

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Vanessa Pereira Santos

**Estudo de Caso em Eficiência Energética de um Sistema de
Iluminação**

Foz do Iguaçu, PR

2017

Vanessa Pereira Santos

Estudo de Caso em Eficiência Energética de um Sistema de Iluminação

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientador: Natanael Rodrigues Gomes

FOZ DO IGUAÇÚ, PR
2017

Vanessa Pereira Santos

Estudo de Caso em Eficiência Energética de um Sistema de Iluminação

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Aprovado em 14 de julho de 2017:

Natanael Rodrigues Gomes, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Geomar Machado Martins, Dr. (UFSM)

José Abílio Lima de Freitas, Me. (UFSM)

FOZ DO IGUAÇÚ, PR
2017

"Todo efeito tem uma causa. Todo efeito inteligente tem uma causa inteligente. O poder da causa inteligente está na razão da grandeza do efeito. "

Allan Kardec

Resumo

Estudo de Caso em Eficiência Energética de um Sistema de Iluminação

Autor: Vanessa Pereira Santos

Orientador: Natanael Rodrigues Gomes

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o setor elétrico brasileiro e seus principais órgãos regulamentadores, conceituar os sistemas de iluminação, evidenciando seus componentes e principais tecnologias usadas. O trabalho também ressalta a importância de um sistema de iluminação adequado às atividades que serão realizadas no ambiente, além de descrever como é desenvolvido um projeto de iluminação. No capítulo três deste trabalho, é desenvolvido um estudo prático feito em um ambiente, avaliando a qualidade da iluminação e proposta de um retrofit para o mesmo, analisando a viabilidade da proposta além do impacto no consumo de energia elétrica e suas possíveis reduções.

Palavras-chave: Iluminação. *Retrofit*. Qualidade. Viabilidade. Energia.

Abstract

Case Study of Energetic Efficiency on an Illumination System

Author: Vanessa Pereira Santos

Advisor: Natanael Rodrigues Gomes

This paper aims to present Brazilian electrical power sector and its main regulators, conceptualizing the lighting systems, presenting their components and main used technologies. This paper also highlights the importance of an appropriated lighting system to the activities that will be carried out in the environment, in addition describing how a lighting project is developed. On chapter three, a practical study is carried out in an environment, evaluating the quality of its lighting and proposing a retrofit, analyzing the feasibility of the proposal and the impact on the consumption of electric energy and possible reductions in consumption.

Keywords: Lighting. Retrofit. Quality. Feasibility. Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil – 1984 a 2011	21
Figura 2 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - Modelo de Etiqueta para Lâmpadas.....	22
Figura 3 - Especificação de iluminação por ambiente	25
Figura 4 - Lâmpadas Halógenas	28
Figura 5 - Lâmpada Mista.....	29
Figura 6 - Ciclo PDCA	37
Figura 7 - Sala de atendimento	39
Figura 8 - Banheiro e sistema de iluminação	39
Figura 9 - Luxímetro Digital Minipa 50000lux	42
Figura 10 - Iluminação atual da Sala de Atendimento	46
Figura 11 - Iluminação atual do Banheiro.....	46
Figura 12 - Luminária 3530 Itaim.....	47
Figura 13 - Nova iluminância para a Sala de Atendimento (Lâmpadas Fluorescentes	49
Figura 14 - Nova iluminância para o Banheiro (Lâmpadas Fluorescentes)	51
Figura 15 – Luminária 3320 Itaim.....	52
Figura 16 – Nova iluminância para a Sala de Atendimento (Lâmpadas LED)	54
Figura 17 - Nova iluminância para o Banheiro (Lâmpadas LED)	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de Depreciação indicado.....	34
Tabela 2 – Sistema de Iluminação Atual	42
Tabela 3 - Histórico de consumo	43
Tabela 4 – Custo de implementação da Proposta 1	56
Tabela 5 - Custo da implementação da Proposta 2	57
Tabela 6 – Comparação entre os Sistemas de Iluminação	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	15
Gráfico 2 - Oferta Interna de Energia e Consumo Final	16

Lista de Quadros

Quadro 1 - Equivalência lâmpadas LED.....	30
Quadro 2 - Grau de reflexão característico de alguns materiais e cores.....	33
Quadro 3 - Nível de iluminância para escritório.....	40
Quadro 4 - Níveis de iluminância para Banheiros	41
Quadro 5 - Cálculo de Rentabilidade em Sistemas de Iluminação.....	45
Quadro 6 - Sistema proposto para Sala de Atendimento (Lâmpadas Fluorescentes)	48
Quadro 7 - Proposta para iluminação do banheiro (Lâmpadas Fluorescentes)	50
Quadro 8 – Sistema proposto para Sala de Atendimento	53
Quadro 9 – Proposta para iluminação do banheiro (Lâmpadas LED)	55
Quadro 10 - Gastos anuais com iluminação.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	14
2.1.1	CNPE - Conselho Nacional de Política Energética	17
2.1.2	MME - Ministério de Minas e Energia	17
2.1.3	EPE - Empresa de Pesquisa Energética	18
2.1.4	CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico	18
2.1.5	ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica	19
2.1.6	ONS - Operador Nacional do Sistema	19
2.2	Políticas de eficiência energética	20
2.2.1	Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)	21
2.2.2	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)	22
2.3	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	23
2.3.1	Iluminação artificial	24
2.3.1.1	Tipos de luminárias	25
2.3.1.2	Tipos de lâmpadas	26
2.3.1.2.1	Lâmpadas de descarga	26
2.3.1.2.2	Lâmpadas de incandescência	27
2.3.1.2.3	Lâmpadas mistas	28
2.3.1.2.4	Lâmpadas LED	29
2.3.2	Projeto de iluminação	30
2.3.2.1	Cálculos luminotécnicos	30
2.3.2.1.1	Método dos lumens	31
2.3.2.1.2	Método Ponto a Ponto	35
3	METODOLOGIA	36
3.1	Caracterização do ambiente	38
3.2	Adequação de Iluminação	43
3.2.1	Proposta 1: Manter o sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes	47
3.2.1.1	Sala de atendimento	47
3.2.1.2	Banheiro	49
3.2.2	Proposta 2: Troca do sistema de iluminação por lâmpadas LED	51
3.2.2.1	Sala de atendimento	52

3.2.2.2	Banheiro	54
3.3	VIABILIDADE ECONÔMICA	56
3.3.1	Payback Simples (PBS)	57
3.3.2	Valor Presente Líquido (VPL)	58
4	RESULTADOS	61
5	CONCLUSÕES	63
6	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro sofreu sua grande reestruturação em 1996, quando houve a criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) como órgão regulamentador. Tal reestruturação tinha como objetivo o aumento de investimentos no setor, que passava por uma expansão de oferta de energia.

Após a crise energética sofrida em 2001/2002, o consumo de energia foi bastante reduzido pelo racionamento. Em 2014/2015 passamos por uma crise muito maior, na qual os reservatórios de água chegaram a atingir níveis críticos e o fornecimento de energia ficou seriamente comprometido.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o Brasil desperdiça, atualmente, 40 milhões de KW, sendo 22 milhões de KW desperdiçados por consumidores (indústrias, residências e comércios) e 18 milhões de KW pela própria concessionária de energia. Com esses números, nosso país é considerado um dos piores no estudo publicado em 2014 pelo Conselho Americano para uma Economia de Energia Eficiente (Aceee) sendo classificado em 15º, à frente somente do México.

Inicialmente a energia era vista como apenas mais um insumo do processo da cadeia produtiva. Nos dias atuais, já se pensa em energia com uma conotação mercantilista, tendo um valor comercial agregado. A partir desse cenário, é necessário se pensar em formas de melhorar o aproveitamento da energia gerada e distribuída no país, para que o seu custo não seja extremamente alto.

A iluminação hoje se tornou um item indispensável na vida dos seres humanos. Atividades que antes eram realizadas somente durante o dia, atualmente passam a ser realizadas no período da noite também, o que faz necessário uso de iluminação artificial nos ambientes.

Sendo assim, surgiu a necessidade de estabelecer níveis de iluminação adequados para cada atividade e ambiente mantendo o conforto luminoso do usuário, pensando no bem-estar e na saúde dos usuários.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo sobre a eficiência energética de um sistema de iluminação de um ambiente, visando a adequação do mesmo à norma vigente e explicitando a viabilidade da proposta para o ambiente e as possíveis reduções de consumo energético.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Panorama sobre o sistema elétrico nacional e a iluminação no país;
- b) Apresentar os impactos da iluminação para o ser humano;
- c) Apontar os principais componentes de um sistema de iluminação e suas tecnologias;
- d) Analisar através de estudo de caso o nível de iluminação de um ambiente em relação ao especificado pela norma.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

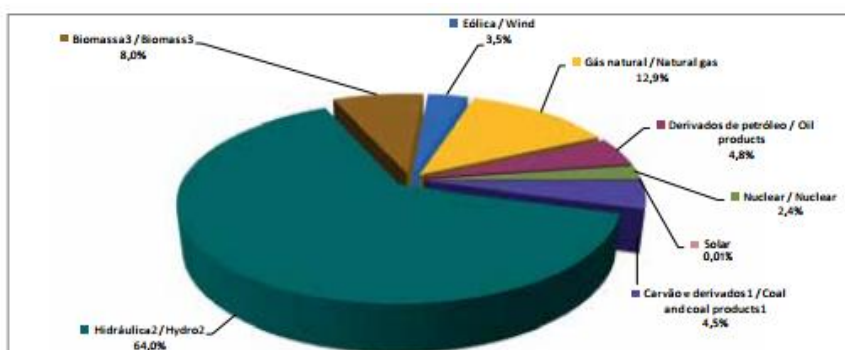
Com o passar dos anos, a necessidade do uso de energia elétrica foi se tornando cada vez mais essencial para a vida diária, seja para trabalhar, uso doméstico, para cuidar da saúde ou até mesmo para momentos de lazer. De acordo com Álvaro (2008), o primeiro registro de uso de eletricidade no Brasil foi durante a transição entre o império e a república, na qual foram utilizadas as primeiras lâmpadas para fazer a iluminação permanente na Estação da Corte da Estrada de Ferro de D. Pedro II, hoje conhecida como Estrada de Ferro Central do Brasil.

Em 1883, durante o século XIX, foi inaugurada a primeira hidrelétrica do país, a Usina Hidrelétrica Ribeirão do Inferno com uma potência instalada de apenas 12 kW, localizada na cidade de Diamantina em Minas Gerais. Seis anos após sua inauguração, foi colocada em funcionamento a Usina Hidrelétrica Marmelos, no rio Paraibuna em Juiz de Fora, tendo uma potência instalada muito maior que a primeira, constando de 375 kW (BIBLIOTECA DO EXERCITO, 2006 apud ALVARO, 2008 p.20).

Para Albuquerque (2008), até o início da década de 90, todos os investimentos realizados no setor elétrico eram provenientes das empresas estatais, empresas essas que foram criadas a partir de empresas estrangeiras ao longo da década de 50.

