



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



ARIEL CEZAR ANDRADE

**PROJETO LUMINOTÉCNICO E ESTUDO DE GERENCIAMENTO ENERGÉTICO
BASEADO EM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE LÂMPADAS – ESTUDO DE
CASO DE UM APARTAMENTO RESIDENCIAL**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

OURO PRETO, 2016

ARIEL CEZAR ANDRADE

**PROJETO LUMINOTÉCNICO E ESTUDO DE GERENCIAMENTO ENERGÉTICO
BASEADO EM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE LÂMPADAS – ESTUDO DE
CASO DE UM APARTAMENTO RESIDENCIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Sávio Augusto Lopes da Silva

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Novembro/2016

A553p

Andrade, Ariel Cezar.

Projeto luminotécnico e estudo de gerenciamento energético baseado em diferentes tecnologias de Lâmpadas [manuscrito]: estudo de caso de um apartamento residencial / Ariel Cezar Andrade. - 2016.

84f.: il.: color; graf; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva.

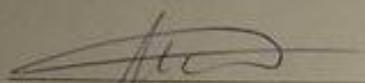
Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Diodos emissores de luz - LED. 2. Eficiência Energética. 3. Iluminação - Luminotécnica. 4. Aquecimento Solar. 5. Energia elétrica - Consumo - Lâmpadas. I. Silva, Sávio Augusto Lopes da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

CDU: 681.5

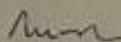
Monografia defendida e aprovada, em 29 de novembro de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva - Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico esta vitória aos meus pais Ana Maria e Ary que sempre confiaram muito em mim, me deram todo o crédito, apoio, e estrutura possível para que eu pudesse alcançar o nível de estudos que eu quisesse para mim. Obrigado meus grandes amigos por toda dedicação e abdicção que os senhores tiveram por mim por tão longo tempo. Vocês construíram um crédito comigo que é simplesmente impagável, mas minha gratidão também é imensurável. Ao meu pai que não teve a oportunidade de me ver formar em vida, agradeço pelas palavras que não consigo esquecer: “você eu acho que não vou ver formar não, mas com você eu nem me preocupo, pois sei que você se dará bem!”. Obrigado por ter dito isto, pai! À minha mãe pelo apoio incondicional em qualquer circunstância a todos os meus projetos de vida, pelo exemplo de coração puro, de amor superior, de bom caráter, de positividade, bom humor, abdicção, fonte inesgotável de boas energias e muito mais, simplesmente obrigado por ser quem a senhora é!

Dedico a meus irmãos Anne e André que sempre estiveram disponíveis para ajudarem no que fosse preciso, sempre torceram, confiaram e me apoiaram! Agradeço por sempre terem se preocupado com que eu estivesse bem atendido em todas minhas necessidades e por terem palavras de conforto sempre que precisei delas.

Dedico também à minha namorada Júlia por ter sido um ponto de luz no momento mais importante do meu curso e em uma fase muito difícil da minha vida. Por ter me ajudado a restabelecer a calma e o equilíbrio nos momentos que mais me desafiaram durante a fase final deste curso, por ter tido muita paciência nos momentos mais tensos e estressantes pelos quais tive que passar, por ter sido sempre tão amorosa, compreensiva, dedicada e companheira.

Por fim, dedico este trabalho e esta conquista a todos os amigos, colegas de curso e a todos os professores que de alguma forma me deram algum tipo de suporte para que eu pudesse percorrer todo esse caminho até o final, o que não foi nem um pouco fácil para mim. Precisei superar muitas dificuldades e desenvolver muitas habilidades que me faltavam durante este tempo como estudante universitário e, para minha sorte, estive sempre envolto por pessoas maravilhosas que de alguma forma ajudaram para que as dificuldades parecessem menores. Sem essas pessoas sem dúvida isso não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Sávio por ter aceitado ser meu orientador neste trabalho, por ter sido sempre bem disposto para conversar sobre o trabalho ou qualquer outro assunto e também por todo o conhecimento passado de forma tão simples e clara em aula e fora de aula sobre os temas relacionados ou não a este trabalho. Obrigado por toda a atenção e pelas conversas amistosas sempre!

