da sua vida útil (BERGMANN, 2012).

Este dado é importante devido ao custo benefício da lâmpada. A vida útil da lâmpada é considerada até 70% do fluxo luminoso que a lâmpada pode gerar. A seguir, a Figura 11 demonstra a vida útil média das diferentes lâmpadas do ofertadas no mercado.

Figura 11 - Vida útil das lâmpadas



Fonte: (EMPALUX, 2018).

Percebe-se que, dentro das lâmpadas usadas em residências e indústrias, que a lâmpada LED possui o maior tempo de durabilidade. Em termos de economia, a vida útil das lâmpadas é um ponto essencial no fator custo benefício.

11 TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

O preço da energia elétrica difere nas diversas regiões do País. Dependendo da localidade, tanto as tarifas como a metodologia de cálculo podem variar um pouco (CAPELLI, 2013).

Segundo a ANEEL (2016), para o uso desse bem é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade e que crie incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado.

A Resolução 456 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) divide as tarifas em convencional e horo-sazonal. A Universidade se enquadra na tarifa horo-sazonal, devido a sua alta demanda de energia.

11.1 Tarifa Horo-sazonal (THS)

Uma das principais iniciativas para o gerenciamento pelo lado da demanda no Brasil é a implantação de tarifas horo-sazonais (THS), desde a década de 80, para as unidades consumidoras conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (CEMIG, 2018).

Essa tarifa destina-se a grandes consumidores e tem por finalidade reduzir a conta de energia por meio de duas técnicas: possibilidade de deslocamento de cargas para horários de menor carregamento e consumo para períodos do ano de maior disponibilidade; os preços diferenciados permitem o consumidor gerenciar despesas. (CAPELLI 2013).

A experiência conduzida conseguiu uma redução de cerca de 12,5% no carregamento do sistema elétrico no Brasil, aumentando a sua confiabilidade, melhorando a conformidade dos níveis de tensão e postergando os investimentos de expansão inicialmente identificados como necessário (CEMIG, 2018).

São destinados a estes consumidores, dois períodos de cobrança, o Horário de ponta e o Horário fora de Ponta.

11.1.1 Horário de Ponta

Uma das principais iniciativas para o gerenciamento pelo lado da demanda no Brasil é a implantação de tarifas horo-sazonais (THS), desde a década de 80, para as unidades consumidoras conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (CEMIG, 2018).

Esse horário é composto por um período de três horas consecutivas com valores diferenciados de tarifa, devido ao pico de consumo de energia elétrica.

Este pico de energia é devido a fatores de iluminação pública e residencial (período noturno), empresas que funcionam 24 horas, maior fluxo populacional em suas residências, sobrecarregando a rede elétrica.

11.1.2 Horário Fora de Ponta

Esse horário é composto por um período de 21 horas diárias complementares ao horário de ponta. Neste período é cobrado um valor menor de tarifa em relação ao Horário de ponta, devido as linhas da concessionária não estarem sobrecarregadas.

12 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho dá-se através de um estudo de caso de eficiência energética, aplicado diretamente no sistema de iluminação da biblioteca, devido sua alta relevância ao local.

Nesta etapa, realizou-se uma árdua pesquisa bibliográfica, levantando os pontos fundamentais para o seguimento do trabalho, tendo como referência, livros, artigos, Normas Brasileiras aprovadas pela Associação Brasileira de Norma Técnica, Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVIP). Com essas referências é possível o seguimento do projeto no âmbito de Eficiência Energética (EE).

Uma linha de base foi criada de modo que ela represente o funcionamento da instalação. Ela contém todo ciclo de trabalho do ambiente da biblioteca, juntamente com todos componentes das luminárias fluorescentes, das lâmpadas aos refletores, onde que com essas informações haja parâmetros para comparativos das Ações de Eficiência Energética propostas. Um projeto luminotécnico do estado atual do sistema de iluminação da biblioteca foi elaborado no *software DIALux*, para o levantamento de informações quanto a eficiência do mesmo.

Para o cálculo da RCB, será levado em consideração o regime de funcionamento, bem como a tarifação Horo-Sazonal da universidade, o levantamento de custo da alteração do projeto proposto, tendo como referência o SINAPI e orçamentos locais atendendo o decreto número 7983 de 8 de abril de 2013 Capítulo II - Artigo 3º - onde ele estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos da União, e dá outras providências. Com base nestes dados, estudos serão realizados para a obtenção da melhor Ação de Eficiência Energética com melhor custo benefício na condição de troca das luminárias fluorescentes para luminárias de LED.

Para verificação da real economia, realizou-se uma linha de medição seguindo o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). Será proposto, um processo adequado da M&V onde atenda todas as exigências do PIMVP.

Como ferramenta para um estudo econômico, será realizado plataforma virtual *DIALux* afim de melhorar a eficiência energética juntamente com o luminotécnico do local. Para esse processo será seguido a norma NBR 8995-1 onde nela contém as instruções mínimas de iluminação de interiores de ambientes. Este projeto será usado como ferramenta para estudos econômicos que irão demonstrar as viabilidades técnicas do processo de efficientização energética da biblioteca.

Duas Linhas de pesquisaS foram realizadas seguindo o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, a do *retrofit* das luminárias da biblioteca, e outro estudo sugerindo um novo projeto do sistema de iluminação. O *DIALux* será utilizado para a simulação do ambiente interno para demonstrar a eficiência das propostas, mantendo os parâmetros que a NBR 8995 – 1 destina a ambientes educacionais. Todo projeto deve respeitar os valores mínimos indicados pelo Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) juntamente com a cartilha da ANEEL referente a projetos de Eficiência Energética.

13 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu na Biblioteca do Campus da Universidade Federal de Alfenas –UNIFAL-MG, situado na cidade de Alfenas, sul de Minas Gerais. A metodologia citada acima será descrita neste capítulo, enunciando os parâmetros e dados encontrados.

13.1 Levantamento de dados e características do local

A Universidade Federal de Alfenas foi fundada em 3 de abril de 1914 como Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas (EFOA), por um grupo de idealistas liderados por João Leão de Faria, primeiramente implementando o curso de Farmácia, e no ano subsequente o curso de Odontologia.

Em agosto de 2005, pela lei 11.154, a EFOA se transformou na Universidade Federal de Alfenas UNIFAL-MG. Possuindo quatro campus, sendo dois situados nas cidades de Alfenas, um em Varginha e outro Poços de Caldas, possui 29 cursos de graduação.

A Biblioteca analisada, situa-se no campus de Alfenas, localizada na Rua Gabriel Monteiro da Silva, nº 700, centro. Possuindo uma área construída de 2.661 m², com um pé direito total de 5,80 m, possui em seu acervo mais de 96 mil livros, atendendo em média 4.000 usuários cadastrados, entre alunos da graduação e pós-graduação, professores e técnicos administrativos. Seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira de 07h às 22h, nos sábados de 07 às 13h.

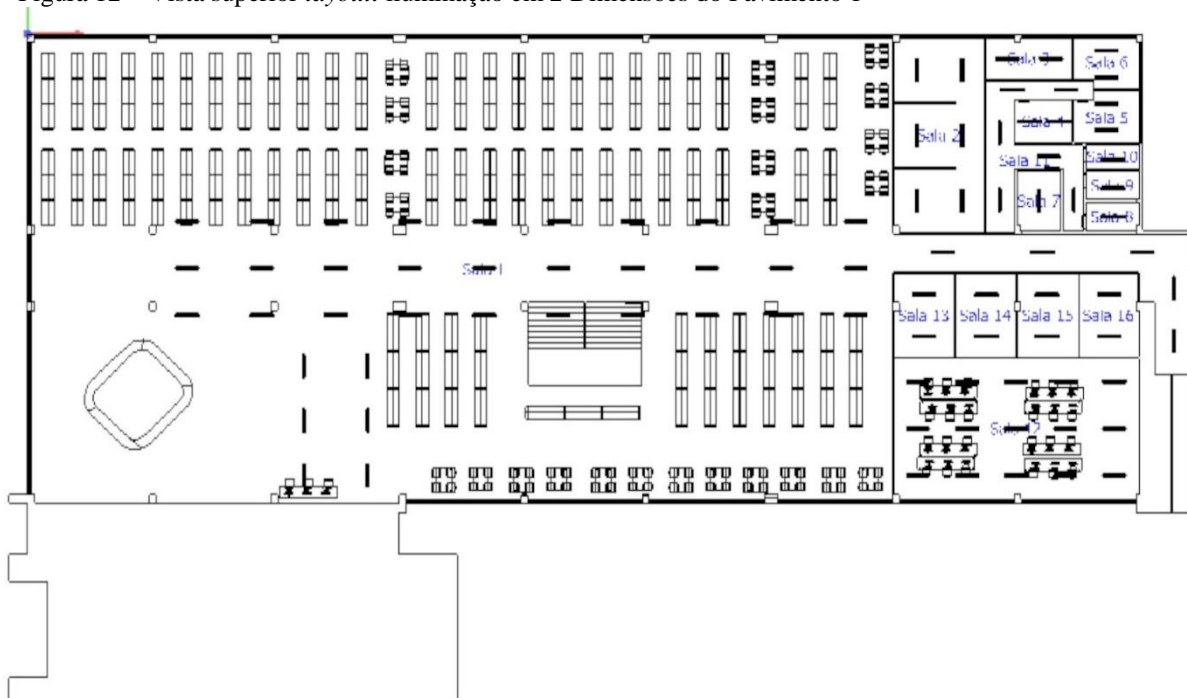
A Biblioteca possui 288 luminárias, onde cada uma possui duas lâmpadas fluorescentes de potência de 36W juntamente com um reator para seu acionamento.