De acordo com o BEN de 2016¹, a geração de energia elétrica em 2015 alcançou a faixa de 581,5TWh, sendo 1,5% menor do que o ano de 2014. Entre outros fatores, esta variação está relacionada à redução nos níveis dos reservatórios das hidrelétricas em todo o país observada no período. Isso se justifica pela participação das fontes hidráulicas na oferta de energia no Brasil que representou mais de 64%, como pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte



Notas/ Notes:

¹ Inclui gás de coquearia/ Includes coke oven gas

² Inclui importação de eletricidade/ Includes electricity imports

³ Inclui lenha, bagaço de cana, lúxiva e outras recuperações/ Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

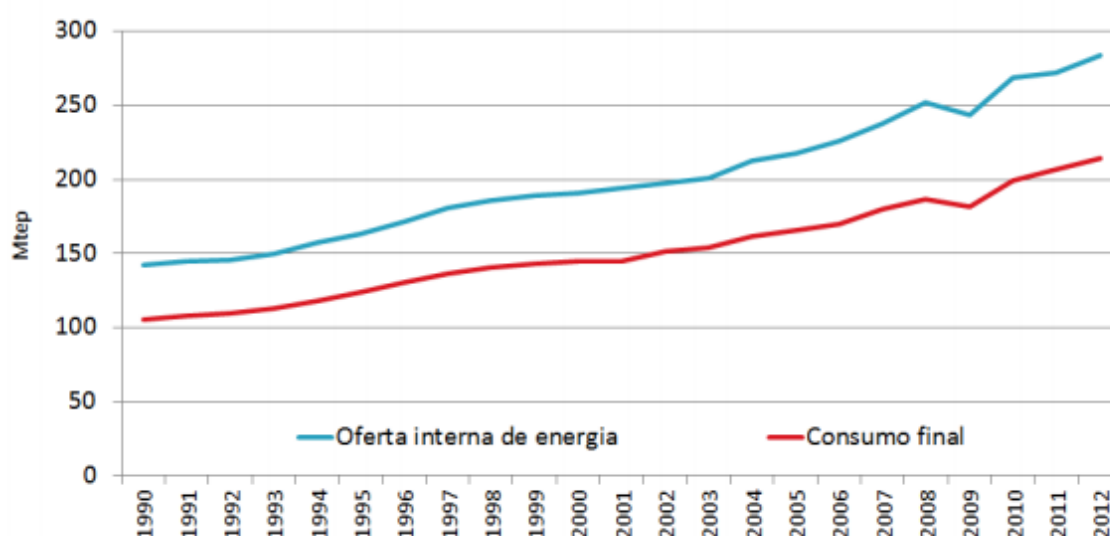
Fonte: BEN, 2016. P16²

¹ <https://ben.epe.gov.br>

² <https://ben.epe.gov.br>

Ainda em 2015, houve redução no consumo de energia do setor residencial (queda de 1,8%) e do setor industrial (5%)³. Considerando que o país estava vivendo uma grave crise econômica no período, esse era o cenário esperado. Isso porque assim como em 2008, durante a crise econômica que atingiu todo o mundo, tanto os níveis de oferta quanto de consumo sofreram quedas consideráveis, como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Oferta Interna de Energia e Consumo Final



Fonte: EPE, 2013.

Outro fator importante para a redução do consumo final é adoção em escala crescente de equipamentos que possuem maior eficiência energética, principalmente do setor de iluminação. A Abilux (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação) que reúne fabricantes de lâmpadas, luminárias, reatores e controles de luz, estima que a iluminação represente cerca de 20% da energia elétrica consumida no Brasil⁴.

Com objetivo de eliminar as barreiras que impedem a promoção da eficiência energética em um país, é necessária a adoção de um conjunto de medidas por parte

³ <https://ben.epe.gov.br>

⁴ <http://www.abilux.com.br>

dos diversos agentes envolvidos. No Brasil, existem órgãos responsáveis pela regulamentação e criação de novas políticas para o setor elétrico. A seguir são descritos os principais órgãos e uma síntese de suas atribuições.

2.1.1 CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

É um órgão de assessoramento a Presidência da República responsável pela formulação das políticas e diretrizes ao setor energético brasileiro. De acordo com a Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, são atribuições do CNPE, além de preservar o interesse nacional, promover o desenvolvimento e valorizar os recursos energéticos, proteger os interesses do consumidor quanto ao preço a qualidade e a oferta dos produtos, proteger o meio ambiente, além das demais atribuições.⁵

Segundo Tolmasquim (2011), cabe ao CNPE indicar medidas específicas destinadas a promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos e assegurar que áreas de difícil acesso do país tenham seu suprimento atendido.

Ainda segundo Tolmasquim (2011), na reforma do setor elétrico o CNPE passou a ser responsável por assegurar o suprimento e manter o equilíbrio entre a confiabilidade do fornecimento e as tarifas de preços.

2.1.2 MME - Ministério de Minas e Energia

Órgão da administração federal responsável pela formulação de políticas públicas e supervisão da implantação dessas políticas. Suas atribuições estão vinculadas as áreas de geologia, recursos minerais e energéticos, energia hidráulica, mineração e metalurgia, petróleo, combustíveis e energia elétrica. Tudo isso seguindo as diretrizes do CNPE (MME, 2014)⁶.

⁵ <http://www.mme.gov.br>

⁶ <http://www.mme.gov.br>

Tolmasquim (2011) explica que o MME foi criado pela lei nº 3782, em 1960. Antes de sua criação, cabia ao Ministério da Agricultura tratar dos assuntos de minas e energia. Em 1990, o MME foi extinto e suas responsabilidades foram delegadas ao Ministério da Infraestrutura. Em 1992 o MME foi novamente criado. No novo modelo do Setor Elétrico, deveria estabelecer diretrizes para os leilões de energia, realizar os contratos de concessão e definir os montantes de garantias físicas dos empreendimentos de geração.

2.1.3 EPE - Empresa de Pesquisa Energética

Criada a partir da Lei nº10847/04 é uma empresa com finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisa com finalidade de expansão do setor elétrico. (EPE, 2014)⁷

A EPE, vinculada ao MME, tem por finalidade realizar estudos e pesquisas destinadas a subsidiar e dar apoio técnico ao planejamento energético. A EPE realiza estudos da matriz energética de longo prazo e estudos de planejamento integrado dos recursos energéticos, além de subsidiar a formulação, o planejamento e a implementação das ações do MME, no âmbito da política energética nacional, e planejar a expansão do sistema de geração e transmissão (TOLMASQUIM, 2011. p. 43).

2.1.4 CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

Criado a partir da Lei nº10848, de 2004, tem a função de acompanhar e avaliar a continuidade e segurança do fornecimento de energia em todo o país. O CMSE está diretamente associado ao MME, uma vez que o mesmo é presidido pelo Ministro do Estado de Minas e Energia (MME, 2014).

Segundo Florezi (2009), suas principais atribuições são:

- a) Acompanhar o desenvolvimento das atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica.

⁷ <http://www.epe.gov.br>

- b) Avaliar as condições de atendimento e abastecimento
- c) Realizar periodicamente uma análise e elaborar propostas para ajustes e ações preventivas que possam restaurar a segurança no abastecimento e no atendimento elétrico.

2.1.5 ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

Autarquia vinculada ao MME, criada pela lei nº 9247/96 tem como função regular e fiscalizar o serviço prestado pelas empresas de energia elétrica no país, nas áreas de geração, transmissão, distribuição e comercialização (MME, 2014).

Segundo Tomalsquim (2011), ocorreu na década de 90 a desestatização de muitas empresas. Tal acontecimento gerou uma necessidade de órgãos reguladores que pudessem fiscalizar a qualidade dos serviços prestados por essas empresas.

Tolmasquim (2011) cita também algumas atribuições da ANEEL que são, dentre outras, a de aprovar regras de comercialização de energia elétrica tanto no ACL como no ACR, a fixação de multas administrativas a serem impostas, o zelo pelo cumprimento da legislação de defesa da concorrência.

2.1.6 ONS - Operador Nacional do Sistema

Criado pela Lei nº 9648/98 é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional. É fiscalizado e regulamentado pela ANEEL (ONS, 2014)⁸.

Ainda segundo o site do ONS, suas principais atribuições são:

⁸ <http://www.ons.org.br>

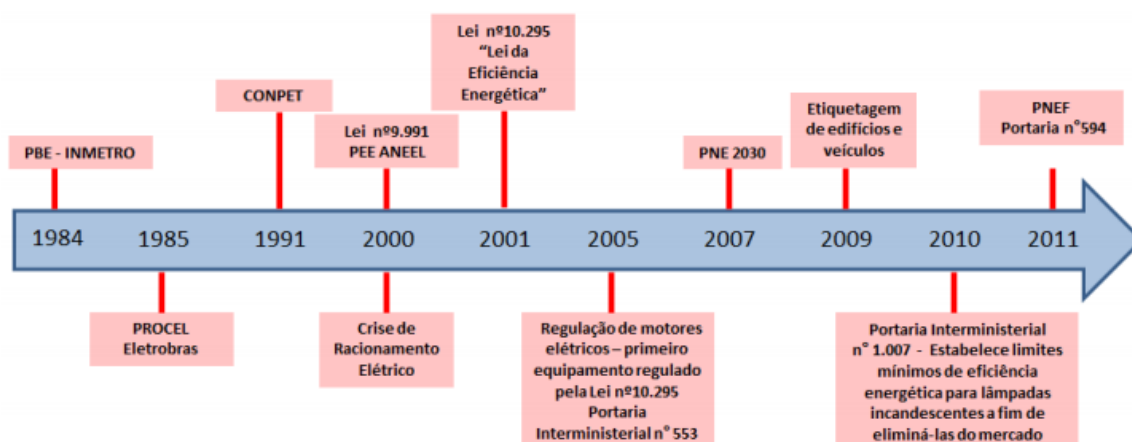
- a) O planejamento e programação da operação e despacho centralizado da geração, com vistas à otimização dos sistemas eletro energéticos interligados.
- b) Supervisão e controle da operação dos sistemas eletro energéticos nacionais e das interligações internacionais.
- c) Contratação e administração dos serviços de transmissão de energia elétrica e respectivas condições de acesso.
- d) Elaboração de propostas anuais de ampliações e reforços das instalações da Rede Básica de Transmissão.

2.2 POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com Jannuzzi (2002 apud BRAGA, 2007), o assunto eficiência energética começa a ser discutido no Brasil pelo governo federal como resposta à crise do setor petrolífero na década de 1980. Ainda de acordo com Jannuzzi (2002 apud BRAGA, 2007), a implantação de mecanismos e políticas com o objetivo de promover a eficiência energética teve início, no Brasil, com a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1984. A partir de então, diversas iniciativas foram desenvolvidas em todo o país com este objetivo.

A Figura 1 apresenta, em uma linha do tempo, algumas das principais ações de políticas públicas atuantes sobre a eficiência energética implantadas no Brasil entre 1984 e 2011. Em seguida são explicados de forma resumida as duas principais políticas: Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

Figura 1 - Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil – 1984 a 2011



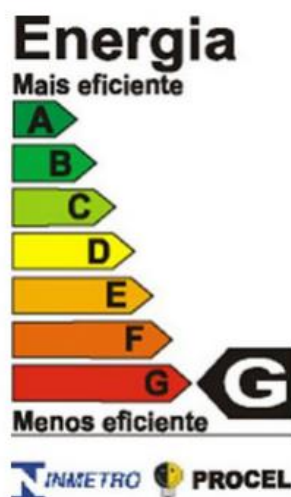
Fonte: EPE, 2013.

2.2.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

De acordo com o INMETRO (2017), o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa criado em 1984, coordenado pelo Inmetro, que atua através de etiquetas informativas, alertando o consumidor quanto à eficiência energética dos produtos. Ele tem como objetivo “fornecer informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes” (INMETRO, 2017). Além de auxiliar os clientes em compras mais conscientes, estimulam a competitividade da indústria, uma vez que serão fabricados produtos cada vez mais eficientes.

O principal produto do PBE é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A ENCE classifica os equipamentos quanto a eficiência energética do produto. A classificação é realizada por faixas coloridas partindo da mais eficiente (“A”) até a menos eficiente (de “C” até “G”, dependendo do produto) (MME, 2011). A seguir, pode-se observar na Figura 2, um modelo de etiqueta para lâmpadas.

Figura 2 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - Modelo de Etiqueta para Lâmpadas



Fonte: MME, 2011. P45.

2.2.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é um programa coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobrás. Este programa foi criado em 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”. Além disso, “postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável.” (PROCEL, 2017).

A criação desses mecanismos para auxiliar na economia de energia elétrica no cotidiano das famílias brasileiras vai ao encontro dos investimentos promovidos pelas empresas na criação de produtos mais adequados à realidade socioeconômica. Todos os dias novos produtos são demandados por consumidores cada vez mais exigentes e conscientes. Portanto é de responsabilidade das empresas desenvolver produtos que sejam energeticamente eficientes e que atendam aos critérios técnicos e

estéticos. Esse assunto é ainda mais relevante em situações nos quais são tratados sistemas de iluminação.

2.3 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

De acordo com o MME (2013), um dos objetivos dos sistemas de iluminação é garantir as boas condições de visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está diretamente ligado às atividades desenvolvidas no ambiente que será iluminado, estas podendo ser atividades laborais e comerciais (ex. consultórios médicos, escritórios, salas de aula, lojas, etc.).

O segundo objetivo dos sistemas de iluminação, ainda de acordo com o MME (2013), é a ambientação ou decoração do espaço. Não estão vinculadas a atividades laborais ou produtivas, sendo exemplos dessas iluminações as de museus, restaurantes e residências.