Agradeço também ao professor Paulo por ter sido sempre um amigo e orientador ao longo da minha vida acadêmica, por toda a paciência para responder todas as minhas dúvidas e solicitações dentro e fora de sala de aula. Obrigado pelo exemplo de humanidade que o senhor sempre passou para seus alunos que te respeitam muito por isso.

Gostaria de agradecer ao professor Rispoli por ser um verdadeiro “incubador de sonhos” de seus alunos e por ser um dissolvedor de tabus e paradigmas dentro e fora de sala de aula. Por ter tido tantas conversas e conselhos importantes para me passar ao longo de todo esse tempo de convivência em seu laboratório. Agradeço também por mais essa gentileza de participar da banca de avaliação deste trabalho.

Deixo meu obrigado também ao professor Agnaldo por toda a gentileza, carisma, exemplo de postura profissional, assiduidade, atenção, pela solicitude de sempre e pela amizade desenvolvida!

Agradeço também ao professor Henor pela atenção, compreensão e gentileza todas as vezes que precisei de seu apoio.

Deixo um obrigado também ao professor Joca pela amizade e companheirismo de sempre dentro e fora de sala de aula.

Gostaria também de agradecer à professora Aline pelo exemplo de competência e pela amizade criada a partir da sala de aula.

RESUMO

O boom populacional pelo qual a humanidade passou nas últimas seis décadas acrescentando 4,4 bilhões de habitantes em nosso planeta causou sérias alterações aos ecossistemas da Terra. No início da década de 60 pesquisadores ao redor do mundo passaram a notar as alterações ambientais decorrentes do crescimento populacional e intensificaram com o passar dos anos as discussões internacionais para tratar de possíveis alternativas para frear os efeitos do uso exacerbado de recursos naturais, principalmente dos combustíveis fósseis. O desenvolvimento de tecnologias relacionadas às fontes renováveis de energia e o aumento da eficiência energética em todos os setores de consumo passaram a fazer parte das prioridades de políticas públicas de incentivo dos principais países do mundo, incluindo o Brasil. Uma matriz energética mais limpa, menos dependente de combustíveis esgotáveis e poluidores é nos dias atuais uma meta ambiciosa para as nações mais desenvolvidas e preocupadas com as transformações climáticas as quais o planeta vem passando. Dentro deste contexto, o desenvolvimento de lâmpadas de baixo consumo como as de tecnologia LED vem sendo incentivadas pelos governos e também pelos consumidores que estão cada vez mais adeptos à recente alternativa. Este trabalho traz estudos comparativos de custos e desempenho relacionado à utilização de lâmpadas do tipo LED em detrimento das lâmpadas tradicionais já conhecidas, além de fazer um estudo teórico sobre sistemas de aproveitamento solar e gás natural para aquecimento de água como alternativa para redução do consumo de eletricidade pelo setor residencial.

Palavras-chave: LED, Eficiência Energética, Luminotécnica, Aquecimento Solar, Lâmpadas Econômicas.

ABSTRACT

The population boom that mankind has passed over the last six decades adding 4.4 billion people to our planet has caused serious alterations to Earth's ecosystems. In the early 1960s researchers around the world began to note the environmental changes brought about by population growth and intensified over the years international discussions to address possible alternatives to curb the effects of the exacerbated use of natural resources, mainly fossil fuels. The development of technologies related to renewable energy sources and the increase of energy efficiency in all sectors of consumption have become part of the public policy priorities of the main countries of the world, including Brazil. A cleaner energy matrix, less dependent on depleting and polluting fuels, is today an ambitious goal for the more developed nations concerned with the climate change that the planet is going through. Within this context, the development of low consumption lamps such as LED technology has been encouraged by governments and also by consumers who are increasingly adept at the recent alternative. This work presents comparative cost and performance studies related to the use of LED lamps in detriment of the traditional lamps already known, as well as to make a theoretical study on solar and natural gas systems for water heating as an alternative to reduce the consumption of Electricity by the residential sector.