13.2 Diagnóstico Inicial

De acordo com a metodologia, foi elaborado o projeto linha de base, seguindo os conceitos luminotécnicos da NBR 8995-1 no *DIALux*, juntamente com o projeto de *retrofit* e a nova proposta para o sistema de iluminação. O levantamento do quantitativo das Luminárias, juntamente com seu posicionamento foi verificado *in-loco* devido a falta do projeto elétrico da Biblioteca.

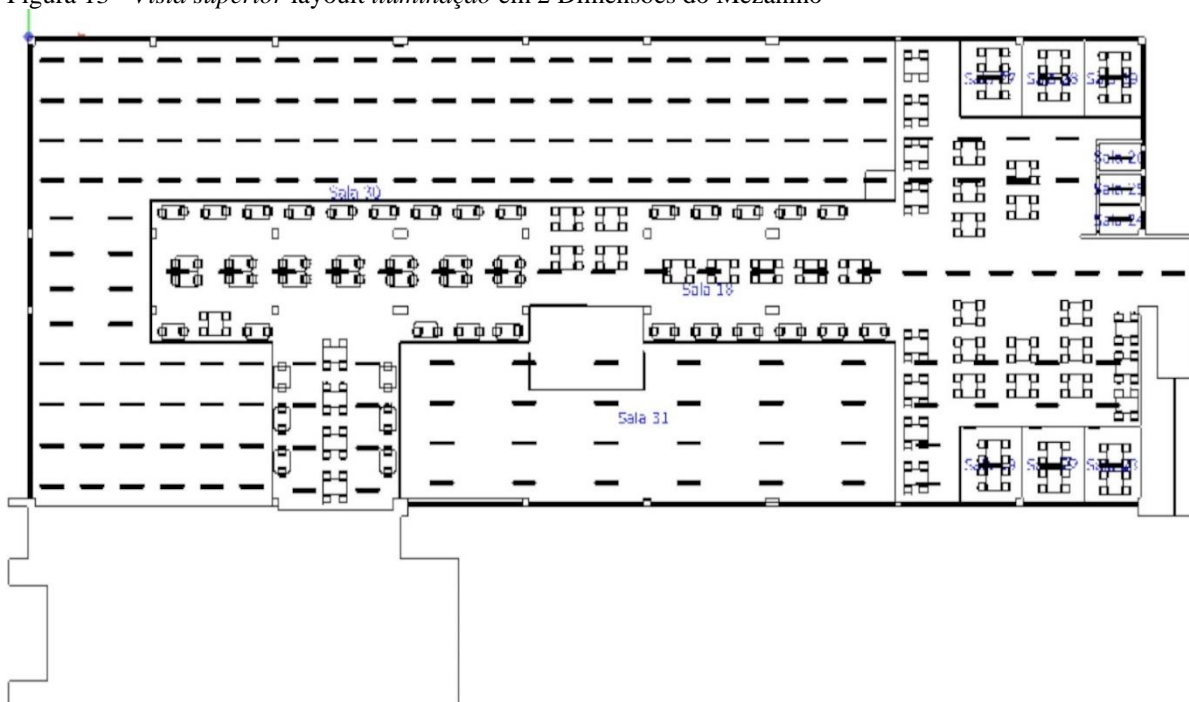
Com um total de 288 Luminárias, o *layout* do sistema de iluminação da biblioteca foi verificado conforme a Figura 12 e 13.

Figura 12 – Vista superior *layout* iluminação em 2 Dimensões do Pavimento 1



Fonte: O Autor

Figura 13 - Vista superior *layout* iluminação em 2 Dimensões do Mezanino



Fonte: O Autor

A altura das luminárias foi determinada *in loco*, e verificou-se que, no primeiro pavimento, as mesmas possuíam uma altura de instalação de 2,70 cm de altura em relação ao

piso inferior. As luminárias que se localizam no pavimento do mezanino, estão a 5,70 cm de altura em relação ao piso inferior.

As figuras 17 e 18 demonstram a visão geral da biblioteca contendo todos os pavimentos retirada do projeto criado no *DIALux*.

Figura 14 – Visão Frente Geral em 3 Dimensões



Fonte: O Autor.

Estas representações de projetos, determinam o projeto base, onde dele, será feito os comparativos dentre as AEEs.

Figura 15 – Visão Geral em 3 Dimensões



Fonte: O Autor.

13.3 Padronização dos Componentes do Projeto

Devido os fabricantes das lâmpadas e dos reatores instalados na biblioteca serem mesclados, para este projeto, a padronização dos componentes da luminária se faz necessário para o seguimento do mesmo. Desta forma, será utilizado os modelos com maior quantitativo instalado no campus da universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Todos os itens possuem selo PROCEL com a maior escala de avaliação em relação a Eficiência Energética.

Para a configuração atual usada como projeto base da biblioteca usou-se os seguintes componentes:

Quadro 13 – Principais informações Lâmpada Fluorescente

Lâmpada Fluorescente	
Marca	Philips Lighting
Modelo	TL-D 36W/54-765 1SL/25
Base	G 13
Fluxo Luminoso	2500 lm
Vida útil	13000 h
Manutenção Lúmica 10000 h	75%
Manutenção Lúmica 2000 h	90%
Manutenção Lúmica 5000 h	80%
Temperatura de Cor	6200 K
Índice de Restituição Cromática	72%
Potência	36 W
Consumo de energia kWh/1000h	43 kWh
Comprimento	120 cm

Fonte: Adaptado de (PHILIPS LIGHTING, 2018a).

Quadro 14 – Principais informações do Reator

Reator	
T6Marca	Philips Lighting
Modelo	HF-Performer III para lâmpadas T8
Vida nominal de serviço	100.000 h

Fonte: Adaptado de (PHILIPS LIGHTING, 2018b).

Quadro 15 – Principais informações da luminária

Luminária	
Marca	Abalux
Modelo	A 60
Rendimento	86%
Comprimento	123 cm
Ip	20

Fonte: Adaptado (ABALUX, 2018).

A estrutura para a instalação das luminárias será através de perfilados já existentes na biblioteca. Então fica-se definido que para todo *layout* elaborado neste trabalho, será utilizado perfilado galvanizado a fogo de 38 x 38 mm com estrutura aparente.

Para o projeto denominado *retrofit*, mudou apenas as lâmpadas composta na luminária, conforme a seguir na Tabela 15 abaixo:

Quadro 16 – Principais informações da Lâmpada LED

Lâmpada LED	
Marca	Philips Lighting
Modelo	Master LEDTube 1200 mm 18W 840 T8 I W
Base	G 13
Fluxo Luminoso	2100 lm
Vida Útil	25000 h
Temperatura de Cor	6200 K
Índice de Restituição Cromática	82
Potência	18 W
Consumo de energia kWh/1000h	19,5 kWh
Comprimento	120 cm

Fonte: Adaptado de (PHILIPS LIGHTING, 2018c)

Para o novo projeto, será denominado a luminária *LED* da *Philips Lighting* TMS022 2xTL-D18W HFS + GMS022 R com um fluxo Luminoso no total de 2400 lm, com a potência de cada lâmpada *LED* de 18W, equivalente ao detalhamento feito no Quadro 16.

14 ANÁLISE LUMINOTÉCNICA

O projeto linha de base criado para o estudo das Ações de Eficiência Energética, foi retratado seguindo as instalações atuais do sistema de iluminação da biblioteca. Para o prosseguimento do trabalho, foi realizado um estudo luminotécnico seguindo a NBR-8995, para a melhor retratação de um ambiente de estudo.

Para este trabalho, foi-se considerado que as instalações do sistema de iluminação estão com a sua vida útil em 100% do seu fluxo luminoso e com nenhuma falha em seu sistema. Todos os ambientes foram delimitados com um entorno imediato de 0,5 metros conforme determina a NBR-8995.

Como citado anteriormente, as Figuras 15 e 16 retratam o *layout* atual do sistema de iluminação da biblioteca. Com 288 luminárias e 586 lâmpadas fluorescentes, A seguir, o Tabela 2 representa a média de iluminância incidente em cada ambiente da biblioteca, como o coeficiente de uniformidade do mesmo.