A iluminação do ambiente afeta diretamente as reações humanas tanto em relação ao ambiente quanto em relação à saúde física. De acordo com Loss (2013), “A luz pode alterar a percepção da forma de um espaço, com a iluminação pode-se redefinir contornos e limites e também as sensações que este ambiente proporciona”.

O artigo desenvolvido por Nicklas e Bailey (2002), cita alguns dos principais estudos realizados em escolas dos EUA e Canadá sobre a influência da iluminação na saúde dos alunos. Em um dos estudos citados no artigo, “Study into the Effects of Light on Children of Elementary School Age: A Case of Daylight Robbery”, concluiu-se que:

- a) Estudantes que são alocados em salas com iluminação artificial o mais próximo da natural (neste caso, analisada a “Full-Spectrum, que mais se aproxima da luz natural), eram mais saudáveis e tinham uma frequência entre 3.2 e 3.8 dias maior do que outros alunos;
- b) Níveis de iluminação maiores em bibliotecas resultaram em menores níveis de barulhos;
- c) Melhores níveis de iluminação têm influência direta no humor dos estudantes;

- d) Os estudantes expostos à iluminação fornecida pela “Full-Spectrum” receberam mais vitamina D, o que influenciou diretamente na incidência de cáries nos alunos, tendo estes 9 vezes menos caries do que estudantes expostos à iluminação regular.

Os autores também falam sobre o estudo realizado na escola Four Oaks Elementary School, onde eles puderam avaliar os efeitos de diferentes tipos de iluminação, já que a escola foi destruída por um incêndio. Foi analisado o desempenho do mesmo grupo de alunos durante os anos de 1988 a 1991. Durante os anos de 1988 a 1990, os alunos estavam alocados em salas de aula temporárias e em 1990 foram movidos para as salas de aula definitivas, que foram construídas de forma que aproveitassem a iluminação natural. Neste estudo, concluiu-se que o aproveitamento dos alunos nos testes aplicados (CAT) aumentou 3% em relação aos testes aplicados antes do incêndio, em 1988.

2.3.1 Iluminação artificial

O uso de iluminação artificial hoje é de extrema importância para o ser humano no período noturno, já que a intensidade da iluminação natural não é o suficiente para o desenvolvimento de todas as suas tarefas.

Por esta razão, foram criadas normas para iluminação, determinando o nível adequado de iluminação para cada ambiente. A principal norma utilizada hoje para projetos de iluminação de interiores de ambientes é a NBR 8995-1 (2013)⁹, que substituiu a NBR 5413 em 2012. A Figura 3 mostra um exemplo de especificação para alguns ambientes.

⁹ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

Figura 3 - Especificação de iluminação por ambiente

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E_m lux	UGR_L	R_a	Observações
1. Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestibúlos, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas.

Fonte: NBR 8995-1, 2013. P 12.¹⁰

2.3.1.1 Tipos de luminárias

De acordo com MME (2011), as luminárias são equipamentos que têm as funções principais de controlar e distribuir a luz produzida pelas lâmpadas nelas instaladas, proporcionando ventilação adequada e mantendo a temperatura de operação nos limites estabelecidos. Suas partes principais são: receptáculo para a fonte luminosa, refletores, difusores e carcaça.

De acordo com o Manual de Iluminação PROCEL (MME, 2011), existem quatro tipos de luminárias: Fechadas, Abertas, Spots e Projetores. A escolha do melhor tipo de luminária dependerá das características do projeto e dos tipos de lâmpada que serão utilizados. GHISI (1997), sugere que na escolha da luminária para iluminação de um determinado ambiente é essencial a verificação de sua eficiência e do seu coeficiente de utilização. Ainda por GHISI (1997), a eficiência de uma luminária

¹⁰ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

determina a relação entre a quantidade da luz total emitida por ela e a luz total gerada pelas lâmpadas. Embora a eficiência da luminária seja um fator muito importante no desenvolvimento de um projeto de iluminação, a sua análise de forma isolada pode levar a soluções inadequadas de iluminação.

2.3.1.2 *Tipos de lâmpadas*

2.3.1.2.1 Lâmpadas de descarga

Criadas no início do século XIX, eram utilizadas como uma opção a luminárias a gás. Ainda na classificação de lâmpadas de descarga pode-se fazer uma subdivisão em dois grupos: lâmpadas de baixa pressão e lâmpadas de alta pressão. Apesar das diferenças entre essas lâmpadas pode-se dizer que elas são formadas por um plasma, ou seja, uma matéria eletricamente neutra constituída de matérias portadoras de cargas elétricas (FIORINI, 2006).

Ainda de acordo com FIORINI (2006), as lâmpadas de alta pressão apresentam durabilidade variada e possui versões elipsoidais, tubulares e compactas. São indicadas para iluminação de estádios de futebol, ginásios poliesportivos, piscinas cobertas, indústrias, supermercados, salas de exposição. Já as lâmpadas de baixa pressão apresentam pequenas dimensões, alta eficiência, ótima reprodução de cor, vida útil longa e baixa carga térmica. São ideais para shopping centers, lojas, vitrines, hotéis, stands, museus, galerias, jardins, fachadas e monumentos.

- a) **Lâmpada de vapor de mercúrio** – Lâmpadas de descargas com aparência branco-azulada, eficiência de até 55 lm/W, apresentadas em potências de 80 a 1000 W. Utilização: normalmente, na iluminação de vias públicas e áreas industriais. (MME, 2011)
- b) **Lâmpada de vapor de sódio** – São lâmpadas com altíssima eficiência energética, até 130 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição. Apresentam-se em versões tubulares e elipsoidais.

Gradualmente estão substituindo as lâmpadas com pouca eficiência em iluminação pública, como as de vapor de mercúrio, por exemplo. Utilização: Amplamente utilizadas na iluminação externa, avenidas, auto-estradas, viadutos, complexos viários, etc. (MME, 2011)

- c) **Lâmpada de multivapores metálicos** - São lâmpadas que combinam iodetos metálicos, apresentando alta eficiência energética e excelente reprodução de cor. Sua luz, extremamente branca e brilhante, realça e valoriza espaços e ilumina com intensidade, além de apresentar longa durabilidade e baixa carga térmica. (MME, 2011)

2.3.1.2.2 Lâmpadas de incandescência

- a) Incandescentes – são compostas de um filamento de tungstênio que, quando aquecido por corrente elétrica até o ponto de incandescência, gera luz. É bastante utilizada em ambientes residenciais por ter um custo baixo, mas tem uma vida útil e eficiência luminosa baixos, em torno de 1000h e 12lm/W. (MME, 2011) (COPEL, 2016)
- b) Halógenas – são lâmpadas incandescentes de pressão alta, compostas por tungstênio, mas que contêm gases halógenos como iodo ou bromo. Os gases permitem que o tungstênio possa operar em temperaturas mais altas, resultando em uma maior eficiência. São mais compactas, possuem uma vida útil maior (em torno de 2000h) além de consumirem 25% a 40% menos que as lâmpadas incandescentes. Entre as halógenas mais comuns estão: Dicroicas, Palito, PAR, AR e Halopin. (MME, 2011) (COPEL, 2016)

Figura 4 - Lâmpadas Halógenas



Fonte: FOXLUX, 2013¹¹.

2.3.1.2.3 Lâmpadas mistas

Este tipo de lâmpada é uma combinação de filamento incandescente e um tubo de descarga com alta pressão. Seu funcionamento é característico em 220V, possuem eficiência de 25lm/W e uma vida útil de aproximadamente 6000h. (MME, 2011) (COPEL, 2016).

¹¹ <https://www.foxlux.com.br>

Figura 5 - Lâmpada Mista

HWL 500 W 225 V E40

HWL | Lâmpadas de luz mista para luminária de embutir ou aplicação sobreposta

**Dados Elétricos**

Potência nominal	500,00 W
potência nominal	530,00 W
Corrente da lâmpada	2,41 A
Tensão nominal	220...230 V
Tensão de ignição	0,198 kVp
Eficiência luminosa (condições normais)	26 lm/W

Fonte: Adaptado pela autora do Catalogo OSRAM, 2017.¹²

2.3.1.2.4 Lâmpadas LED

O LED (Light Emissor Diode – Diodo Emissor de Luz) é composto de diversas camadas de material semicondutor que, quando energizado, emite luz. A cor desta luz depende dos materiais usados na composição do LED, por isso é possível ver luzes de cores vermelha, azul, amarela e verde. A Luz branca é uma combinação das luzes azul, verde e vermelha (MME, 2011) (COPEL, 2016).

Antigamente era comum a aplicação de LED somente em aparelhos eletrônicos, como notebooks e televisores. Atualmente, após pesquisas e estudos, a aplicação dos LED estão se estendendo para a iluminação. De acordo com a COPEL (2016), os modelos de lâmpadas encontrados hoje possuem uma eficiência energética entre 80 e 100lm/W, e uma vida útil superior à 15.000h, praticamente o dobro de uma lâmpada incandescente ou fluorescente.

¹²<http://www.osram.com.br>

Outra razão para o crescimento da utilização das lâmpadas LED, é o seu baixo consumo de energia. No Quadro 1, podemos ver uma a equivalencia de consumo entre as lâmpadas LED e outros tipos existentes no mercado.

Quadro 1 - Equivalência lâmpadas LED

Lâmpadas e Focos de Teto			
LED	Incandescente	Halogéneo	Economizadora
1W	10W	5W	2W
2W	20W	10W	4W
3W	30W	15W	6W
5W	50W	25W	9W
7W	60W	35W	13W
10W	80W	45W	18W
12W	100W	55W	20W
50.000 horas	1.000 horas	2.000 horas	15.000 horas

Fonte: ENTRE LED, 2017.¹³

2.3.2 Projeto de iluminação

2.3.2.1 Cálculos luminotécnicos

Ao se desenvolver um projeto de iluminação de um determinado ambiente, deve-se, à princípio, escolher o sistema lâmpada-luminária adequado ao recinto. O próximo passo para o desenvolvimento do projeto é a determinação da quantidade de lâmpadas e luminárias que fornecerão um nível de iluminação adequado ao ambiente. A determinação dessa quantidade pode ser feita através de métodos

¹³ <http://www.led.entre.com.pt>

amplamente utilizados: o Método dos Lúmens e o Método de Ponto por Ponto¹⁴. Além destes métodos existem outros de menor utilização que não serão detalhados.

O método dos lúmens considera a iluminância para determinar a quantidade de luminárias e lâmpadas necessárias. O método de ponto por ponto não é utilizado para o cálculo direto da quantidade de luminárias necessárias, porém através dele é possível determinar a iluminância em qualquer ponto do ambiente, o que pode influenciar na escolha da melhor luminária e, conseqüentemente, na quantidade necessária. Além disso, este método permite verificar a homogeneidade da distribuição da iluminação. Ambos os métodos estão detalhados a seguir.

2.3.2.1.1 Método dos lumens

Método dos Lumens, ou método do Fluxo Luminoso, é o método mais utilizado para sistemas de iluminação em edificações. O objetivo deste método é determinar a quantidade de fluxo luminoso (lumens) para se obter um nível de iluminamento médio desejado no plano de trabalho, considerando fatores como: tipo de atividade desenvolvida, condições do local (cores das paredes e teto) e do tipo de lâmpada-luminária escolhidos. A equação 1 determina o fluxo luminoso total que as lâmpadas a serem instaladas devem emitir (FIORINI, 2006):

$$\Phi = \frac{S * E}{u * d} \quad (1)$$

Onde:

Φ = fluxo luminoso total a ser emitido pelas lâmpadas, em lúmens.

S = área do recinto, em m².

E = iluminamento médio requerido pelo ambiente a ser iluminado, em lux.

u = fator de utilização.

¹⁴ <http://www.lapsi.eletr.ufrgs.br>

d = fator de depreciação do serviço da iluminação ou de perdas.

A área do recinto é calculada considerando as dimensões do local. Pode-se perceber pela equação 1 que, quanto maior for a área do ambiente, maior será a quantidade de luminárias necessárias para se conseguir um mesmo nível de iluminamento, portanto maior será o fluxo luminoso no ambiente.

FIORINI (2006) descreve que o iluminamento médio é escolhido baseado na classe da tarefa destinada ao ambiente, de acordo com a NBR 8995-1 (2013)¹⁵, como mostrado anteriormente na Figura 6. O fator de utilização é calculado pela equação 2:

$$u = K * \eta \text{ luminária} \quad (2)$$

Onde:

u = fator de utilização.