Key words: LED, Energy Efficiency, Lighting, Solar Heating, Economic Lamps.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Ilustração de luminária de luz direta.	19
FIGURA 2.2- Ilustração de luminária de luz essencialmente direta.	20
FIGURA 2.3 - Ilustração de luminária de fluxo misto.	20
FIGURA 2.4 - Ilustração de luminária de luz essencialmente indireta.	21
FIGURA 2.5 - Ilustração de luminária de luz indireta.	21
FIGURA 2.6 - Imagem de uma luminária do tipo Plafon.	22
FIGURA 2.7 - Imagem de uma luminária do tipo Embutido.	23
FIGURA 2.8 - Imagem de uma luminária do tipo Pendente.	24
FIGURA 2.9 - Imagem de uma luminária do tipo Lustre.	24
FIGURA 2.10 - Imagem de uma luminária do tipo Spot.	25
FIGURA 2.11 - Imagem de uma luminária de mesa.	26
FIGURA 2.12 - Imagem de um Abajur.	26
FIGURA 2.13 - Imagem de luminárias do tipo Arandela.	27
FIGURA 2.14 - Imagem ilustrativa de uma lâmpada incandescente.	28
FIGURA 2.15 - Imagem de uma lâmpada de halogêneo.	29
FIGURA 2.16 - Imagem ilustrativa de uma lâmpada fluorescente compacta.	29
FIGURA 2.17 - Imagem de uma lâmpada LED.	30
FIGURA 2.18 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza iluminância.	31
FIGURA 2.19 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza luminância.	31
FIGURA 2.20 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza intensidade luminosa.	32
FIGURA 2.21 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza fluxo luminoso.	32
FIGURA 2.22 - Imagem ilustrativa simbolizando o índice de reprodução de cor.	33
FIGURA 3.1 - Imagem ilustrativa de um aquecedor do tipo Instantâneo.	38
FIGURA 3.2 - Imagem ilustrativa de um aquecedor do tipo Caldeira Mural.	39
FIGURA 3.3 - Imagem ilustrativa de um aquecedor de Acumulação de Contato Direto.	40
FIGURA 3.4 - Imagem ilustrativa de um Sistema Conjugado.	41
FIGURA 3.5 - Imagem ilustrativa de um coletor de placa plano com cobertura.	42
FIGURA 3.6 - Imagem ilustrativa de um coletor plano sem cobertura.	44
FIGURA 3.7 - Imagem ilustrativa de um coletor à vácuo.	44
FIGURA 3.8 - Trajetória do Sol e desvio do Norte Geográfico (ângulos azimutais de superfície).	46
FIGURA 3.9 - Imagem ilustrativa dos tipos de ligação entre coletores.	47