Tabela 2 – Dados Médios Sistema Iluminação Atual		
Ambiente	Luminosidade	Coeficiente de Uniformidade
Sala 1	451 Lux	0,31
Sala 10	846 Lux	0,82
Sala 11	682 Lux	0,61
Sala 12	676 Lux	0,74
Sala 13	664 Lux	0,84
Sala 14	674 Lux	0,9
Sala 15	669 Lux	0,88
Sala 16	679 Lux	0,91
Sala 2	636 Lux	0,65
Sala 3	660 Lux	0,71
Sala 4	968 Lux	0,8
Sala 5	830 Lux	0,71
Sala 6	635 Lux	0,71
Sala 7	761 Lux	0,79
Sala 8	826 Lux	0,79
Sala 9	910 Lux	0,77
Sala 18	502 Lux	0,3
Sala 19	390 Lux	0,73
Sala 22	364 Lux	0,73
Sala 23	359 Lux	0,69
Sala 24	725 Lux	0,88
Sala 25	730 Lux	0,91
Sala 26	457 Lux	0,89

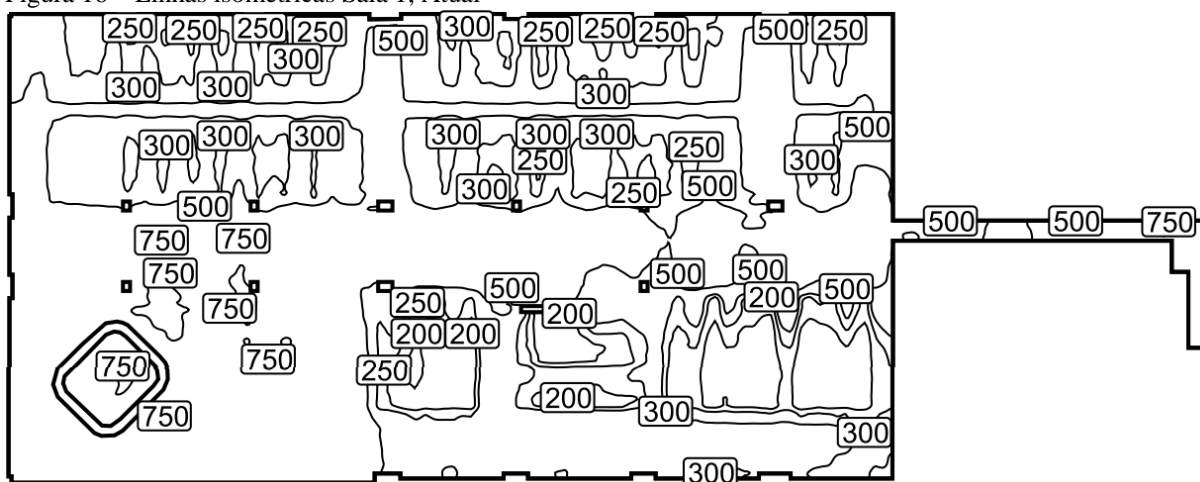
Sala 27	352	Lux	0,7
Sala 28	348	Lux	0,67
Sala 29	283	Lux	0,61

Fonte: O Autor

Os principais ambientes a serem analisados são:

- a) Sala 1 – Ambiente do térreo onde se encontram 35 estantes de livros juntamente com 24 mesas para estudo. A iluminação necessária para este ambientes de leitura é de estudo é de 500 lux. Já para áreas das estantes, o mínimo necessário é de 200 lux. O plano de uso considerado para este ambiente foi de 1,6 metros para o ambiente onde se encontram as estantes e 0,80 metros para os locais onde se encontram as mesas de estudo. A Figura 16 demonstra iluminação no local.

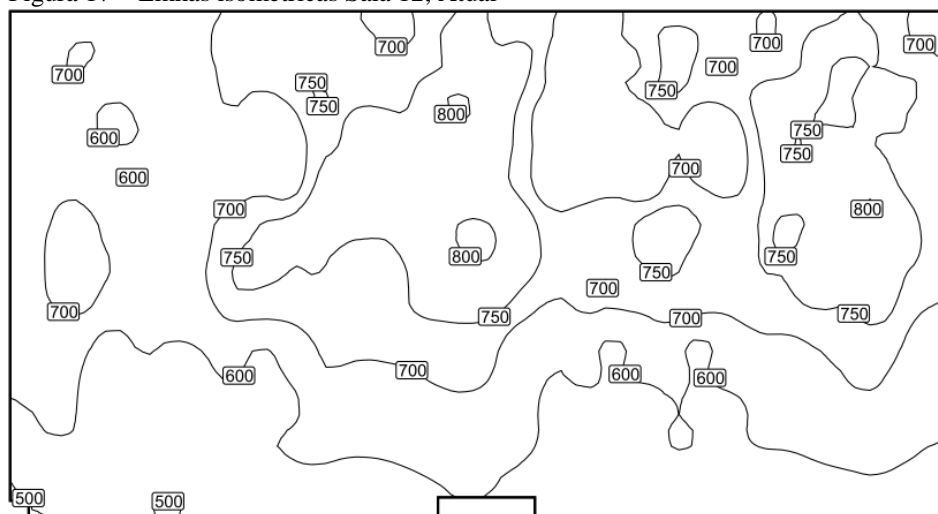
Figura 16 – Linhas isométricas Sala 1, Atual



Fonte: O Autor

- b) Sala 12 – Laboratório computacional localizado no ambiente térreo, com 24 computadores, onde há necessidade de 500 lux. Com o plano de uso de 0,80 metros, a média de iluminação do ambiente atende as recomendações de lux/m² sugerida pela NBR-8995. A Figura 17 demonstra a iluminação no local.

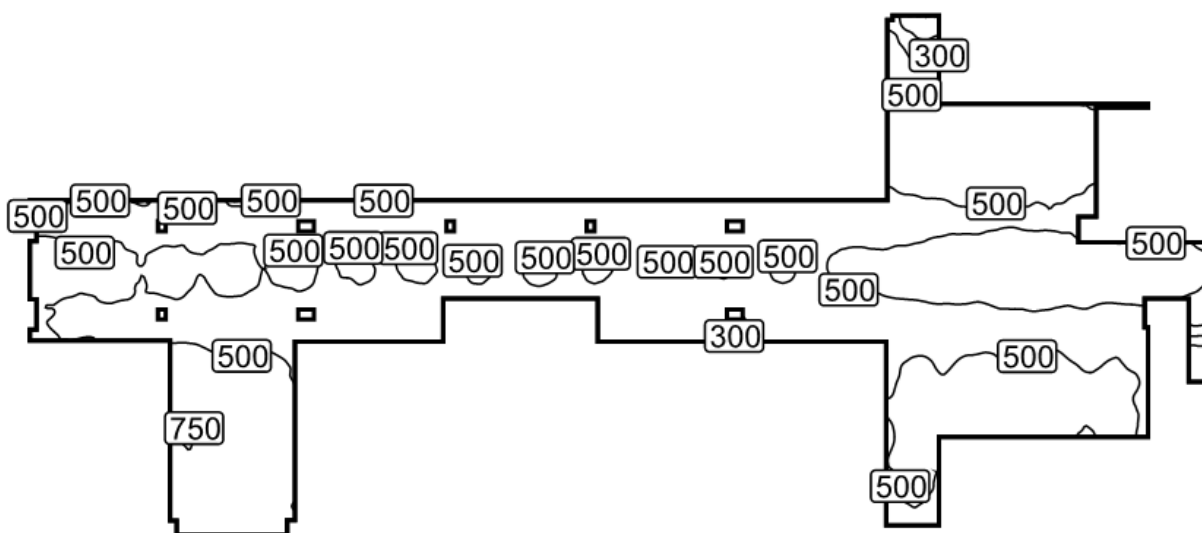
Figura 17 – Linhas isométricas Sala 12, Atual



Fonte: O Autor

- c) Sala 18 – Ambiente localizado no mezanino, onde nele se encontra as mesas de estudo. Para este ambiente é necessária uma média de 500 lux. Com plano de uso de 0,80 metros, a média de iluminância do ambiente atende as recomendações de lux/m² sugerida pela NBR-8995. A Figura 18 demonstra a iluminância no local.

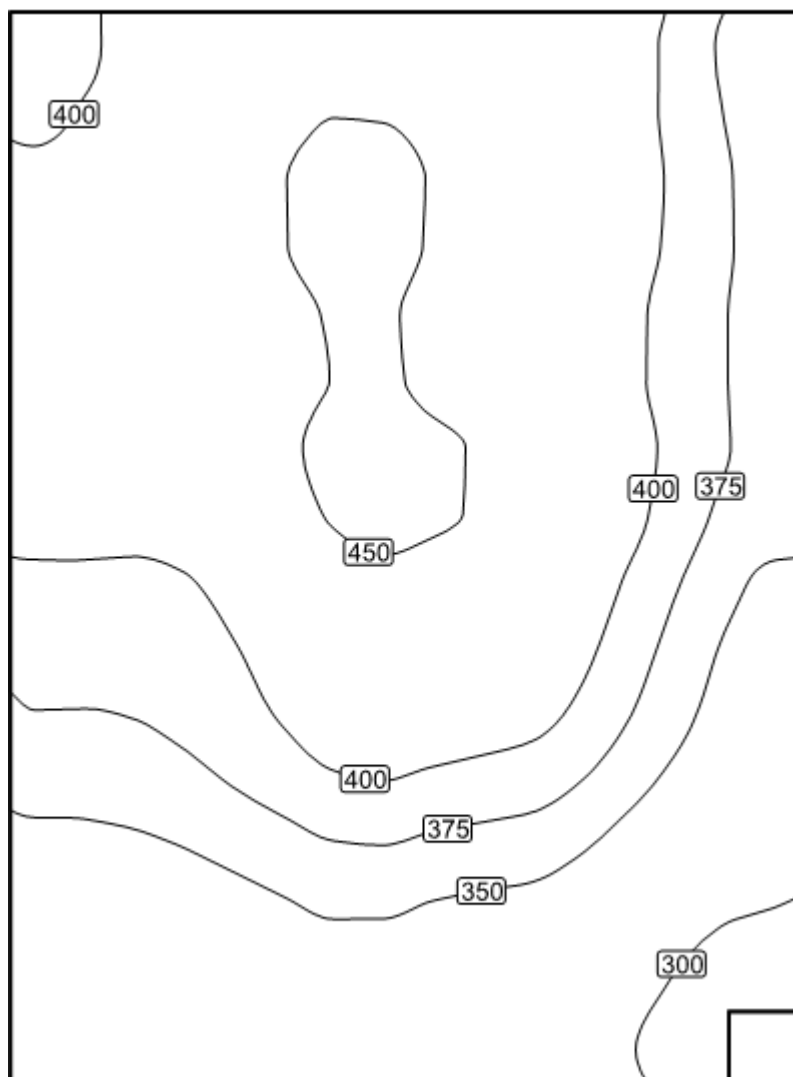
Figura 18 – Linhas isométricas Sala 18, Atual



Fonte: O Autor

- d) Sala 19, 22, 23, 27, 28 29 – Salas reservadas para estudo. Nota-se que a média encontrada nestes ambientes são menores do que o mínimo exigido pela NBR 8995. A Figura 19 demonstra a iluminância no local. Ela representa todos os ambientes citados anteriormente.