K = eficiência de recinto ou índice de recinto.

η luminária = Eficiência de luminária.

A eficiência de recinto (K) é calculada através das dimensões do recinto a ser iluminado, conforme a equação 3 (FIORINI, 2006):

$$K = \frac{(A * B)}{h * (A + B)} \quad (3)$$

Onde:

K = eficiência de recinto.

¹⁵ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

A = comprimento do recinto, em metros.

B = largura do recinto, em metros.

h = pé-direito útil (da luminária até o plano de trabalho), em metros.

Para a estimativa da refletância das superfícies do ambiente pode-se utilizar o Quadro 2.

Quadro 2 - Grau de reflexão característico de alguns materiais e cores

COR	REFLETÂNCIA
Branco	70 até 80%
Preto	3 até 7%
Cinza	20 até 50%
Amarelo	50 até 70%
TIPO DE MATERIAL	REFLETÂNCIA
Madeira	70 até 80%
Concreto	3 até 7%
Tijolo	20 até 50%
Rocha	50 até 70%

Fonte: FIORINI, 2006. P42.

Ainda de acordo com FIORINI (2006), os fabricantes costumam apresentar para as suas luminárias um quadro relacionando o índice de recinto (K) com as refletâncias do teto, parede e piso. Assim, o fator de iluminação da luminária (u) é obtido pelo cruzamento da Eficiência de recinto (K) com os índices de refletância do recinto (teto, parede e piso).

Finalmente, o fator de depreciação está diretamente relacionado à diminuição do fluxo luminoso no ambiente ao longo do tempo. A diminuição do fluxo luminoso de uma determinada luminária no decorrer de sua vida útil pode ocorrer devido à

diminuição do fluxo luminoso da lâmpada, devido à sujeira acumulada sobre a sua superfície e sobre as superfícies do ambiente e devido à queima de lâmpadas. Atualmente existem diversas formas de se calcular o fator de depreciação. No entanto, a responsabilidade de decidir pela melhor opção para o cálculo do fator de depreciação é do projetista. Na Tabela 1, está a sugestão de SMIT (1964 apud GHISI, 1997):

Tabela 1 - Fator de Depreciação indicado

Período de limpeza (meses)	Ambiente		
	sujo	médio	limpo
0	1,00	1,00	1,00
2	0,85	0,92	0,97
4	0,76	0,88	0,94
6	0,70	0,85	0,93
8	0,67	0,82	0,92
10	0,64	0,80	0,91
12	0,62	0,79	0,90
14	0,60	0,78	0,89
16	0,58	0,76	0,88
18	0,56	0,75	0,87
20	0,54	0,74	0,86
22	0,52	0,73	0,85
24	0,50	0,71	0,84

Fonte: GHISI, 1997. P72.

Após seguir os passos para determinar o fluxo luminoso total a ser emitido pelas lâmpadas, deve-se calcular o número de luminárias necessárias. Para esse cálculo é preciso utilizar a equação 4 (FIORINI, 2006):

$$n_{lu} = \frac{\emptyset}{n_{la} * \emptyset_{la}} \quad (4)$$

Onde:

n_{lu} = número de luminárias.

\emptyset = fluxo luminoso total a ser emitido pelas lâmpadas, em lúmens.

n_{la} = número de lâmpadas por luminária.

\emptyset_{la} = fluxo da lâmpada utilizada, em lúmens.

Para determinar do número de luminárias, é preciso dividir o fluxo luminoso total a ser emitido pelas lâmpadas pelo fluxo emitido por cada luminária. Caso o número de luminárias não seja exato, deve-se arredondar para cima. Como esse cálculo não considera a distribuição no ambiente, pode ser necessário o acréscimo de luminárias para garantir a uniformidade. Após o cálculo do número de luminárias, deve-se posicioná-las no ambiente e determinar a distância entre as mesmas (FIORINI, 2006).

Além de todo o procedimento adotado para a determinação do número de luminárias e seu posicionamento, deve-se ainda considerar a relação entre o pé-direito útil e a distância entre as luminárias para conseguir melhor uniformidade na distribuição. Alguns fabricantes apresentam essa relação para cada uma de suas luminárias (FIORINI, 2006).

2.3.2.1.2 Método Ponto a Ponto

O Método Ponto por Ponto, também conhecido como Método das Intensidades Luminosas, foi baseado nas leis de Lambert. Este método é utilizado quando as dimensões da fonte luminosa são muito pequenas em relação ao plano que será iluminado. O objetivo é determinar, individualmente, a iluminância (lux) em qualquer ponto da superfície para cada projetor cujo fecho atinja o ponto considerado. Assim, o iluminamento total será a soma dos iluminamentos gerados pelas fontes individuais (FIORINI, 2006). A equação 5 define o cálculo para este método:

$$E = \frac{I(\theta) * \cos^3 \alpha * \Phi}{d^2 * 1000} \quad (5)$$

Onde:

E = iluminância, em lux.

$I(\theta)$ = intensidade luminosa, em candelas/1000lúmens.

α = ângulo entre a vertical e a superfície receptora, em graus.

Φ = fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, em lúmens.

d = distância do centro da fonte de luz ao ponto a ser iluminado, em metros.

FIORINI (2006) ainda descreve que, a intensidade luminosa em um dado ângulo é determinada através da curva de distribuição da luminária e do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. O ângulo e a distância entre a fonte de luz e o ponto a ser iluminado é obtido através de conceitos geométricos. Devido a várias fontes de luz, para a determinação da iluminância em um ponto, deve-se calcular a iluminância gerada por cada uma das fontes e efetuar a sua soma de todas elas.

Em um ambiente com muitas luminárias este tipo de cálculo pode ser mais trabalhoso devido ao grande esforço demandado para determinar a iluminância de um determinado ponto.

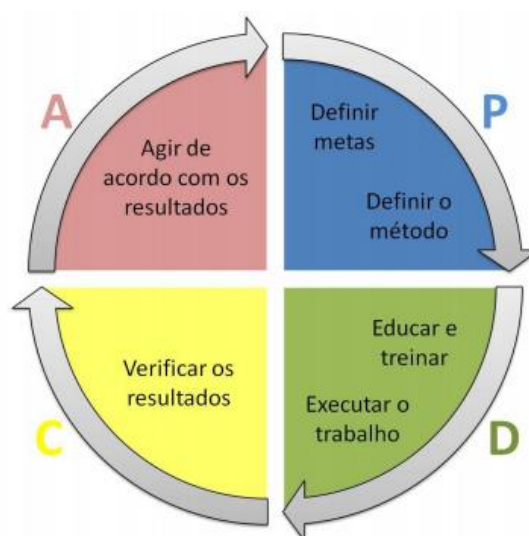
Todos os cálculos descritos para os dois Métodos descritos podem também ser realizados através de softwares específicos. Atualmente existem vários softwares de cálculos luminotécnicos. Os mais comuns são: SoftLux e DIALux. Ambos são programas “freeware” e podem ser adquiridos pelo site do desenvolvedor ou através dos representantes de suas luminárias.

3 METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo deste trabalho, foi desenvolvido um estudo sobre a qualidade da iluminação e seu impacto no consumo energético mensal na Clínica de Análise Comportamental, localizada na cidade de Belo Horizonte/MG.

Para o desenvolvimento do estudo, foi utilizada a ferramenta PDCA (no inglês: Plan – Do – Check – Act; em Português: Planejar – Executar – Checar - Agir). “O ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. ” (WERKEMA apud TRIVELLATO, 2010).

Figura 6 - Ciclo PDCA



Fonte: TRIVELLATO, 2010. P24.

Para este trabalho, foram executadas as seguintes atividades guiadas pelo ciclo PDCA:

- a) Planejar: após apresentado o objetivo do trabalho, que consiste na análise e possível melhoria dos índices de iluminação do local, foi definido um cronograma de execução do projeto junto à clínica e foram levantados os principais horários de utilização da sala.
- b) Executar: levantamento das dimensões do ambiente a ser estudado, medição dos níveis atuais de iluminância, verificação dos equipamentos utilizados e obtenção do histórico de consumo de energia do local. Como o estudo se trata de adequação dos níveis de iluminação, após essa análise preliminar, se

julgado que os níveis não estão de acordo com a norma NBR8995-1, desenvolver uma proposta de melhoria na iluminação do ambiente.

- c) Checar: para este projeto, essa fase será utilizada para verificar, através de cálculos se proposta irá atender os níveis especificados pela norma e analisar a viabilidade financeira da mesma.
- d) Agir: apresentação da proposta para a clínica, que irá decidir se a mesma será aplicada ou não.

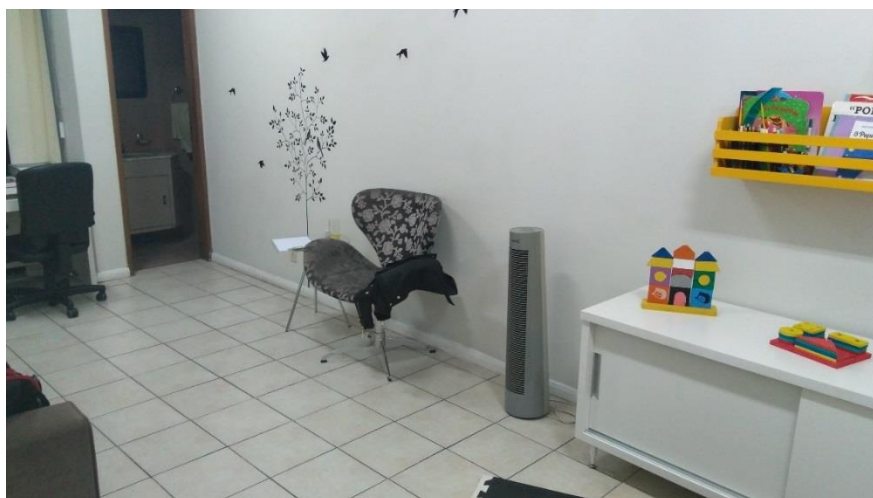
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

A Clínica de Análise Comportamental (CACO), se localiza em um prédio comercial no bairro de Lourdes, em Belo Horizonte/MG, com um custo médio do kW de R\$0,88. Suas instalações são compostas de uma sala locada em um dos pavimentos do prédio, com dimensão total de 6,13x2,75x2,68m. A sala é dividida em dois ambientes, sendo:

- a) Sala de atendimento, ilustrada pela Figura 7, com dimensões de 6,13x2,75x2,68cm;
- b) Banheiro, localizado dentro da sala de atendimento, conforme Figura 8, com dimensões de 1,08x1,73x2,68cm;

Como temos dois ambientes iluminados, foi feita a divisão de cada ambiente para análises separadas. Ambos os ambientes são iluminados com lâmpadas fluorescentes tubulares de 20W, com um fluxo luminoso de aproximadamente 1000lm. As Figuras 7 e 8 ilustram os ambientes que serão estudados.

Figura 7 - Sala de atendimento



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2017.

Figura 8 - Banheiro e sistema de iluminação



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2017.

De acordo com a norma NBR 8995-1 (2013)¹⁶, não existe especificação para o nível de iluminância necessário em uma sala de atendimento, mas deve-se usar como

¹⁶ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

referência o ambiente mais parecido com o qual se está avaliando. Por esta razão, para a sala de atendimento, foi estipulada uma iluminância de 500lux, já que as atividades desenvolvidas são parecidas com atividades desenvolvidas em um escritório. Para o banheiro, a norma determina que o nível deve ser de 200lux. Essas informações podem ser vistas nos Quadros 3 e 4, respectivamente.

Quadro 3 - Nível de iluminância para escritório

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.</i>	<i>\bar{E}_m lux</i>	<i>UGR_L</i>	<i>R_a</i>	<i>Observações</i>
22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação, etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	<i>Para trabalho com VDT ver subseção 4.10.</i>
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de CAD	500	19	80	<i>Para trabalho com VDT ver subseção 4.10.</i>
Salas de reunião e conferência	500	19	80	<i>A iluminação deve ser controlável</i>
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	

Fonte: Adaptado de NBR 8995-1, 2013. P19¹⁷

¹⁷ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

Quadro 4 - Níveis de iluminância para Banheiros

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.</i>	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observações
1. Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	<i>Nas entradas e saídas estabelecer uma zona de transição a fim de evitar mudanças bruscas</i>
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório / Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	

Fonte: Extraído de NBR 8995-1, 2013. P12¹⁸.