FIGURA 3.10 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em série.....	47
FIGURA 3.11 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em paralelo.....	48
FIGURA 3.12 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em paralelo.....	49
FIGURA 3.13 - Imagem ilustrativa de um trocador de calor.....	50
FIGURA 3.14 - Imagem ilustrativa de um sistema de controle com diferencial de temperatura.	51
FIGURA 3.15 - Imagem ilustrativa de uma bomba de circulação.....	52
FIGURA 3.16 - Imagem ilustrativa de uma válvula de controle de temperatura.....	53
FIGURA 3.17 - Imagem ilustrativa de um vaso de expansão.....	53
FIGURA 4.1 - Imagem da planta baixa humanizada de referência.....	54
FIGURA 4.2 - Imagem da planta baixa desenvolvida no Autocad.....	55
FIGURA 4.3 - Lista de luminárias utilizadas na suíte 1.....	58
FIGURA 4.4 - Imagem em 2D mostrando a disposição das luminárias no dormitório da suíte 1.....	59
FIGURA 4.5 - Níveis de iluminância em linhas isométricas do dormitório da suíte 1.....	60
FIGURA 4.6 - Níveis de iluminância através de cores falsas do dormitório da suíte 1.....	60
FIGURA 4.7 - Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto do dormitório da suíte 1.....	61
FIGURA 4.8 - Maquete 3D renderizada do dormitório da Suíte 1.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 - Uso final de eletricidade no Brasil ao longo do verão (a) e inverno (b).....	18
GRÁFICO 2.2 – Ilustração da escala de temperaturas de cor.	33
GRÁFICO 2.3 - Comparativo entre a eficiência luminosa de diferentes tipos de lâmpadas. ..	34
GRÁFICO 2.4 - Comparativo entre a vida útil de diferentes tipos de lâmpadas.	35
GRÁFICO 3.1 - Rendimento dos coletores planos com e sem vidro.....	45
GRÁFICO 5.1 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.2 e 4.3 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas. 67	
GRÁFICO 5.2 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.2 e 4.3 e a direita a comparação entre o preço médio por milhar de lúmen entre as mesmas lâmpadas.	67
GRÁFICO 5.3 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas.	69
GRÁFICO 5.4 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 e a direita a comparação entre o preço médio por milhar de lúmen entre as mesmas lâmpadas.	70
GRÁFICO 5.5 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.7 e 4.8 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas. 72	
GRÁFICO 5.6 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.7 e 4.8 e a direita a comparação entre o preço médio por milhar de lúmen entre as mesmas lâmpadas.	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - Tabela contendo todas as lâmpadas e especificações técnicas definidas e utilizadas no projeto.	63
TABELA 4.2 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Bulbo LED de diferentes marcas.	63
TABELA 4.3 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas Fluorescentes Compactas de diferentes marcas.	64
TABELA 4.4 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo LED Tubular de diferentes marcas.....	64
TABELA 4.5 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Fita de LED de diferentes marcas.	64
TABELA 4.6 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Fluorescente Tubular de diferentes marcas.	65
TABELA 4.7 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Dicroica (LED) de diferentes marcas.....	65
TABELA 4.8 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Halógena Dicroica de diferentes marcas.	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Motivação.....	15
1.3 Objetivo	15
1.4 Estrutura do Trabalho	16
2.SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL	17
2.1 Definição do Conceito a ser utilizado.....	18
2.2 Definição dos modelos de luminárias	18
2.2.1 Luminária de luz direta.....	19
2.2.2 Luminária de luz essencialmente direta.....	19
2.2.3 Luminária de fluxo luminoso misto	20
2.2.4 Luminária de luz essencialmente indireta.....	20
2.2.5 Luminária de luz indireta.....	21
2.2.6 Luminária de luz difusa	22
2.2.7 Plafon	22
2.2.8 Embutido	22
2.2.9 Pendente	23
2.2.10 Lustre.....	24
2.2.11 Spot	25
2.2.12 Luminária de mesa	25
2.2.13 Abajur	26
2.2.14 Arandela	26
2.3 Definição dos modelos de Lâmpadas.....	27
2.3.1 Lâmpadas de incandescência	27
2.3.2 Lâmpadas de halogêneo	28
2.3.3 Lâmpada fluorescente compacta	29
2.3.4 Lâmpada led	30
2.4 Conceitos e Grandezas Luminotécnicas Fundamentais	30
2.4.1 Iluminância (Símbolo: E Unidade: lx).....	30
2.4.2 Luminância (Símbolo: L Unidade: cd/m ²)	31
2.4.3 Intensidade luminosa (Símbolo: I Unidade: cd).....	31
2.4.4 Fluxo luminoso (Simbologia: Φ Unidade: lm).....	32
2.5 Propriedades ou Parâmetros das Lâmpadas.....	32
2.5.1 Índice de reprodução de cores (IRC)	32

2.5.2 Temperatura de cor (Símbolo: K Unidade: Kelvin)	33
2.5.3 Eficiência luminosa (Unidade: lm/W).....	33
2.5.4 Vida útil de uma lâmpada	34
3.SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR & GÁS NATURAL	36
3.1 Aquecedores à Gás Natural.....	37
3.1.1 Aquecedor de Passagem (instantâneo)	37
3.1.2 Caldeira Mural e Piso:	38
3.1.3 Aquecedor de Acumulação	39
3.1.4 Sistema Conjugado.....	41
3.2 Aquecedores Solares.....	41
3.2.1 Coletor Solar.....	42
3.2.2 Coletores planos com cobertura.....	42
3.2.3 Coletores planos sem cobertura	43
3.2.4 Coletores a vácuo.....	44
3.2.5 Eficiência dos coletores.....	45
3.2.6 Posicionamento.....	45
3.2.7 Associação de Coletores.....	46
3.3 Reservatórios e trocadores de calor	48
3.3.1 Reservatórios.....	48
3.3.2 Trocadores de calor	50
3.4 Acessórios.....	50
3.4.1 Controles	50
3.4.2 Bombas.....	52
3.4.3 Válvulas termostáticas	52
3.4.4 Vasos de expansão	53
4.DESENVOLVIMENTO.....	54
4.1 Projeto Luminotécnico dos Apartamentos	55
4.1.1 Projeto Luminotécnico do dormitório da Suíte 1.....	56
4.1.1.1 Tipos de Luminárias e Lâmpadas Utilizadas.....	56
4.1.1.2 Posicionamento das Luminárias.....	58
4.1.1.3 Resultados da Simulação.....	59
4.1.1.4 Maquete 3D Renderizada.....	61
4.2 Comparativo de Preços e Características entre Lâmpadas LED e Convencionais.....	62
5. RESULTADOS	67
5.1 Comparação entre as Lâmpadas Fluorescente Compacta e Bulbo LED.....	67