Figura 19 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, Atual



Fonte: O Autor

Para áreas de circulação e corredores a NBR-8995 exige somente uma iluminância de 100 lux. Os outros ambientes, pela falta de informações de funcionamento como também o *layout* interno, fica-se estabelecido uma média de iluminância de 200 lux que equivale a salas comuns de estudantes e salas de reuniões.

14.1 Projeto do Sistema de Iluminação - *Retrofit*

O *retrofit* é o processo de modernização de um equipamento. Devido a isso, este projeto é composto somente pela substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *LEDs* mantendo o mesmo *layout* e luminária já existente, somente excluindo o reator do mesmo. Sendo assim, o *layout* das luminárias continua o mesmo das Figuras 12 e 13 citadas acima.

Os mesmos parâmetros bases retirados da NBR 8995 utilizados no projeto base, foram demonstrados nesta primeira Ação de Eficiência Energética. Com isso, a seguir, a Tabela 3 demonstra a média de iluminância e uniformidade do local, após a substituição das lâmpadas do ambiente da biblioteca por *LEDs*.

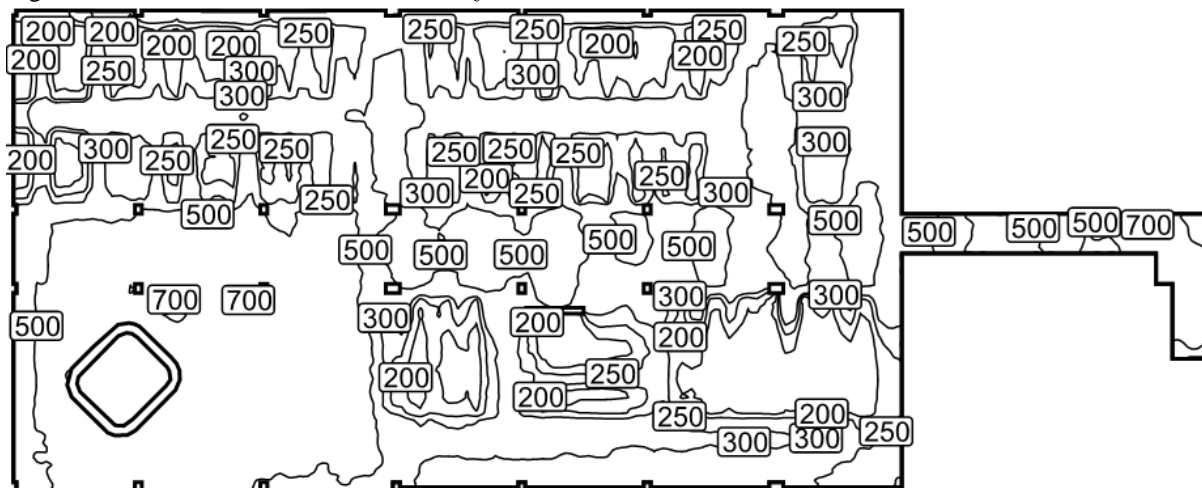
Tabela 3 – Dados Médios Sistema Iluminação <i>Retrofit</i>		
Ambiente	Luminosidade	Coefficiente de Uniformidade
Sala 1	389 lux	0,3
Sala 10	743 lux	0,83
Sala 11	601 lux	0,62
Sala 12	576 lux	0,65
Sala 13	546 lux	0,79
Sala 14	555 lux	0,81
Sala 15	553 lux	0,8
Sala 16	565 lux	0,78
Sala 2	529 lux	0,61
Sala 3	583 lux	0,72
Sala 4	851 lux	0,79
Sala 5	730 lux	0,71
Sala 6	559 lux	0,72
Sala 7	670 lux	0,81
Sala 8	719 lux	0,77
Sala 9	791 lux	0,76
Sala 18	428 lux	0,6
Sala 19	320 lux	0,62
Sala 22	293 lux	0,61
Sala 23	290 lux	0,62
Sala 24	638 lux	0,88
Sala 25	643 lux	0,91
Sala 26	404 lux	0,88
Sala 27	283 lux	0,6
Sala 28	284 lux	0,54
Sala 29	232 lux	0,52

Fonte: O Autor

Os principais ambientes a serem analisados, seguindo o mesmo conceito de análise do Projeto Base são:

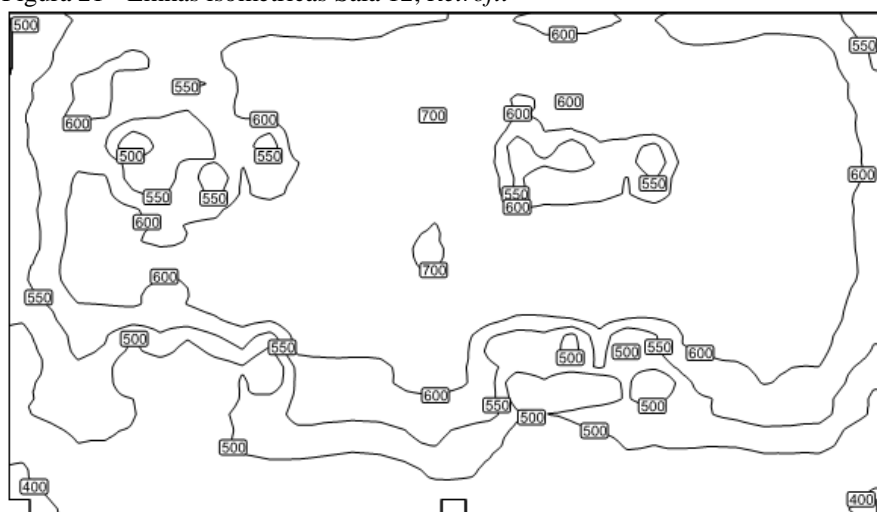
- a) Sala 1 – Devido a luminosidade da lâmpada LED ser 400 lm mais baixa do que a fluorescente, justifica a média mais baixa em relação ao projeto base. A uniformidade de 0,3 foi abaixo da exigida conforme a NBR 8995-1, porém, devido a área de cálculo do ambiente ser alta, já se era esperado esse resultado. Porém, todas as especificações foram atendidas segundo a NBR 8995-1, devido ao fato que, a luminosidade que se exige em ambientes de estantes é de 200 lux, portanto, a análise pontual do ambiente, demonstra que com a modernização das lâmpadas, foi atendido as recomendações referentes a norma. Todos os parâmetros seguidos foram repetidos conforme o Projeto Base. A Figura 20 demonstra a iluminância no local.

Figura 20 - Linhas isométricas Sala 1, *Retrofit*



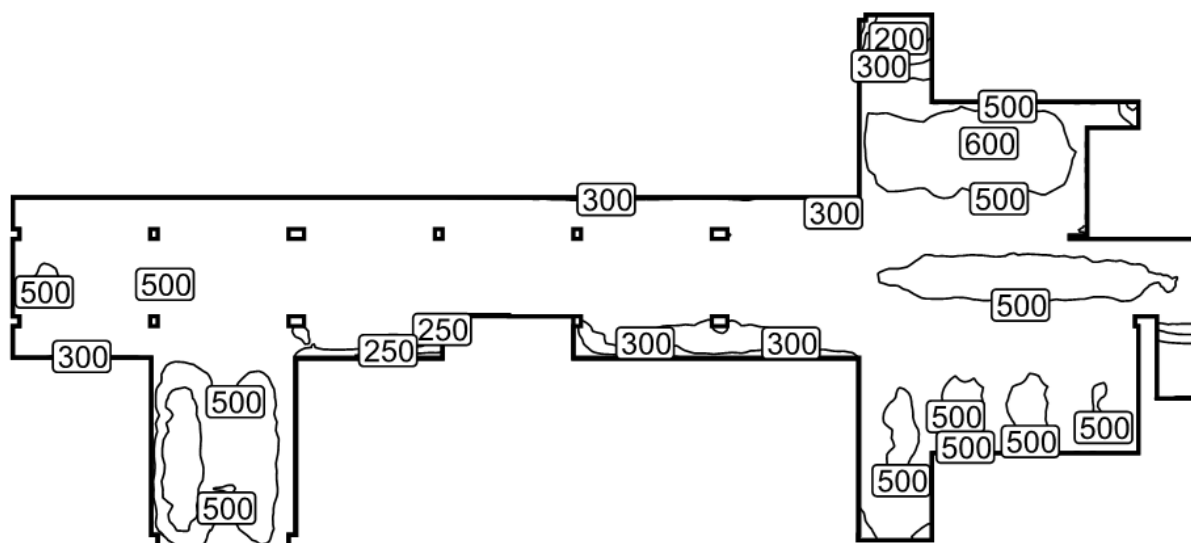
Fonte: O Autor

- b) Sala 12 – Ambiente com média de luminância abaixo de 500 lux e com a uniformidade de 0,65. Esta média justifica-se devido aos valores encontrados nas extremidades da sala. Repara-se que as linhas isométricas no local que se encontra os computadores está com de 576 lux. Portanto, esta configuração, também atende a NBR 8995-1. Todos os parâmetros seguidos foram repetidos conforme o Projeto Base A Figura 21 demonstra a iluminância no local.