Para o estudo, foi considerado somente o período de funcionamento noturno da clínica, que acontece de segundas as sextas, das 18 às 22hs. Com isso, os sistemas de iluminação da sala ficam ligados durante 4hs por dia, totalizando 88hs/mês. Para a iluminação do banheiro, foi suposta uma média de 2hs de iluminação, já que a clínica atende também durante o dia.

Após o levantamento das características dos ambientes, foi feita a avaliação in loco dos níveis de iluminância para cada ambiente. Cada ambiente foi dividido de forma equivalente e as medições foram feitas com o Luxímetro Digital Profissional Similar Minipa 50.000lux, como pode ser visto na Figura 9.

¹⁸ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

Figura 9 - Luxímetro Digital Minipa 50000lux



Fonte: Site Submarino¹⁹, 2017.

Após o levantamento de todos os dados, foi elaborada a Tabela 2 com um resumo do sistema de iluminação atual do local.

Tabela 2 – Sistema de Iluminação Atual

Sistema de Iluminação Atual									
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de Lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas	Qtde de lumens (lm)	Eficiência Energética (lm/W)	Potência Consumida por lâmpada (W)	Consumo de energia (kW/mês - 88hs)	Iluminância média do ambiente (lux)
Banheiro	1,87	Fluorescente tubular T8	1	2	1.000	50	20	1,76	97,5
Sala de Atendimento	16,86	Fluorescente tubular T8	3	2	1.000	50	20	10,56	96,3

Fonte: Tabela elaborada pela autora, 2017.

Com as informações de consumo de cada ambiente, foi analisado qual o impacto em relação ao consumo final da clínica. Foi solicitado às sócias da clínica o

¹⁹Fonte: <https://www.submarino.com.br>

histórico de consumo elétrico do local, para fazer esta análise. A Tabela 3 mostra o perfil de consumo do último ano. Juntamente com o consumo, foi indicada a porcentagem referente ao consumo originado pelos sistemas de iluminação. Pode-se perceber que eles são os responsáveis por uma grande parte do consumo energético do local.

Tabela 3 - Histórico de consumo

Histórico de consumo		
Mês	Consumo (kWh)	Consumo Iluminação
Abr/17	45	27,4%
Mar/17	55	22,4%
Fev/17	44	28,0%
Jan/17	41	30,0%
Dez/16	49	25,1%
Nov/16	34	36,2%
Out/16	20	61,6%
Set/16	18	68,4%
Ago/16	19	64,8%
Jul/16	18	68,4%
Jun/16	23	53,6%
Mai/16	27	45,6%

Fonte: Tabela desenvolvida pela autora, 2017.

3.2 ADEQUAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

Analisando os níveis de iluminância conforme a Tabela 3, percebe-se que os ambientes estão bem abaixo do esperado. A partir dessa análise, foram desenvolvidas duas propostas com foco em adequar a iluminação da sala para os níveis especificados pela NBR 8995-1 (2013)²⁰.

²⁰ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

De acordo com o Manual de Iluminação do Procel (MME, 2011), um projeto de iluminação eficiente deve abordar os seguintes pontos:

- a) Características do ambiente;
- b) Componentes do sistema e da instalação elétrica;
- c) Forma e horário de funcionamento;
- d) Nível de iluminância nos planos de trabalho;
- e) Faixa etária das pessoas que trabalham no local;
- f) Tarifa de energia.

O próprio Manual (MME, 2011) sugere o uso de uma tabela, para cálculo de rentabilidade da proposta, que pode ser vista no Quadro 5.

Para cada ambiente, foi elaborada um quadro semelhante ao Quadro 5, com os dados que foram levantados do sistema atual e os propostos. Para todos os ambientes, foram propostas duas situações: adequar os níveis de iluminação utilizando as mesmas lâmpadas e luminárias hoje existentes no local. A segunda proposta foi a substituição das luminárias atuais, por luminárias com lâmpadas LED tubulares, que tem uma eficiência maior quando comparadas às fluorescentes.

Conforme a Tabela 3, ambos os ambientes não atendiam a norma NBR 8995-1, tendo a sala de atendimento uma média de 96,30lux e o banheiro, uma média de 97,50lux. As Figuras 10 e 11 mostram as simulações feitas no software Softlux 2.2, das situações atuais dos ambientes sala de atendimento e banheiro, respectivamente. A simulação foi feita com dados de luminárias semelhantes às utilizadas hoje na sala, já que os dados técnicos das luminárias não estavam disponíveis.

Quadro 5 - Cálculo de Rentabilidade em Sistemas de Iluminação

Cálculo de rentabilidade

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.	Sistema A	Sistema B
--	-----------	-----------

Características do sistema de iluminação e ambiente

1 Modelo de lâmpada	-		
2 Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens		
3 Modelo do reator	-		
4 Tecnologia do reator	-		
5 Fator de fluxo luminoso do reator	-		
6 Fluxo luminoso obtido por lâmpada = 2 x 5			
7 Modelo da luminária	-		
8 Nível de iluminação obtido (iluminância)	lux		
9 Área do ambiente	m ²		
10 Vida útil da lâmpada	horas		
11 Quantidade total de lâmpadas	unidades		
12 Quantidade total de luminárias	unidades		
13 Potência instalada em cada luminária (lâmpadas + acessórios)	watts		
14 Potência total instalada = (12 x 13) : 1000	kW		

Características de uso

15 Tempo de uso mensal	horas/mês		
16 Consumo mensal de kWh = 14 x 15	kWh/mês		
17 Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação = 10 : 15	meses		

Custos dos equipamentos envolvidos

18 Preço de cada lâmpada	R\$		
19 Preço de cada luminária	R\$		
20 Preço de cada acessório por luminária	R\$		
21 Custo do projeto + instalação	R\$		
22 Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	R\$		

Custos dos investimentos

23 Custos de equipamento para instalação = 11x18 + 12x (19+20+21)	R\$		
24 Diferença entre os custos de investimentos = 23 B - 23 A	R\$		

Custos operacionais

25 Custo do consumo mensal de energia = 16 x 22	R\$		
26 Custo médio mensal de reposição das lâmpadas = (11x15x18) : 10	R\$		
27 Redução no consumo de energia do sistema de ar condicionado	R\$		
28 Somatório dos custos operacionais = 25 + 26 - 27	R\$		
29 Diferença mensal entre custos operacionais = 28 A - 28 B	R\$		

Avaliação de rentabilidade

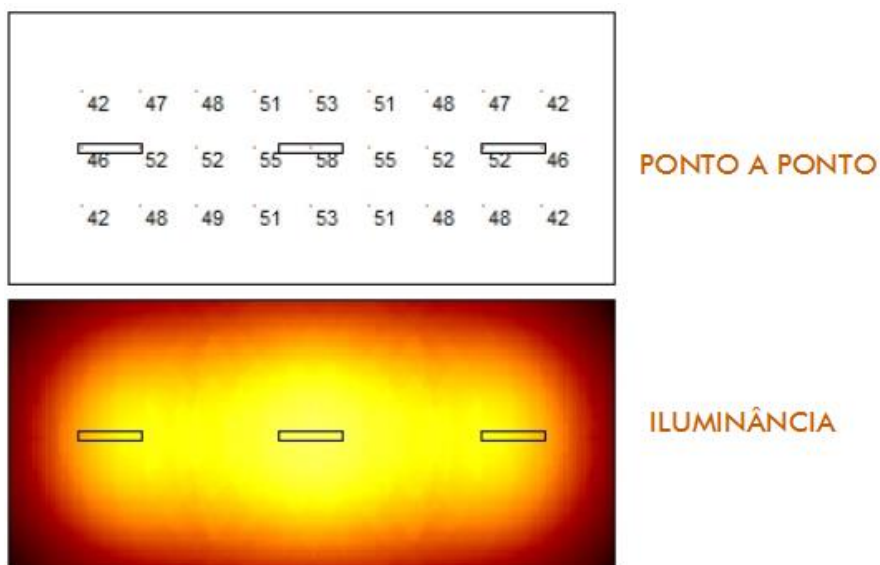
30 Retorno do investimento = 24 : 29	meses		
--------------------------------------	-------	--	--

Dados comparativos de consumo da instalação

31 Densidade de potência Relativa = 1000* 14 : 100* 9 : 8			
---	--	--	--

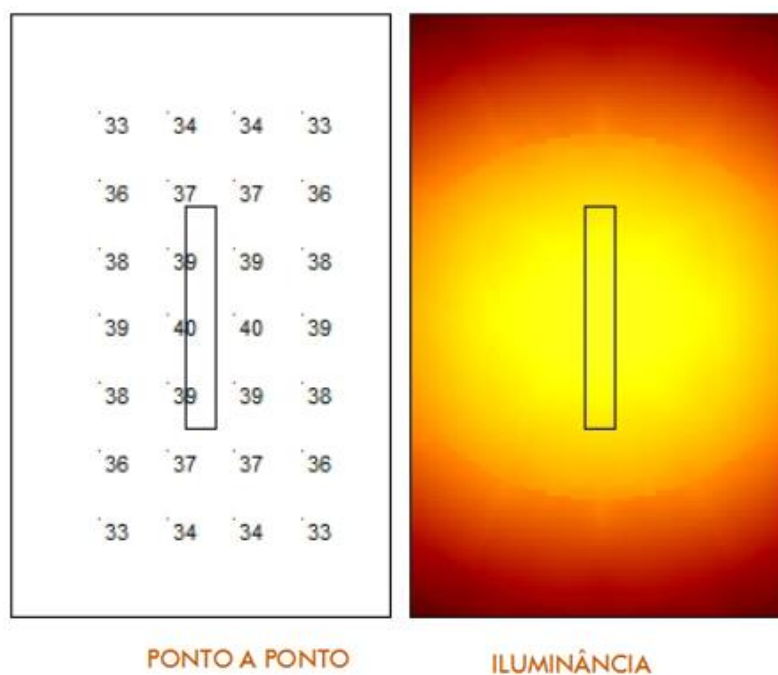
Fonte: MME, 2011. P 46.

Figura 10 - Iluminação atual da Sala de Atendimento



Fonte: Simulação feita através do Softlux, 2017.

Figura 11 - Iluminação atual do Banheiro



Fonte: Simulação feita através do Softlux, 2017.

3.2.1 Proposta 1: Manter o sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes

Para esta análise, foi proposta a troca da luminária, devido à dificuldade de encontrar os dados técnicos da existente, com duas lâmpadas tubulares fluorescentes, sendo cada uma de 20W para cada ambiente. A luminária proposta foi a 3530 da Itaim, conforme pode-se ver na Figura 12. O resultado final, foi obtido através de simulação feita com o software Softlux 2.2, estabelecendo um nível de 500lux para a sala de atendimento e um de 200lux para o banheiro, de acordo com a NBR 8995-1 (2013)²¹.

Figura 12 - Luminária 3530 Itaim



Fonte: Catálogo Online Itaim, 2017²².

3.2.1.1 Sala de atendimento

Após a simulação realizada, constatou-se a necessidade de aumentar a quantidade de luminárias na sala, passando a adotar 10 luminárias. O Quadro 6 foi elaborada a partir dos dados resultantes da simulação para a nova proposta de

²¹ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

²² Catálogo disponível no Anexo A

iluminação da sala de atendimento. A Figura 13 ilustra como ficará a iluminação adotando-se a nova proposta.