5.2 Comparação entre as Lâmpadas Fita de LED, Fluorescente e LED Tubulares.....	69
5.3 Comparação entre as Lâmpadas Halógena Dicroica e a LED Dicroica	72
6.CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
Anexo I.....	79
Anexo II	80
Anexo III.....	81
Anexo IV	82
Anexo V	83
Anexo VI.....	84

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No atual contexto mundial, pós-revolução industrial, muitas são as preocupações de governos e organizações internacionais em todo o mundo. O boom populacional pelo qual a humanidade passou ao longo de décadas tem nos dado evidências de alterações em todos os ecossistemas do planeta. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que em 1950 a população mundial era de 2,6 bilhões de pessoas, em 2009 a estimativa era de 7 bilhões de habitantes no planeta (ONU, 2009). Ou seja, em menos de 60 anos a humanidade viu sua população crescer em torno de 4,4 bilhões de pessoas. Todo esse acréscimo populacional abalou a estrutura ecossistêmica do planeta.

Dentre vários desafios surgidos devido a esta rápida e contínua expansão, podemos destacar (ONU, 2009) (VARELA, 201-):

- a) Disseminação de doenças como HIV e outras pandemias;
- b) Problemas relacionados ao suprimento de alimentos, água potável e medicamentos;
- c) Assuntos sociais como igualdade de gêneros, aumento da diferença entre os ricos e os pobres, saúde reprodutiva, direitos humanos, entre outros;
- d) Alta demanda por habitação e urbanização não planejada;
- e) Poluição ambiental;
- f) Degradações definitivas de ecossistemas;
- g) Mudanças climáticas;
- h) Escassez de recursos ambientais.

No século XX foi onde se observou uma maior tomada de consciência, pela humanidade, sobre a problemática ambiental correspondente à interação entre ambiente natural e o ambiente construído e alterado pelo homem (VARELA, 201-).

Em 1960, cientistas passaram a pesquisar e observar os impactos negativos derivados dos processos de manufatura decorrentes do crescente consumo de recursos naturais e da poluição do meio ambiente (VARELA, 201-). A partir dessas observações foram criadas diversas Organizações Internacionais dedicadas aos temas relacionados ao meio ambiente, além de diversas Conferências e Tratados Internacionais (FURRIELA, 201-).

Com o passar de décadas, diversas metas de melhorias de indicadores ambientais tanto de curto quanto de longo prazo foram apresentadas aos governos representados nas diversas Conferências, que cada vez mais frequente foram sendo realizadas com uma variedade de temas também cada vez maior (KERDNA, 201-).

Atualmente, tem estado muito em evidência o termo ‘Desenvolvimento Sustentável’. Esse conceito de Desenvolvimento Sustentável surgiu na década de 80 através do Relatório de Brundtland, que referia que “desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades” (GANHÃO, 2011).

Com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, no mesmo seguimento surgiu o conceito de Construção Sustentável, cujo objetivo principal é a “criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente de recursos”.

1.2 Motivação

“Um dos maiores entraves ao desenvolvimento sustentável global é o crescimento do consumo mundial de energia e os impactos da sua utilização no meio ambiente” (GANHÃO, 2011).

O consumo de energia é um dos principais fatores a ser controlado objetivando uma maior sustentabilidade no setor residencial, devendo ser adotadas estratégias que promovam uma maior eficiência energética nos edifícios (GANHÃO, 2011).