Figura 21 - Linhas isométricas Sala 12, *Retrofit*

Fonte: O Autor

- c) Sala 18 – Ambiente destinado a leitura necessitando de uma iluminância de 500 lux. A média do local foi de 428 lux, abaixo do exigido pela norma. Nota-se que nas extremidades do local, há uma baixa iluminância em pontos isolados. Nos locais onde realmente a necessidade de uma boa iluminação é indispensável, a modernização com lâmpadas *LEDs*, atendem com ressalvas a NBR 8995-1 devido a maior parte do ambiente de estudo está com luminância exigida. Todos os parâmetros seguidos foram repetidos conforme o Projeto Base A Figura 22 demonstra a iluminância no local.

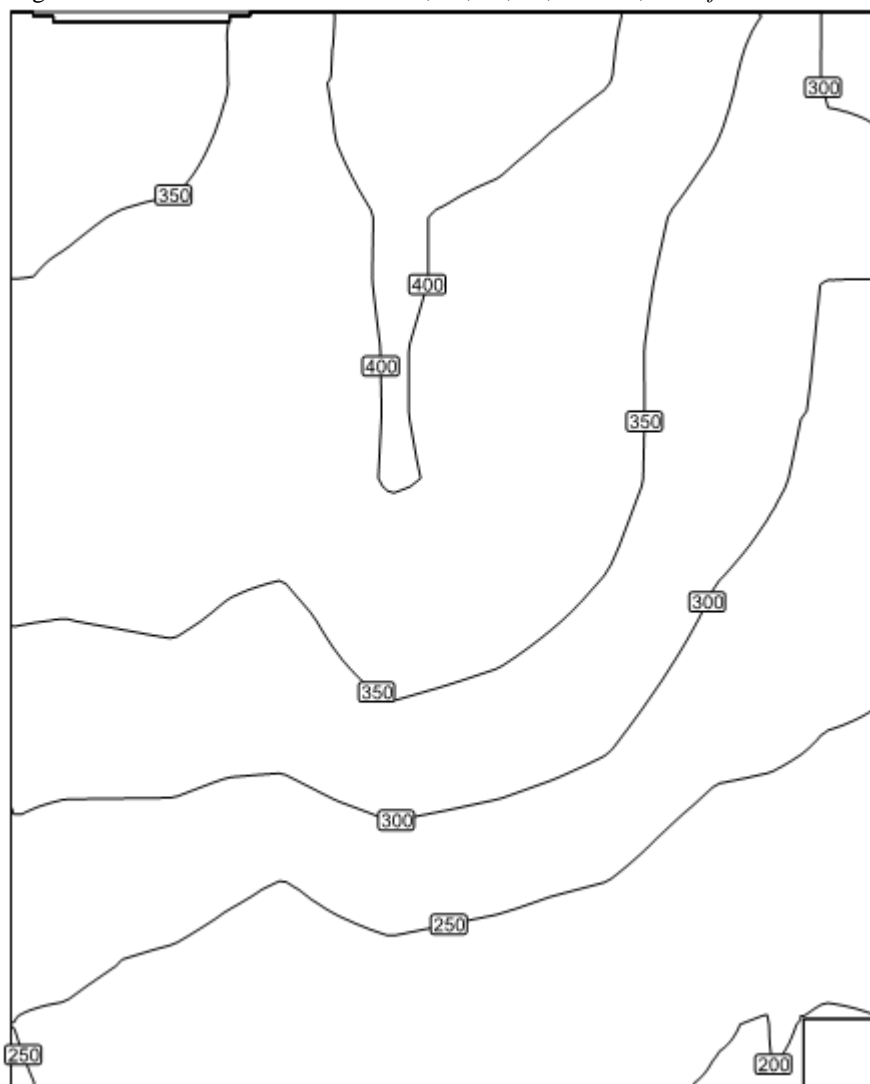
Figura 22 - Linhas isométricas Sala 18, *Retrofit*

Fonte: O Autor

- d) Sala 19, 22, 23, 27, 28 29 – Tanto a média quanto a uniformidade no local ficaram abaixo das médias exigidas pela NBR 8995-1, porém nota-se que os valores isométricos

encontrados estão com valores próximo ao Projeto Base. A Figura 23 demonstra a iluminância no local.

Figura 23 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, *Retrofit*



Fonte: O Autor

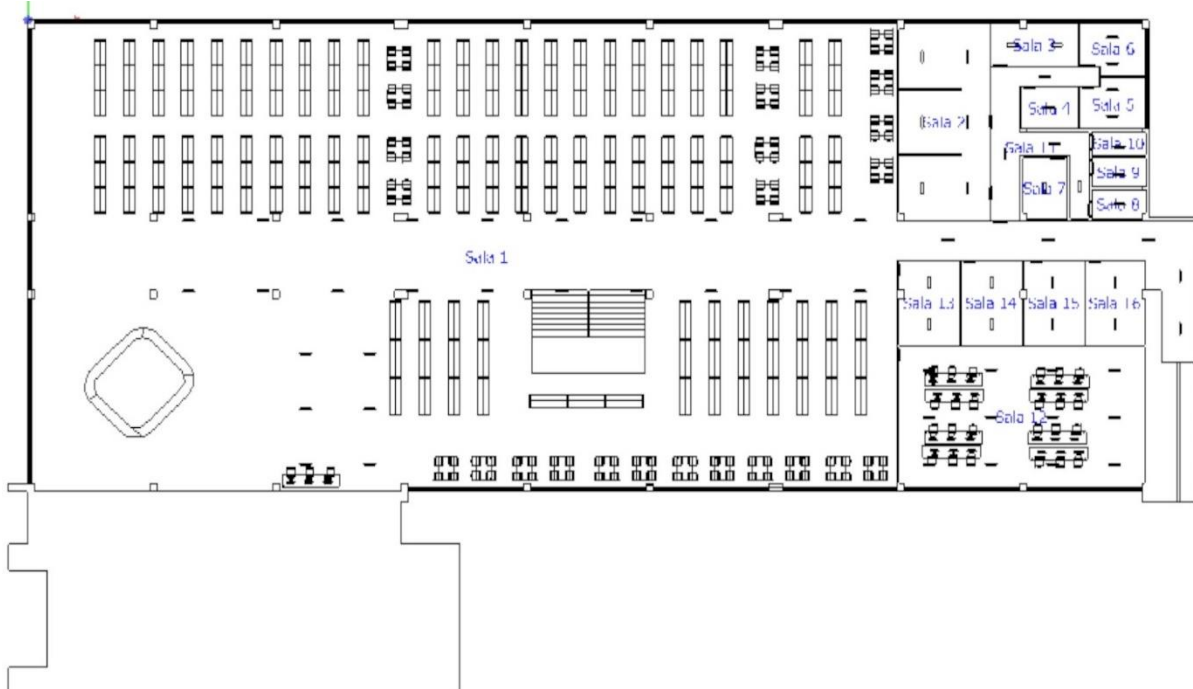
Para áreas de circulação e corredores a NBR-8995 exige somente uma iluminância de 100 lux. Os outros ambientes, pela falta de informações de funcionamento como também o *layout* interno, fica-se estabelecido uma média de iluminância de 200 lux que equivale a salas comuns de estudantes e salas de reuniões.

14.2 Projeto do Sistema de Iluminação – Novo *Layout*

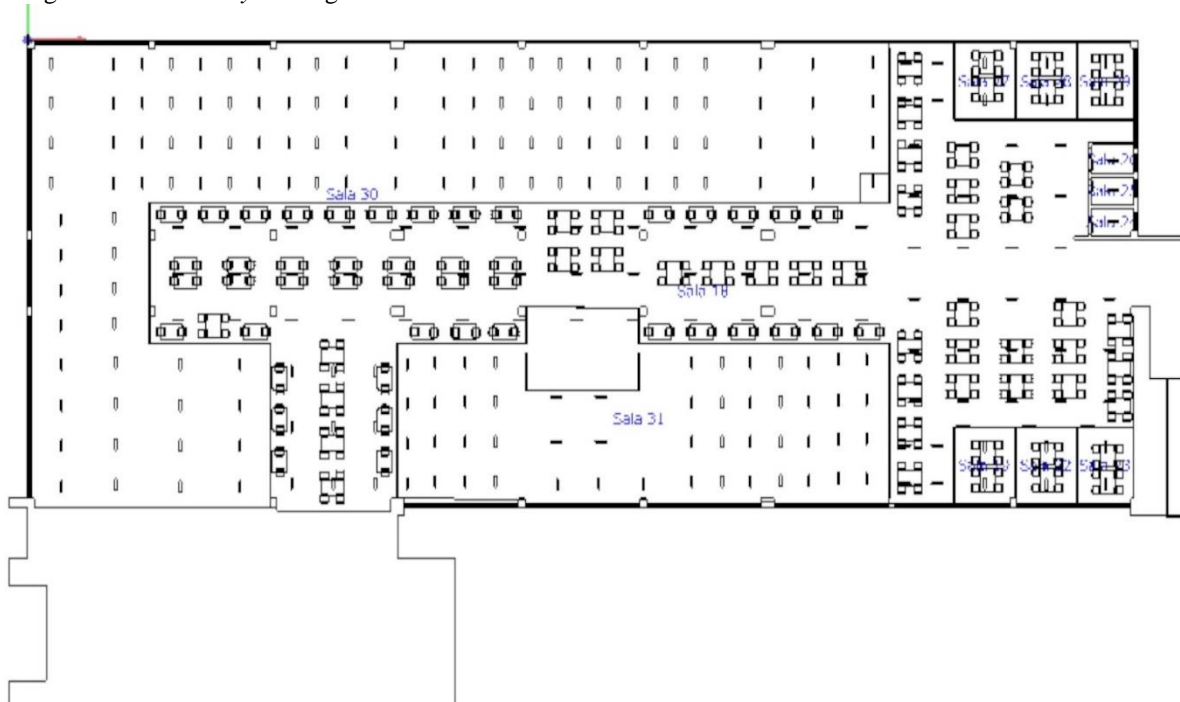
Para o novo projeto, um novo conjunto de luminárias foi sugerido para as instalações da biblioteca como também a mudança do *layout* do mesmo. A principal mudança proposta foi o