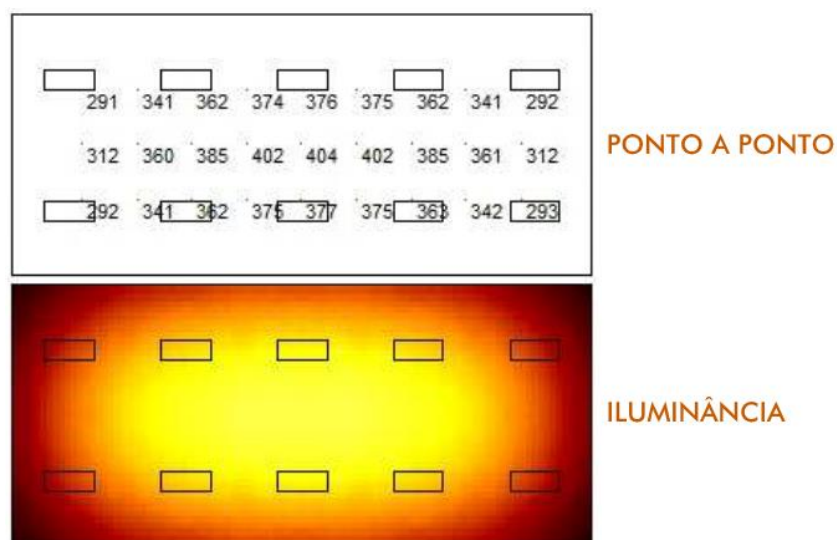
Quadro 6 - Sistema proposto para Sala de Atendimento (Lâmpadas Fluorescentes)

Características do sistema de iluminação e ambiente	Sistema Atual	Sistema Adequado
1. Modelo da lâmpada	Fluorescente tubular T8	Fluorescente tubular T8
2. Fluxo luminoso nominal da lâmpada	1.000	1.000
3. Modelo do reator	Interno	Interno
4. Tecnologia do reator	Eletronica	Eletronica
5. Fluxo luminoso obtido por lâmpada	1.000	1.000
6. Modelo da luminária	ND	Luminária de Sobrepor 3530
7. Nível de iluminação obtido	96,30	437,00
8. Área do ambiente	16,86	16,86
9. Vida útil da lâmpada	6.000	6.000
10. Quantidade total de lâmpadas	6	20
11. Quantidade total de luminárias	3	10
12. Potência instalada em cada luminária (lâmpadas+acessorios)	40	40
13. Potência total instalada (kW)	0,12	0,40
Características de uso		
14. Tempo de uso mensal (horas/mês)	88	88
15. Consumo mensal de kWh	10,56	35,20
16. Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	68,18	68,18
Custos dos equipamentos envolvidos		
17. Preço de cada lâmpada	10,69	10,69
18. Preço de cada luminária	ND*	97,90
19. Preço de cada acessório por luminária	ND*	45,90
20. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	0,88	0,88
Custos dos investimentos		
21. Custos de equipamento para instalação	0,00	1.651,80
Custos operacionais		
22. Custo do consumo mensal de energia (R\$)	9,29	30,98

*Dados não disponíveis

Fonte: Adaptado pela autora. MME, 2011.

Figura 13 - Nova iluminância para a Sala de Atendimento (Lâmpadas Fluorescentes)



Fonte: Simulação realizada pela autora. Softlux, 2017.

3.2.1.2 Banheiro

Após a simulação realizada, constatou-se que seria necessário aumentar o número de luminárias para 2. O Quadro 7 resume os dados técnicos do novo sistema, além dos obtidos na simulação para a nova proposta de iluminação do banheiro. A Figura 14 ilustra como ficará a iluminação adotando-se a nova proposta.

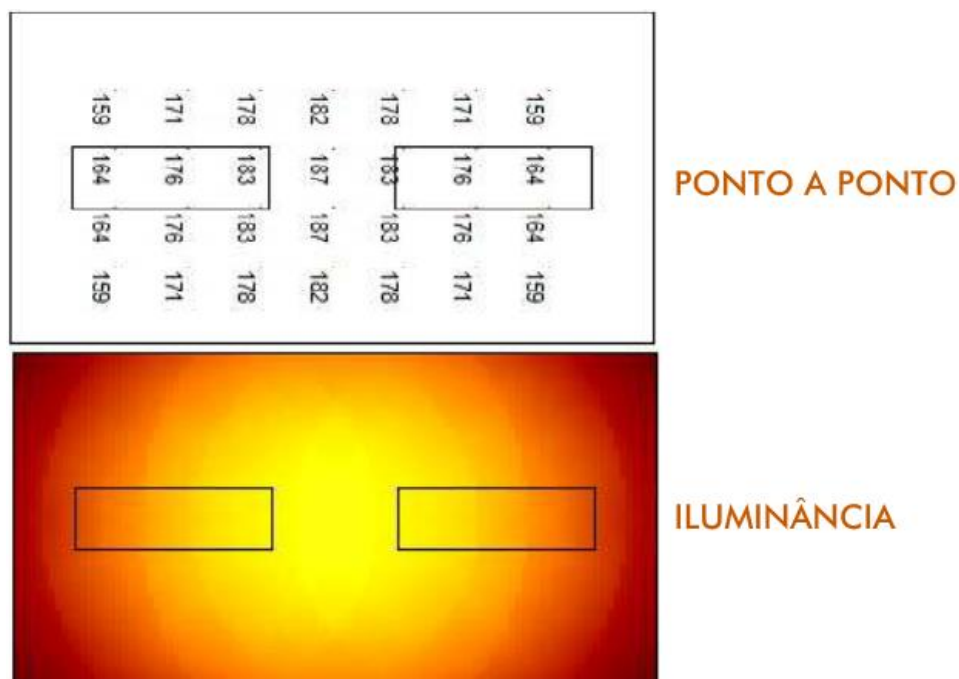
Quadro 7 - Proposta para iluminação do banheiro (Lâmpadas Fluorescentes)

Características do sistema de iluminação e ambiente	Sistema Atual	Sistema Adequado
1. Modelo da lâmpada	Fluorescente tubular T8	Fluorescente tubular T8
2. Fluxo luminoso nominal da lâmpada	1.000	1.000
3. Modelo do reator	Interno	Interno
4. Tecnologia do reator	Eletronica	Eletronica
5. Fluxo luminoso obtido por lâmpada	ND	1.000
6. Modelo da luminária	ND	Luminária de Sobrepor 3530
7. Nivel de iluminação obtido	97,50	274,00
8. Area do ambiente	1,87	1,87
9. Vida útil da lâmpada	6.000	6.000
10. Quantidade total de lâmpadas	2	2
11. Quantidade total de luminárias	1	4
12. Potencia instalada em cada luminária (lâmpadas+acessorios)	40	40
13. Potencia total instalada (kW)	0,04	0,16
Características de uso		
14. Tempo de uso mensal (horas/mês)	44	88
15. Consumo mensal de kWh	1,76	14,08
16. Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	136,36	68,18
Custos dos equipamentos envolvidos		
17. Preço de cada lâmpada	10,69	10,69
18. Preço de cada luminária	ND*	97,90
19. Preço de cada acessório por luminária	ND*	45,90
20. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	0,88	0,88
Custos dos investimentos		
21. Custos de equipamento para instalação	0,00	596,58
Custos operacionais		
22. Custo do consumo mensal de energia (R\$)	1,55	12,39

*Dados não disponíveis

Fonte: Adaptado pela autora. MME, 2011.

Figura 14 - Nova iluminância para o Banheiro (Lâmpadas Fluorescentes)



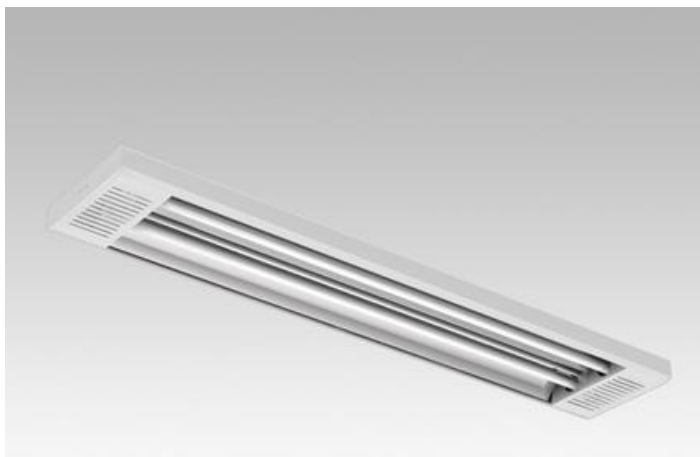
Fonte: Simulação realizada pela autora. Softlux, 2017.

3.2.2 Proposta 2: Troca do sistema de iluminação por lâmpadas LED

Para esta análise, foi sugerida a luminária 3320, da fabricante Itaim, com duas lâmpadas tubulares LED, sendo cada uma de 18W para cada ambiente, como pode-se ver na Figura 15. O resultado final, foi obtido através de simulação feita com o software Softlux 2.2, estabelecendo um nível de 500lux para a sala de atendimento e um de 200lux para o banheiro, de acordo com a NBR 8995-1 (2013)²³.

²³ <https://portal.ufsm.br/biblioteca/leitor/abnt.html>

Figura 15 – Luminária 3320 Itaim



Fonte: Catálogo Online Itaim, 2017²⁴.

3.2.2.1 *Sala de atendimento*

Após a simulação realizada, constatou-se a necessidade de aumentar a quantidade de luminárias na sala, passando a adotar 6 luminárias. O Quadro 8 foi elaborada a partir dos dados resultantes da simulação para a nova proposta de iluminação da sala de atendimento. A Figura 16 ilustra como ficará a iluminação adotando-se a nova proposta.

²⁴ Catálogo disponível no Anexo A

Quadro 8 – Sistema proposto para Sala de Atendimento

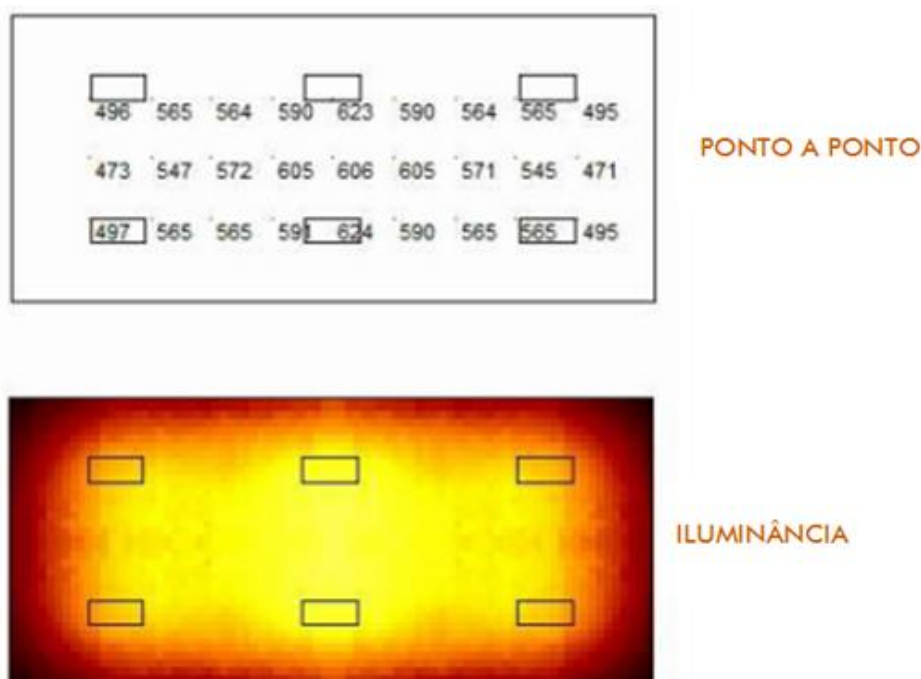
Características do sistema de iluminação e ambiente	Sistema Atual	Proposta - Sala Atendimento
1. Modelo da lampada	Fluorescente tubular T8	Lampada Tubular LED
2. Fluxo luminoso nominal da lampada	1.000	2.000
3. Modelo do reator	Interno	NA**
4. Tecnologia do reator	Eletronica	NA**
5. Fluxo luminoso obtido por lampada	1.000	2.000
6. Modelo da luminária	ND	Luminária de Sobrepor 3320 para lâmpada T8
7. Nivel de iluminação obtido	96,30	512,45
8. Area do ambiente	16,86	16,86
9. Vida útil da lampada	6.000	25.000
10. Quantidade total de lampadas	6	12
11. Quantidade total de luminárias	3	6
12. Potencia instalada em cada luminaria (lampadas+acessorios)	40	36
13. Potencia total instalada (kW)	0,12	0,22
Características de uso		
14. Tempo de uso mensal (horas/mês)	88	88
15. Consumo mensal de kWh	10,56	19,01
16. Durabilidade média das lampadas nesta aplicação	68,18	284
Custos dos equipamentos envolvidos		
17. Preço de cada lâmpada	10,69	26,90
18. Preço de cada luminária	ND*	145,80
19. Preço de cada acessório por luminária	ND*	0,00
20. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	0,88	0,88
Custos dos investimentos		
21. Custos de equipamento para instalação	0,00	1.197,60
Custos operacionais		
22. Custo do consumo mensal de energia (R\$)	9,29	16,73

*Dados não disponíveis

**Dados não aplicáveis

Fonte: Adaptado pela autora. MME, 2011.