No Brasil, em 2010, o setor Residencial foi responsável por 23% de toda a demanda de energia elétrica do país (MENDONÇA, 2011).

Uma das causas principais do elevado consumo energético dos edifícios é o fato de estes apresentarem um comportamento dissipativo devido a não utilização de eficientes soluções de isolamento térmico, o que leva a inadequada utilização de equipamentos de climatização (GANHÃO, 2011). Outros fatores muito significativos no consumo de energia elétrica de um edifício são a Iluminação Artificial e o Aquecimento de Água.

1.3 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração do projeto do sistema luminotécnico de um apartamento, utilizando lâmpadas LED em todas as luminárias do imóvel tendo como

finalidade um estudo comparativo entre a eficiência e os custos da utilização das lâmpadas LED frente às lâmpadas convencionais, cuja tecnologia já é utilizada e conhecida à décadas pelo mercado. Será feito ainda um estudo teórico sobre aproveitamento solar para aquecimento de água complementado por aquecedores a gás natural.

1.4 Estrutura do Trabalho

No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao trabalho ressaltando a sua relevância econômica e social, além de exibir a motivação, é feita uma justificativa e são mostrados os objetivos do trabalho. O capítulo 2 contém uma visão geral dos principais conceitos trabalhados nos sistemas de iluminação residencial. O capítulo 3 trata conceitualmente dos sistemas de aquecimento solar de água, complementados pelo aquecimento a gás natural. No capítulo 4, é mostrado parte do desenvolvimento do projeto luminotécnico, além mostrar os métodos utilizados para comparação entre as diferentes tecnologias de lâmpadas. No capítulo 5 são exibidos os resultados do trabalho. O capítulo 6 contém a conclusão do trabalho baseado nos resultados do estudo feito. No capítulo 7, estão as sugestões para trabalhos futuros baseados neste projeto.

2. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL

A função de um sistema de iluminação artificial pode parecer intuitivo: substituir ou complementar a luz natural. Permitir que atividades rotineiras sejam realizadas confortavelmente no período noturno ou em locais com ausência de luz natural, de forma que seja possível orientar-se no espaço com segurança. Ao longo do tempo, a funcionalidade da iluminação artificial se expandiu e por isso surgiram categorias distintas de iluminação: iluminação geral, que fornece uma quantidade mínima e uniforme de luz; iluminação funcional, que consiste em luz focada para atender a uma determinada tarefa que necessita de maior intensidade de luz; e iluminação de destaque ou decorativa, usada para realçar pontos de interesse decorativo (NEVES, 2013).

A elaboração de um projeto luminotécnico pode ser encarada de forma genérica, focando apenas nos aspectos técnicos de quantidade de luz exigida por norma para determinadas finalidades através dos métodos de cálculo da iluminação geral, do cálculo ponto a ponto ou mesmo com o auxílio de softwares computacionais de cálculo e simulação. Porém, iluminar um ambiente, principalmente os residenciais, pressupõe que, muito além de cálculos quantitativos, a luz deve ser tratada como um instrumento que proporciona experiências e sensações (NEVES, 2013).

É importante salientar que o projeto arquitetônico será sempre a principal referência para a elaboração do projeto luminotécnico.

Para destacar a relevância do sistema de iluminação artificial diante do consumo de energia elétrica total em uma residência, o Gráfico 2.1 traz dois gráficos de pizza para melhor visualização.

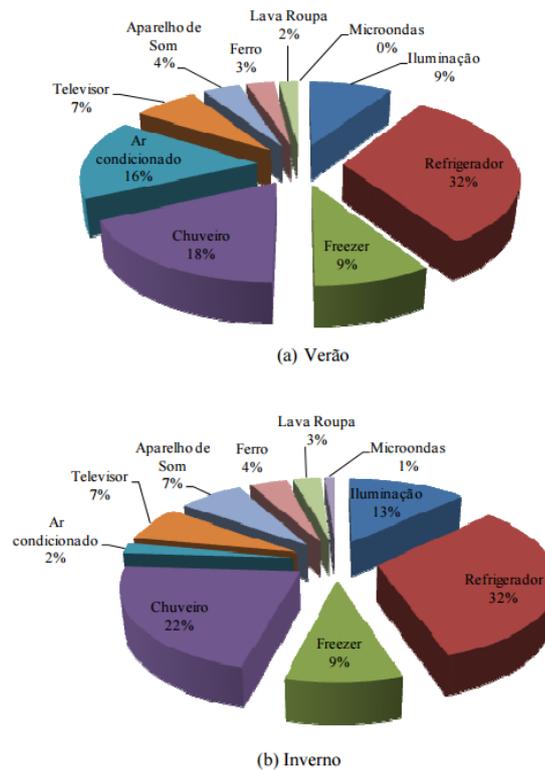


GRÁFICO 2.1 - Uso final de eletricidade no Brasil ao longo do verão (a) e inverno (b).