rebaixamento das luminárias das áreas das estantes, onde que no projeto base as luminárias se encontravam a 5,70 metros do térreo, fazendo com que a luminância destinada ao mesmo, chegasse ao local de forma dispersa, diminuindo a quantidade de lux/m² na altura de referência das estantes. A altura padrão utilizada para a instalação das luminárias foi de 2,70 metros de altura em relação ao piso tanto do térreo, como do mezanino. Portanto o novo *layout* ficou conforme as Figura 24 e 25 demonstrada a seguir.

Figura 24 – Novo *Layout* sugerido no Térreo



Fonte: O Autor

Figura 25 - Novo *Layout* sugerido no Mezanino

Fonte: O Autor

O total de luminárias foi para 342 constituída de 684 lâmpadas *LEDs*. O conjunto de luminária selecionado para este projeto foi *Philips Lighting TMS022 2xTL-D18W HFS + GMS022 R*. Os mesmos parâmetros bases retirados da NBR 8995 utilizados no projeto base, foram demonstrados nesta segunda Ação de Eficiência Energética. Com isso, a seguir, a Tabela 4 demonstra a média de iluminância e uniformidade do local, após a mudança no sistema de iluminação juntamente com a substituição da luminária citada acima.

Tabela 4 – Dados Médios Sistema Iluminação Novo		
Ambiente	Luminosidade	Coefficiente de Uniformidade
Sala 1	492 lux	0,34
Sala 10	734 lux	0,85
Sala 11	477 lux	0,5
Sala 12	502 lux	0,71
Sala 13	594 lux	0,87
Sala 14	596 lux	0,88
Sala 15	593 lux	0,89
Sala 16	614 lux	0,88
Sala 2	518 lux	0,69
Sala 3	538 lux	0,7
Sala 4	653 lux	0,73
Sala 5	670 lux	0,7
Sala 6	527 lux	0,71

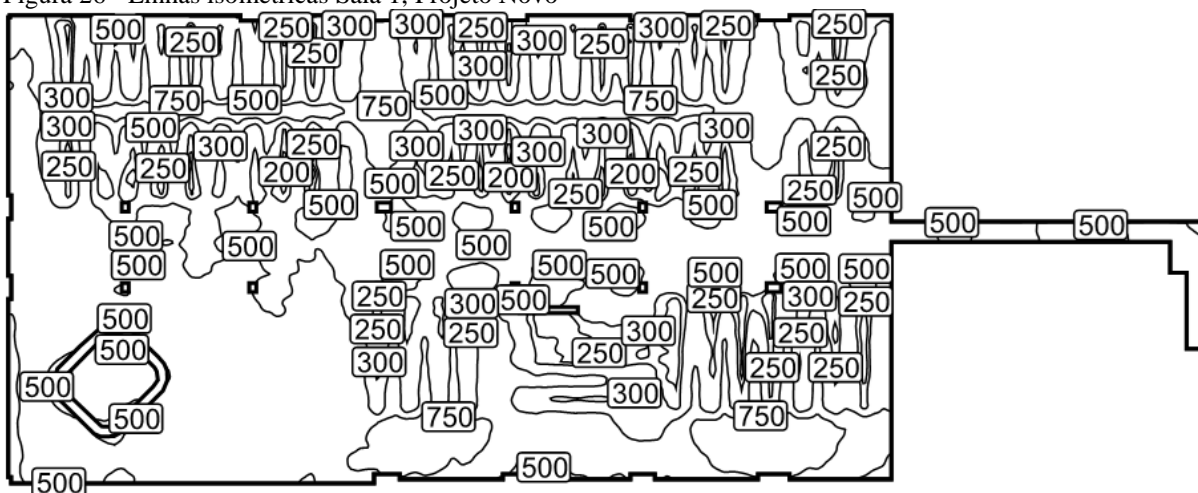
Sala 7	638	lux	0,81
Sala 8	712	lux	0,75
Sala 9	795	lux	0,75
Sala 18	580	lux	0,8
Sala 19	548	lux	0,74
Sala 22	580	lux	0,75
Sala 23	493	lux	0,77
Sala 24	652	lux	0,82
Sala 25	661	lux	0,86
Sala 26	460	lux	0,84
Sala 27	543	lux	0,78
Sala 28	467	lux	0,75
Sala 29	410	lux	0,73

Fonte: O Autor

Os principais ambientes a serem analisados, seguindo o mesmo conceito de análise do Projeto Base são:

- a) Sala 1 – O sistema de iluminação sugerido para o ambiente satisfaz as exigências da NBR 8995-1. A Luminosidade média do ambiente ficou em 491 lux, porém nas áreas das estantes a média atendeu a exigência de 200 lux. A uniformidade ficou abaixo sugerido pela norma devido a área de cálculo do ambiente possuir valores diferentes padrões de iluminância conforme o ponto estabelecido. Já na área de estudo e leitura, o espectro isométrico atendeu tanto a área dos bibliotecários como as mesas. A Figura 26 demonstra a iluminância no local.

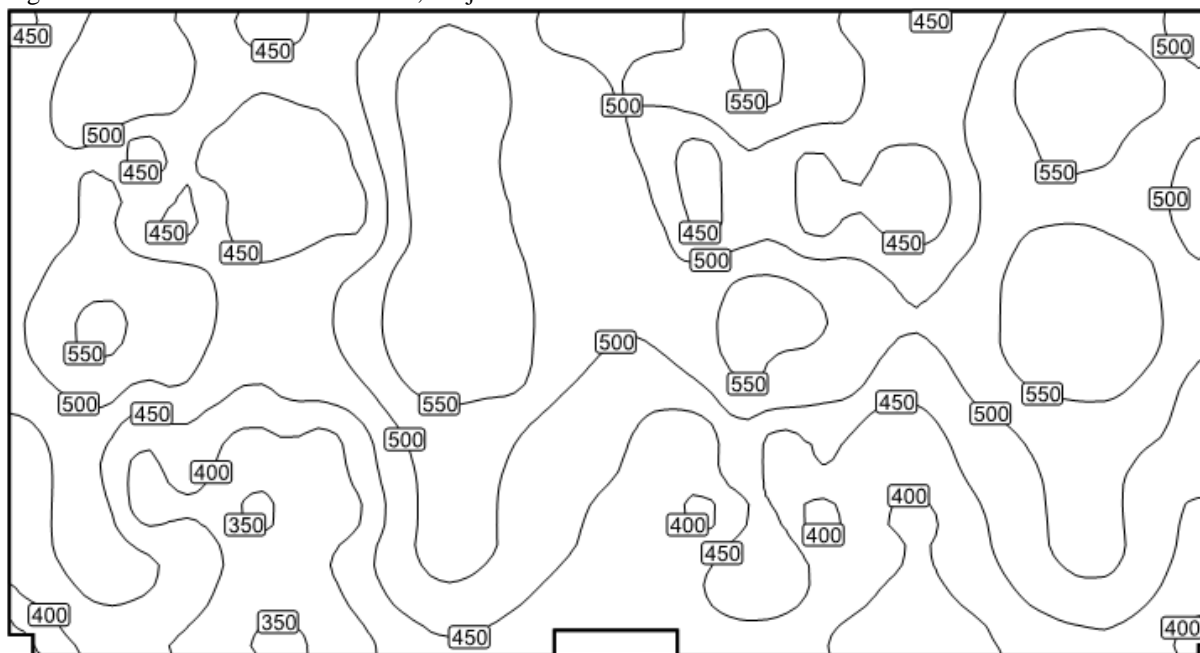
Figura 26 - Linhas isométricas Sala 1, Projeto Novo



Fonte: O Autor

- b) Sala 12 – Neste ambiente, as linhas isométricas indicam uma média de iluminância de 502 lux com um valor de uniformidade do ambiente de 0,71. Portanto, o *layout* sugerido atende as exigências da NBR 8995-1. A Figura 27 demonstra a iluminância no local.