Figura 16 – Nova iluminância para a Sala de Atendimento (Lâmpadas LED)



Fonte: Simulação realizada pela autora. Softlux, 2017.

3.2.2.2 *Banheiro*

Após a simulação realizada, constatou-se que não seria necessário aumentar o número de luminárias, pois o fluxo luminoso das novas lâmpadas utilizadas e a eficiência da luminária, conseguem fazer com que o nível necessário de luminância seja alcançado. O Quadro 9 resume os dados técnicos do novo sistema, além dos obtidos na simulação para a nova proposta de iluminação do banheiro. A Figura 17 ilustra como ficará a iluminação adotando-se a nova proposta.

Quadro 9 – Proposta para iluminação do banheiro (Lâmpadas LED)

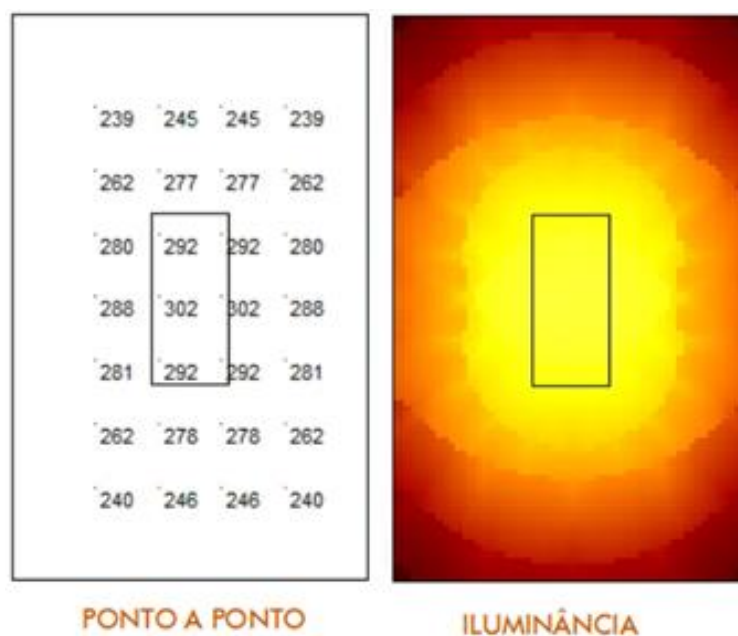
Características do sistema de iluminação e ambiente	Sistema Atual	Proposta
1. Modelo da lâmpada	Fluorescente tubular T8	Lâmpada Tubular LED 9W
2. Fluxo luminoso nominal da lâmpada	1.000	900
3. Modelo do reator	Interno	NA**
4. Tecnologia do reator	Eletrônica	NA**
5. Fluxo luminoso obtido por lâmpada	ND	900
6. Modelo da luminária	ND	Luminária Multiuso 2X9W LED
7. Nível de iluminação obtido	97,50	261,80
8. Área do ambiente	1,87	1,87
9. Vida útil da lâmpada	6.000	25.000
10. Quantidade total de lâmpadas	2	2
11. Quantidade total de luminárias	1	1
12. Potência instalada em cada luminária (lâmpadas+acessórios)	40	18
13. Potência total instalada (kW)	0,04	0,02
Características de uso		
14. Tempo de uso mensal (horas/mês)	44	44
15. Consumo mensal de kWh	1,76	0,79
16. Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	136,36	568
Custos dos equipamentos envolvidos		
17. Preço de cada lâmpada	10,69	20,75
18. Preço de cada luminária	ND*	130,17
19. Preço de cada acessório por luminária	ND*	0,00
20. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	0,88	0,88
Custos dos investimentos		
21. Custos de equipamento para instalação	0,00	171,67
Custos operacionais		
22. Custo do consumo mensal de energia (R\$)	1,55	0,70

*Dados não disponíveis

**Dados não aplicáveis

Fonte: Adaptado pela autora. MME, 2011.

Figura 17 - Nova iluminância para o Banheiro (Lâmpadas LED)



Fonte: Simulação realizada pela autora. Softlux, 2017.

3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Terminados os estudos e feitas as novas propostas, foram realizados os cálculos de viabilidade financeira para o projeto. Foi considerado como investimento para esse cálculo, somente os gastos com as luminárias e lâmpadas para as novas propostas, conforme Tabelas 4 e 5. Já o Quadro 10 mostra a diferença de consumo anual entre o sistema atual e as propostas.

Tabela 4 – Custo de implementação da Proposta 1

Ambiente	Área (m²)	Tipo de Lampada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas	Investimento			
					Luminária	Lâmpadas	Reatores	Total
Banheiro	1,87	Fluorescente Tubular T8	2	4	R\$ 97,90	R\$ 10,69	R\$ 45,90	R\$ 1.982,16
Sala de Atendimento	16,86	Fluorescente Tubular T8	10	20	R\$ 97,90	R\$ 10,69	R\$ 45,90	

Fonte: Tabela elaborada pela autora, 2017.

Tabela 5 - Custo da implementação da Proposta 2

Ambiente	Área (m ²)	Tipo de Lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas	Investimento			
					Luminária	Lâmpadas	Reatores	Total
Banheiro	1,87	LED Tubular	1	2	R\$ 145,80	R\$ 27,00	R\$ -	R\$ 1.397,40
Sala de Atendimento	16,86	LED Tubular	6	12	R\$ 145,80	R\$ 26,90	R\$ -	

Fonte: Tabela elaborada pela autora, 2017.

Quadro 10 - Gastos anuais com iluminação

Sistema Atual	
Consumo Energia Ano	R\$ 130,10
Sistema Proposto 1 - Investimento	
Consumo Energia Ano	R\$ 520,40
Sistema Proposto 2 - Investimento	
Consumo Energia Ano	R\$ 175,63

Fonte: Quadro elaborado pela autora, 2017.

Para o cálculo de viabilidade das propostas, foram utilizados dois métodos de cálculo: *Payback* Simples (PBS) e o Valor Presente Líquido (VPL)

3.3.1 *Payback* Simples (PBS)

Este método consiste em calcular qual o período gasto para que o investimento inicial do projeto seja completamente recuperado. As principais desvantagens deste método consistem em:

- O método não considera o valor do dinheiro no tempo;
- Não leva em consideração os fluxos de caixa após o período de *payback*;
- Não leva em conta o custo de capital da empresa.²⁵

²⁵ <http://www.wrprates.com>

Pode-se calcular o *payback* simples através da equação 6 (UFSM, 2017):

$$PBS = \frac{I}{A} \quad (6)$$

Onde:

PBS = *Payback* Simples

I = Investimento inicial

A = Benefício

Foi calculado o PBS das duas propostas considerando o gasto com a compra das lâmpadas e luminárias como investimento inicial. A diferença entre consumo anual do sistema atual e dos sistemas propostos foi considerada como benefício, que neste caso é negativo, já que o consumo de energia aumentou. As equações 7 e 8 mostram o resultado encontrado:

$$PBS_{Proposta1} = \frac{R\$ 1982,16}{-R\$ 390,30} = -5,08 \text{ anos} \quad (7)$$

$$PBS_{Proposta2} = \frac{R\$ 1397,40}{-R\$ 78,99} = -17,99 \text{ anos} \quad (8)$$

3.3.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O método de cálculo de Valor Presente Líquido é utilizado para calcular a viabilidade de um projeto através da taxa de atratividade do investimento²⁶. O VPL

²⁶ <http://www2.unemat.br>

consiste em fazer a análise do fluxo de caixa no momento atual e somando-o ao investimento inicial, usando a taxa mínima de atratividade (TMA) como taxa de desconto²⁷. Quando a taxa não é especificada, pode-se utilizar como base a taxa de juros divulgada pelo Banco Central, conhecida como SELIC.

“A TMA (taxa mínima de atratividade) é uma taxa de desconto utilizada nos métodos de análise de investimento que representa o mínimo de retorno que o executor do projeto de investimento – seja a empresa ou o investidor – deseja obter”²⁸.

O cálculo do VPL é feito pela Equação 9 (UFSM, 2017):

$$VPL = -I \pm A * FVP(i, n) \quad (9)$$

Onde:

I = Investimento

A = Ganhos Periódicos / Custos Operacionais

FVP (i, n) = Fator de Valor Presente

Analisando a equação 9, pode-se perceber que a variável A pode assumir tanto um valor positivo (+) quanto um valor negativo (-). Quando o projeto apresentar ganhos durante o período analisado, deve-se considerar esse valor como positivo. Caso o projeto apresente custos durante o período, deve ser considerado como negativo (-).

Para o cálculo da variável FVP, leva-se em consideração a taxa de juros (ou TMA) e o tempo de retorno do investimento em dias, meses ou anos. A equação 10 mostra como deve ser feito esse cálculo (UFSM, 2017):

$$FVP(i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \quad (10)$$

²⁷ <http://www.wrprates.com>

²⁸ <http://www.wrprates.com>

Onde:

I = taxa mínima de atratividade (TMA);

n = período analisado

Após os cálculos, a análise de viabilidade se dá através do valor de VPL encontrado com as seguintes condições (UFSM, 2017):

- a) Um VPL **positivo** tonar o projeto economicamente interessante à taxa mínima de atratividade considerada, sendo possível a recuperação do capital inicial.
- b) Um VPL **negativo** mostra que a alternativa de investimento é economicamente inviável, não permitindo a recuperação do capital empregado.
- c) Um VPL **nulo** indica que o retorno é igual ao capital investido, sendo assim indiferente economicamente a realização ou não do projeto.

Para o estudo feito na clínica, foi considerado um período de 1 ano para análise, com uma taxa de atratividade de 11,25%, conforme divulgado pelo Banco Central²⁹ para o mês de maio de 2017.

Com esses dados, foi possível calcular o FVP de acordo com a equação 11:

$$FVP(11,25\%, 2) = \frac{(1+0,1125)^2 - 1}{0,1125 * (1+0,1125)^2} = 0,012638 \quad (11)$$

Com o valor encontrado para o FVP, podemos calcular o VPL para as propostas. Como a análise preliminar mostrou que haverá um aumento no consumo de energia, resultando em um aumento no valor pago, essa diferença será considerada como a variável A negativa, ou seja, como custo operacional. Através das equações 12 e 13, chegamos ao resultado da viabilidade financeira dos projetos.

$$VPL_{Proposta\ 1} = -R\$ 1918,16 - R\$ 390,30 * 0,012638 = -R\$ 1923,09 \quad (12)$$

²⁹ <https://www.bcb.gov.br>

$$VPL_{Proposta 2} = -R\$ 1397,40 - R\$ 78,99 * 0,012638 = -R\$ 1398,40 \quad (13)$$

4 RESULTADOS

Após as análises dos ambientes, percebeu-se que eles se encontravam fora do nível de iluminância mínimo exigido pela norma. Foram desenvolvidas novas propostas, adequando os ambientes à norma. Foram feitas duas propostas, uma mantendo o ambiente com uso de lâmpadas fluorescentes e outro com uso de lâmpadas LED, devido sua eficiência comparada às lâmpadas fluorescentes, tendo um consumo menor e um fluxo luminoso maior que as fluorescentes.

Analisando separadamente cada ambiente, verificou-se a necessidade de aumentar a quantidade de luminárias da Sala de Atendimento, passando a adotar na proposta 1 10 luminárias ao invés de 3, e na proposta 2, 6 luminárias ao invés de 3. Com isso, mesmo adotando lâmpadas de potências menores que as utilizadas em uma das propostas, o consumo teve um aumento considerável, conforme exposto na Tabela 6.