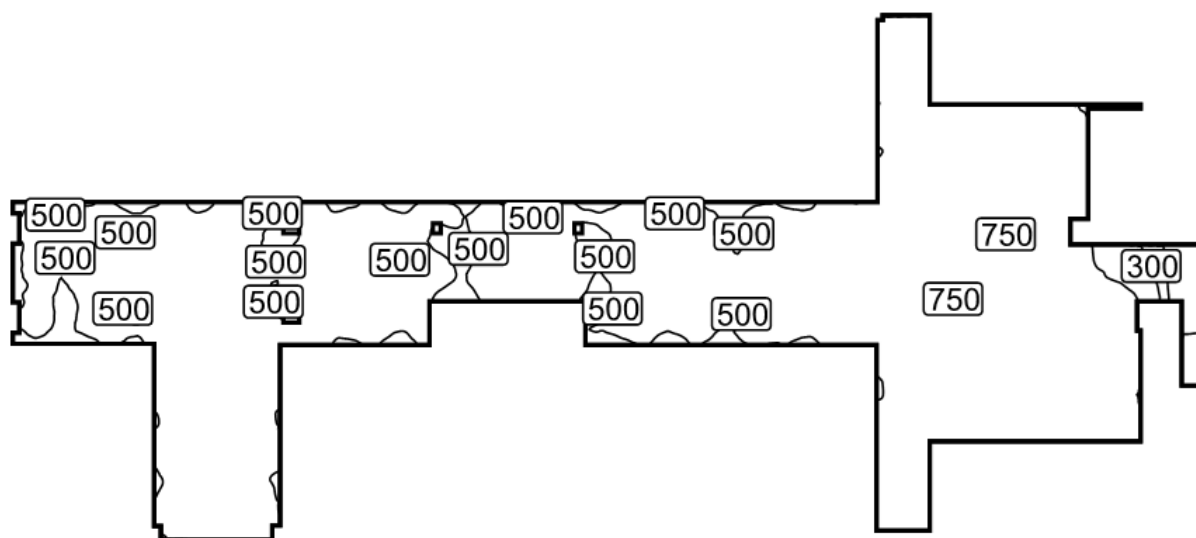
Figura 27 - Linhas isométricas Sala 12, Projeto Novo



Fonte: O Autor

- c) Sala 18 – O ambiente 18 possui 580 lux de média com uma uniformidade 0,8, atendendo a NBR 8995-1. A Figura 28 demonstra a iluminância no local.

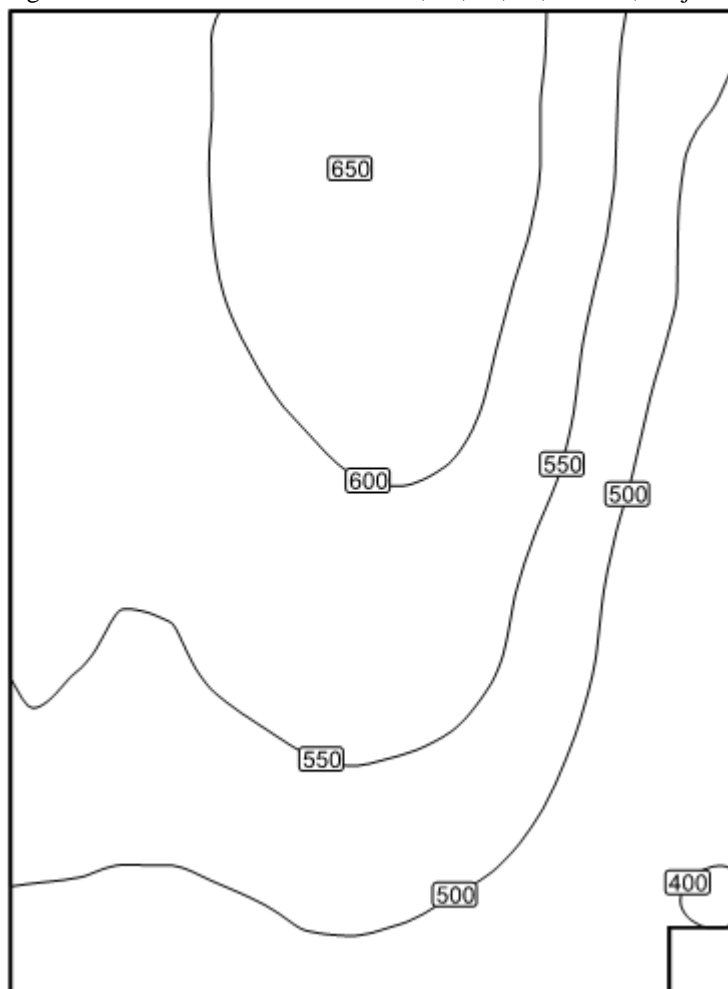
Figura 28 - Linhas isométricas Sala 18, Projeto Novo



Fonte: O Autor

- d) Sala 19, 22, 23, 27, 28 29 – As linhas isométricas indicam uma média acima de 500 lux com uma uniformidade média acima de 0,7 atendendo a NBR 8995-1. A Figura 29 demonstra a iluminância no local.

Figura 29 – Linhas isométricas Sala 19, 22, 23, 27, 28 e 29, Projeto Novo



Fonte: O Autor

Para áreas de circulação e corredores a NBR-8995 exige somente uma iluminância de 100 lux. Os outros ambientes, pela falta de informações de funcionamento como também o *layoult* interno, fica-se estabelecido uma média de iluminância de 200 lux que equivale a salas comuns de estudantes e salas de reuniões.

15 ANÁLISE RCB

Para determinar qual projeto irá trazer a melhor Ação de Eficiência Energética, será utilizado o cálculo da Relação Custo Benefício. Cada situação proposta será comparado com o Projeto Base que representa o atual sistema de iluminação da biblioteca. O valor encontrado da RCB deverá ser $\leq 0,80$ para que a Ação de Eficiência Energética seja viável para sua implementação.

Todo projeto de Eficiência Energética, tem como base o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. Devido a isso, será utilizado a Planilha de Cálculo de RCB disponibilizada pela CEMIG em seu portal destinado a chamada pública de projetos de Eficiência Energética.

Utilizando o calendário acadêmico da UNIFAL-MG de 2016/2017, unidade de Alfenas MG, foi contabilizado as seguintes horas de funcionamento da biblioteca conforme o Quadro 17.

Quadro 17 – Horas totais calendário acadêmico

Calendário Acadêmico			
	1° Semestre	2° Semestre	Horas
Dias Letivos	105	107	3180
Sábados	59		354
Total			3534

Fonte: Adaptado de Universidade Federal de Alfenas, 2016

Seguindo a tabela SINAPI, a composição dos elementos dos projetos são conforme os Quadros 18 , 19 e 20 demonstram a seguir:

Quadro 18 – Composição luminária Fluorescente

LUMINÁRIA FLUORESCENTE						
	97586	LUMINÁRIA TIPO CALHA, DE SOBREPOR, COM 2 LÂMPADAS TUBULARES DE 36 W - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2017	UN	FATOR	UNITÁRIO	
INSUMO	3799	LUMINARIA DE SOBREPOR EM CHAPA DE ACO PARA 2 LAMPADAS FLUORESCENTES DE *36* W, ALETADA, COMPLETA (LAMPADAS E REATOR INCLUSOS)	UN	1,0000000	59,55	59,55
COMPOSICAO	88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1963000	13,1	2,57
COMPOSICAO	88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4710000	17,4	8,20
TOTAL						70,32

Fonte; Adaptado de SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2018.

Quadro 19 - Composição luminária LED

LUMINÁRIA LED RETROFIT						
	PRÓPRIA	LUMINÁRIA TIPO CALHA, DE SOBREPOR, COM 2 LÂMPADAS TUBULARES DE 18 W - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	FATOR	UNITÁRIO	
INSUMO	39387	LAMPADA LED TUBULAR BIVOLT 18/20 W, BASE G13	UN	2	47,31	94,62
COMPOSICAO	88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1963000	13,1	2,57
COMPOSICAO	88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4710000	17,4	8,20
TOTAL						105,40

Fonte; Adaptado de SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2018.

Quadro 20 - Composição luminária LED Projeto Novo

LUMINÁRIA LED PROJETO NOVO						
	PRÓPRIA	LUMINÁRIA TIPO CALHA, DE SOBREPOR, COM 2 LÂMPADAS TUBULARES DE 18 W - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UN	FATOR	UNITÁRIO	
INSUMO	39387	LAMPADA LED TUBULAR BIVOLT 18/20 W, BASE G13	UN	2	47,31	94,62
INSUMO	12232	LUMINARIA DE SOBREPOR EM CHAPA DE ACO PARA 2 LAMPADAS	UM	1	13,61	13,61
COMPOSICAO	88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1963000	13,1	2,57
COMPOSICAO	88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4710000	17,4	8,20
TOTAL						119,01

Fonte; Adaptado de SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2018.

Todos os cálculos serão levados em consideração o fator de manutenção ou instalação da luminária. Devido a isso, o valor final será composto por mão de obra juntamente com o valor unitário do item. Para uma maior precisão no cálculo da RCB, dividiu-se em duas vertentes de sistema de iluminação devido a diferença de horário de funcionamento da biblioteca aos sábados.

O Cálculo RCB da AAE *retrofit*, verifica-se no Quadro 21 evidencia o valor de RCB de 0,44, bem abaixo do máximo permitido.

Quadro 21 – Cálculo da Relação Custo Benefício do Projeto *Retrofit*

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO						
Uso final	EE Energia economizada MWh/ano	RDP Redução de demanda na ponta kW	CA _T PEE Custo anualizado PEE	BA _T Benefício anualizado total	RCB _{PEE} Por uso final PEE	RCB _{PEE}
Iluminação	41,73	11,81	R\$ 9.606,77	R\$ 21.803,42	0,44	0,44
Condicionamento ambiental	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Sistemas motrizes	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Sistemas de refrigeração	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Aquecimento solar de água	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Equipamentos hospitalares	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Fotovoltaico	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Outros	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Total	41,73	11,81	R\$ 9.606,77	R\$ 21.803,42	0,44	

Fonte: O Autor.

Já a sugestão de substituição do sistema de iluminação, obteve-se um valor de RCB de 0,64, abaixo do valor máximo permitido conforme o Quadro 22 abaixo:

Quadro 22 – Cálculo da Relação Custo Benefício do Projeto Novo.

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO						
Uso final	EE Energia economizada MWh/ano	RDP Redução de demanda na ponta kW	CA _{T PEE} Custo anualizado PEE	BA _T Benefício anualizado total	RCB _{PEE} Por uso final PEE	RCB _{PEE}
Iluminação	34,86	9,86	R\$ 11.661,88	R\$ 18.213,83	0,64	0,64
Condicionamento ambiental	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Sistemas motrizes	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Sistemas de refrigeração	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Aquecimento solar de água	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Equipamentos hospitalares	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Fotovoltaico	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Outros	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00	
Total	34,86	9,86	R\$ 11.661,88	R\$ 18.213,83	0,64	

Fonte: O Autor.

16 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após toda avaliação e levantamento da situação atual, assim como as propostas de Ações de Eficiência Energéticas geradas, verifica-se que os dois projetos estão aptos para serem executados segundos os valores de Relação Custo Benefício encontrados.

A modernização do sistema de iluminação denominado *retrofit* traz algumas ressalvas em relação a situação luminotécnica do local, devido aos valores encontrados. O Projeto Base que se verifica como sistema atual, demonstra valores que não atendem a norma nos ambientes de salas reservadas, citadas neste trabalho como Salas 19, 22, 23, 27, 28 e 29. Por se tratar de um ambiente de leitura, a média da iluminância deveria ser de no mínimo 500 lux. Caso as salas reservadas sejam consideradas como uma sala comum de estudante ou sala de reuniões, o ambiente se adequa a os padrões mínimos exigidos pela norma. Os demais ambientes comparados, atendem as especificações mínimas exigidas segundo a NBR 8995-1.

Já o novo sistema de iluminação sugerido, atendeu todos os parâmetros definidos pela NBR 8995-1, com a ressalva do sistema ter aumentado a quantidade de luminárias para suprir a falta de iluminância do local.

As duas Ações de Eficiência Energética sugeridas, automaticamente se tornam mais eficiente devido a sua relação de potência sobre intensidade luminosa ser maior do que as lâmpadas já instaladas no sistema. Como parâmetro, a lâmpada fluorescente possui a cada 1 watt aproximadamente 70 lumens. Já a lâmpada *LED* ela possui a cada 1 watt aproximadamente 123 lumens.

17 CONCLUSÃO

Após o levantamento de dados juntamente com a elaboração dos projetos e análise dos resultados obtidos, verifica-se que o sistema de iluminação da biblioteca comparado com as Ações de Eficiência Energética descritas neste trabalho, pode ser considerado ineficiente. As duas sugestões de projetos atenderam o valor de Relação Custo e Benefício.

Quando comparado o luminotécnico do sistema atual com a modernização denominada *retrofit*, destaca-se a proximidade de valores de iluminância encontrados segundo o sistema atual. Se considerado os ambientes 19, 22, 23, 27, 28 e 29 como área comum de estudante ou sala de reuniões, a Ação de Eficiência Energética atenderá todas as exigências da NBR 8995-1. Tendo isso em consideração, e juntamente com a comparação de valores da Relação Custo Benefício dos Projetos *Retrofit* e Novo Sistema de Iluminação, onde o primeiro obteve o valor de 0,44 seguido do valor 0,64, denota-se que a melhor Ação de Eficiência Energética é a do *Retrofit*.

Devido as lâmpadas fluorescentes causarem uma degradação ambiental e um custo para recicla-las, o *retrofit* irá causar um gasto momentâneo onde, o descarte das lâmpadas retiradas da biblioteca deve ser devidamente realizado em um local adequado. Mesmo assim, esta ação de eficiência energética se torna viável devido a vida útil do sistema trocado.

Caso o projeto de Eficiência Energética fosse implementado desde o início da construção da biblioteca, indica-se o Novo Projeto, onde o mesmo contém a melhor média de iluminância juntamente com a melhor uniformidade.

Para verificação da Ação de Eficiência Energética, fica sugerido o método de Medição isolada, onde haverá somente a verificação dos parâmetros chaves do mesmo, devido as Ações focarem somente no sistema de iluminação da biblioteca.

18 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao final, deixo como proposta de continuações de pesquisa para complementar o trabalho realizado as ações abaixo:

- a) Realizar uma avaliação de qualidade de energia dos locais indicados após a implementação da mudança do sistema de iluminação para lâmpadas *LEDs*.
- b) Devido ao avanço tecnológico eminente, realizar um novo estudo com um produto mais eficiente do que o citado neste trabalho.
- c) Dimensionar um sistema fotovoltaico onde a biblioteca se torne autossustentável em relação ao seu consumo de energia, juntamente com um estudo de qualidade de energia para verificar os impactos do sistema na iluminação LED da biblioteca.

REFERÊNCIAS

- ABALUX. **A 60**. Disponível em: < <http://www.abalux.com.br/catalogo/a60-p3637/>>. Acesso em 23 out. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento do programa de eficiência energética – PROPEE: módulo 4 – tipologia de projetos**. Brasília: DF, 2013d.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento do programa de eficiência energética – PROPEE: módulo 7 – Cálculo da viabilidade**. Brasília: DF, 2013e.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa social de energia elétrica – TSEE**, 2017. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/baixa-tensao-itens/>>. Acesso em: 20 maio. 2018a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8995/2013: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro: RJ, 2013
- BELDA, F. D.; **Importância da Utilização do Plano Internacional de Medição e Verificação nos Projetos do PROPEE na ANEEL**. São Paulo: SP, 2013.
- BERGMANN, F. B.; **LEDs versus Lâmpadas convencionais, Viabilizando Troca**. Curitiba: PR, 2012
- BRASIL. **Lei 9.991 de 24 de jul. 2000**. Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: DF, 2000.
- BRASIL. **Lei 10.295, de 17 out. 2001 – Lei Eficiência Energética**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: DF, 2001.
- BRASIL. Ministério Das Minas E Energia. **Balanco nacional de energia útil. Ano base 2015**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. **Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento referência de obras, e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências**. Diário Oficial, Brasília, DF, 8 de abril de 2013.
- CAPELLI, A.; **Energia Elétrica, Qualidade e Eficiência para Aplicações Industriais**. 1. ed. Rio de Janeiro: RJ, 2013.
- CREDER, H.; **Instalações Elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: RJ, 2015.
- CEMIG. **TARIFAS HORO-SAZONAIS NO BRASIL**. Disponível em:< https://www.cemig.com.br/pt-Br/a_cemig/nossos_negocios/Paginas/tarifas_horo_sazonais_brasil.aspx>. Acesso em: 10 mai. 2018.

COTRIM, A. A. M. B: **Instalações Elétricas . Makron Books**. 5. ed. Rio de Janeiro: RJ, 2008.

FOX LUX; **Dicas de como descartar as lâmpadas LED**. Disponível em: <<https://www.foxlux.com.br/blog/dicas/como-descartar-lampadas-led/>> Acesso em 20 abr. 2018.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. Toronto, Canadá, 2012

EMPALUX; **Informações técnicas**. Disponível em: < <http://www.empalux.com.br/?a1=l>>. Acesso em 9 de novembro de 2017.

LIMA, A. S; GUEDES, C. S; HENRIQUE, J. R. S; SILVA W. L.; MONIZIA M. S. C; **Viabilidade da Transição Fluorescente para Led para o IFCE – Campus CEDRO**. Rio de Janeiro: RJ, 2015.

MAMEDE, J. F.; **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. São Paulo: SP, 2016.

MARCHIORI, J. L.; **Luminotécnica**. Florianópolis: SC, 2008.

NORGUEIRA, I. E., **Análise dos Aspectos de Engenharia Inerentes a Eficientização Energética da Cidade Universitária – UNIS MG**, Varginha: MG, 2017.

OSRAM, **Manual Luminotécnico Prático**. Osasco: SP, 2010.

PHILIPS LIGHTING. **Manual Técnico TL-D 36W/54-765 1SL/25**. São Paulo: SP, 2018a.

PHILIPS LIGHTING. **Manual Técnico HF-P 3/418 TL-D III 220-240V 50/60Hz IDC**. São Paulo: SP, 2018b.

PHILIPS LIGHTING. **Manual Técnico Master LEDTube 1200 mm 18W 840 T8 I W**. São Paulo: SP, 2018c.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **O programa**, 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 14 mai. 2018a.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Selo Procel**, 2017. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 22 abr. 2018b.

SIMÕES, T. S., **Análise de Eficiência Energética, Ambiental e Econômica entre Lâmpadas de LED e Convencionais**. Campinas: SP, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS; **Calendário Acadêmico 2016/2017, Alfenas, 21 de Dezembro de 2016**. Disponível em: <<https://www.unifalmg.edu.br/graduacao/system/files/imce/calendario/2016/calendario%202016%2015%20Fevereiro%20Inicio%20-%20Interrupcao%20-%20in%C3%ADcio%2023-01-2017.pdf>>. Acesso em 30 out. 2018.