Já após o estudo das novas propostas de iluminação para o banheiro, percebeu-se uma queda de aproximadamente 10% no consumo do mesmo na proposta 2, passando de 1,76 kWh/mês para 1,56 kWh/mês. Já na proposta 1, foi necessário aumentar o consumo do ambiente, pois houve um aumento no número de luminárias, conforme pode-se verificar abaixo na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre os Sistemas de Iluminação

Sistema de Iluminação Atual									
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de Lampada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lampadas	Quantidade de lumens (lm)	Eficiência Energética (lm/W)	Potência Consumida por lampada (W)	Consumo de energia (kW/mês - 88hs)	Iluminância média do ambiente
Banheiro	1,87	Fluorescente Tubular T8	1	2	1.000	ND	20	1,76	97,5
Sala de Atendimento	16,86	Fluorescente Tubular T8	3	2	1.000	ND	20	10,56	96,3

Sistema de Iluminação Proposto 1									
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de Lampada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lampadas	Quantidade de lumens (lm)	Eficiência Energética (lm/W)	Potência Consumida por lampada (W)	Consumo de energia (kW/mês)	Iluminância média do ambiente
Banheiro	1,87	Fluorescente Tubular T8	2	4	1.000	50	20	7,04	274
Sala de Atendimento	16,86	Fluorescente Tubular T8	10	20	1.000	50	20	352	437

Sistema de Iluminação Proposto 2									
Ambiente	Área (m ²)	Tipo de Lampada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lampadas	Quantidade de lumens (lm)	Eficiência Energética (lm/W)	Potência Consumida por lampada (W)	Consumo de energia (kW/mês)	Iluminância média do ambiente
Banheiro	1,87	LED Tubular	1	2	1.850	103	18	1,58	261,8
Sala de Atendimento	16,86	LED Tubular	6	12	2.000	111	18	19,01	512,45

Fonte: Tabela elaborada pela autora, 2017.

Analisando os cálculos de viabilidade das duas propostas feitas, percebeu-se que pelo Método de *Payback* Simples, os investimentos nunca serão pagos, já que houve um aumento no consumo de energia resultando diretamente no aumento dos gastos (R\$). Essa inviabilidade financeira do projeto também foi comprovada pelo método VPL, onde os valores finais encontrados foram negativos, não proporcionando à clínica a recuperação do capital investido.

Ao comparar as simulações feitas do sistema atual e dos sistemas propostos, evidenciou-se a diferença da iluminação dos ambientes e como as propostas fariam com que a distribuição da iluminação na sala ficasse mais uniforme, e não somente no centro dos ambientes, como é o caso da iluminação atual.

O estudo feito, mostrou à clínica que a melhoria é necessária, mas os cálculos de viabilidade evidenciaram que não haverá retorno financeiro dos investimentos, já que com todas as propostas feitas, o consumo energético aumentará, resultando em um aumento no valor final gasto com energia elétrica no ambiente. Apesar de resultar nesse aumento de consumo, foi aconselhado à Clínica a adequação do ambiente com lâmpadas LED, já que essas possuem um tempo de vida útil maior e um consumo menor do que as lâmpadas fluorescentes.

5 CONCLUSÕES

Com as diversas crises de energia que temos vivido, onde os níveis dos reservatórios ficam em níveis críticos devido à falta de chuva, houve um aumento considerável no preço final da energia. Em virtude disto, tem sido cada vez mais necessário se pensar em formas de tornar eficiente o uso da energia.

Para a clínica estudada, onde não há expediente durante o dia, não foi possível aproveitar a luz natural como uma forma de redução no consumo de energia. Por esta razão foi necessário o aumento do consumo para adequar os sistemas de iluminação ao especificado por norma, não prejudicando assim a saúde dos profissionais e pacientes do local.

Atualmente eficiência energética tem sido sinônimo de redução de consumo, e nem sempre se pensa no impacto que isso pode ter em um ambiente. Após a realização deste trabalho, conclui-se que nem sempre a adequação da iluminação de um ambiente irá trazer uma redução no consumo de energia.

O aprendizado técnico foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para a compreensão dos parâmetros necessários para as análises aqui presentes. Por mais que se trate de um assunto simples, a especificação de iluminância de um ambiente deve ser tratada com muito cuidado, pois um ambiente com uma especificação abaixo do necessário pode prejudicar a saúde dos seres humanos.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Glossário**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/resp_glossario.cfm>. Acesso em: 20 abril 2017.

ALBUQUERQUE, Álvaro Rocha. **Fluxo de Caixa em Risco: Uma Nova abordagem para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Técnico Científico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0621327_08_Indice.html>. Acesso em: 21 abril 2017.

BRAGA, Laura Caixeta. Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma **Abordagem de Automação Predial**. 2007. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em <<https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/260M.PDF>>. Acesso em 19 de junho de 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **O que fazemos**. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos?_afLoop=1869990021957639#%40%3F_afLoop%3D1869990021957639%26_adf.ctrl-state%3Dj9aw1992y_102>. Acesso em: 21 abril 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Redes elétricas inteligentes: Contexto nacional**. 2012. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=8050>>. Acesso em: 07 maio 2017.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Tipos de Lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F423c114f77e78e81032573f7004b2e92>>. Acesso em: 14 de junho de 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Quem somos**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/quemsomos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 21 abril 2017.

FIORINI, Thiago Morais S. **Projeto De Iluminação De Ambientes Especiais**. 2006. 128 f. Projeto (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/Id/Arquitetural/interiores/projeto_de_iluminacao_de_ambientes_internos_especiais.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2017.

FLOREZI, Guilherme. **Consumidores Livres de Energia Elétrica: Uma Visão Prática**. 2009. 158 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-12082010-160912/pt-br.php>>. Acesso em: 26 abril 2017.

GHSI, Enedir. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação**: Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Enedir_Ghisi.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 18 jun. 2017.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil**. Sustentabilidade na Geração e o Uso da Energia no Brasil: os próximos 20 anos. São Paulo, 2002. Disponível em <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/unicamp-20anos.pdf>>. Acesso em 18 de junho de 2017.

LOSS, Juliana. **Iluminação Artificial Residencial**: A Percepção Do Usuário De Curitiba Em Ambientes De Descanso. 2013. 99 f. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/ppgecc/wp-content/uploads/2016/files/dissertacoes/d0190.pdf>>. Acesso em 05 de junho de 2017.

LUMICENTER. **Informações Técnicas**. 2006. Disponível: <http://www.lumicenter.com/info_tecnica/index_info.html>. Acesso em: 18 jun. 2017.

NICKLAS, Michael H., BAILEY, Gary B. Analysis of performance of students in daylight schools. Raleigh, Carolina do Norte: Innovative Design, 2002. Disponível em <<http://www.innovativedesign.net/files/Download/Analysis%20of%20Student%20Perfor%20in%20Daylit%20Schools.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **ANEEL**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/entidades_vinculadas/aneel.html>. Acesso em: 21 abril 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **CMSE**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/conselhos_comite/cmse.html>. Acesso em: 21 abril 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **CNPE**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/conselhos_comite/cnpe.html>. Acesso em: 21 abril 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Competências**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/acesso_a_informacao/institucional/competencias.html>. 21 abril 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Características de Sistemas de Iluminação**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/CARACT%20DE%20SIST%20DE%20ILUM%20ARTIF-%20CEPEL_CATE%20-%202013.pdf>. Acesso em: 17 junho 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Manual de Iluminação**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2017.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O ONS**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/institucional/o_que_e_o_ons.aspx>. Acesso em: 21 abril 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

TOLMASQUIM. Maurício Tiomno. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011. 320p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. **Unidade 1 – Análise Econômica Em Conservação De Energia**. 2017. Disponível em <https://ead08.proj.ufsm.br/moodle2_UAB/mod/page/view.php?id=162594>. Acesso em 01 de julho de 2017.

ANEXO A – CATÁLOGO DAS LUMINÁRIAS UTILIZADAS NAS PROPOSTAS

ITAIM
ILUMINAÇÃO

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

3530 2XT26 16W



3530.216.300

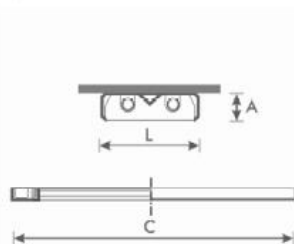
Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 16W. Corpo e refletor em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Alojamento do reator na cabeceira. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Uso geral, onde exerçam tarefas com requisitos visuais normais como loja de serviço, hospital, refeitório, sala de aula, banco, escritório, almoxarifado, etc.

Rendimento: 78%

Dimensões: A= 58 x L= 227 x C= 716 mm.

DESENHO



FATOR DE UTILIZAÇÃO

TETO (%)	70			50			30			0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0	0
PISO (%)	10			10			10			0
Kv	FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)									
0.60	33	27	23	32	27	23	27	23	21	
0.80	41	35	30	40	34	30	33	30	28	
1.00	47	41	36	45	40	36	39	35	34	
1.25	52	47	42	51	46	42	45	41	39	
1.50	56	51	47	55	50	46	49	46	44	
2.00	63	58	54	61	57	53	56	53	51	
2.50	67	63	59	65	61	58	60	58	55	
3.00	70	66	63	68	65	62	63	61	59	
4.00	73	70	67	71	69	66	67	65	63	
5.00	75	73	70	73	71	69	70	68	66	

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA

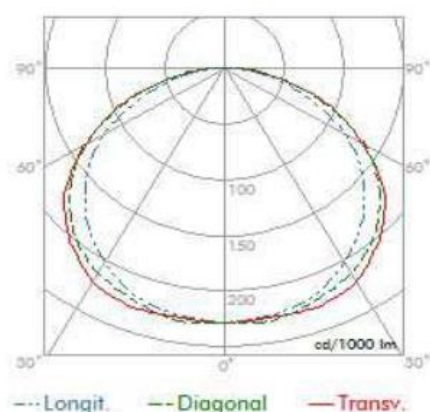


DIAGRAMA DE LUMINÂNCIA



Miralux Ind. e Com. de Aparelhos Elétricos Ltda.
t | 11 4785 1010
f | 11 4785 1034
Rod Régis Bittencourt, km 276
06818 300 Embu - SP
www.itaим.ind.br



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

3320 2XT26 16W


3320.216.300

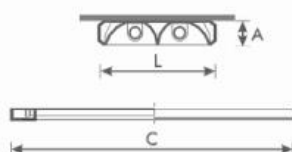
Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 16W. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho. Alojamento do reator na cabeceira. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Uso geral, onde exerçam tarefas com requisitos visuais normais como loja de serviço, hospital, refeitório, sala de aula, banco, escritório, almoxarifado, etc.

Rendimento: 84%

Dimensões: A= 55 x L= 268 x C= 760 mm.

DESENHO



FATOR DE UTILIZAÇÃO

TETO (%)	70			50			30			0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0	0
PIÃO (%)	10			10			10			0
K _v	FATOR DE UTILIZACAO (X 0,01)									
0,60	40	35	30	39	34	30	34	30	29	29
0,80	48	42	38	47	42	38	41	37	36	36
1,00	54	49	44	53	48	44	47	44	42	42
1,25	60	55	50	59	54	50	53	50	48	48
1,50	64	59	55	63	59	55	58	54	52	52
2,00	71	66	63	69	65	62	64	62	60	60
2,50	74	71	68	73	70	67	69	66	64	64
3,00	77	74	71	75	73	70	71	69	67	67
4,00	80	78	76	79	76	74	75	73	71	71
5,00	82	80	78	80	79	77	77	76	74	74

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA

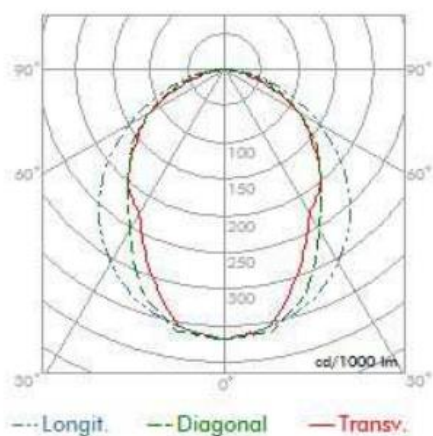
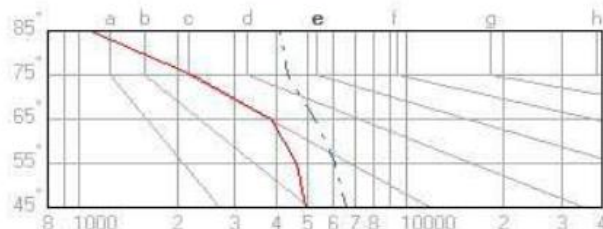


DIAGRAMA DE LUMINÂNCIA

CLASSE	ILUMINANCIA EM SERVIÇO [lx]							
A	2000	1000	500	≤ 300				
B	2000		1000	500	≤ 300			
C	2000			1000	500	≤ 300		
D	2000				1000	500	≤ 300	
E	2000			1000	500	≤ 300		
	a	b	c	d	e	f	g	h



Miralux Ind. e Com. de Aparelhos Elétricos Ltda.
 † | 11 4785 1010
 f | 11 4785 1034
 Rod Régis Bittencourt, km 276
 06818 300 Embu - SP
 www.itaим.ind.br