Fonte: (FREDIGO, 2009).

Como pôde ser observado na figura anterior, o consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação artificial pode variar entre 9% (no verão) e 13% (no inverno) em média.

Os principais passos para a elaboração de um projeto luminotécnico serão descritos a seguir.

2.1 Definição do Conceito a ser utilizado

O conceito normalmente escolhido é aquele que interaja da forma mais harmônica possível com o projeto arquitetônico, que possa proporcionar máximo conforto aos ambientes e que seja adequado ao nível de investimento ao qual o cliente se propõe a fazer. Alguns exemplos de conceitos podem ser: iluminação direta ou indireta; iluminação com luminárias de embutir ou sobrepostas; utilização de iluminação decorativa, entre outros.

2.2 Definição dos modelos de luminárias

Definir os modelos de luminárias a serem utilizadas é importante para que se possa definir os tipos de lâmpadas e suas respectivas potências de acordo com o número de pontos de instalação e posicionamento no cômodo.

Os principais tipos de luminárias, de acordo com sua distribuição de luz, serão listados a seguir.

2.2.1 Luminária de luz direta

Luminária com o fluxo luminoso dirigido diretamente para o plano de trabalho ou objeto, de forma intensa. Neste caso, o foco de luz incide predominantemente numa direção particular, permitindo uma visualização clara dos contornos (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.1 traz a ilustração de uma luminária de luz direta.



FIGURA 2.1 - Ilustração de luminária de luz direta.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.2 Luminária de luz essencialmente direta

Luminária com uma distribuição de luz de 90 a 100% do fluxo luminoso dirigido diretamente para o plano de trabalho/objeto sendo que o restante é espalhado para o resto do ambiente. Neste caso, a luz apresenta contornos mais suaves e é distribuída de forma mais uniforme em relação à luminária de luz direta (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.2 ilustra uma luminária de luz essencialmente direta.



FIGURA 2.2- Ilustração de luminária de luz essencialmente direta.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.3 Luminária de fluxo luminoso misto

A luminária de fluxo luminoso misto divide de forma simétrica o fluxo luminoso de modo a ser dirigido diretamente para cima e para o plano de trabalho (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.3 traz a ilustração de uma luminária de fluxo luminoso misto.



FIGURA 2.3 - Ilustração de luminária de fluxo misto.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.4 Luminária de luz essencialmente indireta

A luminária de luz essencialmente indireta tem como objetivo, criar um efeito de “luz suave”, mas também espalhar a luz para baixo. Uma vez que a maior parte do fluxo luminoso é dirigido

para cima, as sombras são suaves e menos marcadas (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.4 ilustra uma luminária de luz essencialmente indireta.



FIGURA 2.4 - Ilustração de luminária de luz essencialmente indireta.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.5 Luminária de luz indireta

As luminárias de luz indireta tem como objetivo, criar um efeito de “luz suave”, podendo ser aplicadas em salas, quartos, escritórios, etc. Uma vez que o fluxo luminoso é dirigido para cima este tipo de luminária não produz ofuscamento, eliminando de forma eficaz a fadiga visual (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.5 traz a ilustração de uma luminária de luz indireta.



FIGURA 2.5 - Ilustração de luminária de luz indireta.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.6 Luminária de luz difusa

A luminária difusa distribui a luz de forma uniforme, suavizando ainda mais as sombras. Para suavizar as sombras, utiliza-se uma luz mais abrangente e menos ofuscante. Esta técnica tem melhor efeito quando os objetos presentes nos ambientes são de materiais e cores de boa reflexão (CASA & PLANOS, 2016).

Os principais tipos de luminárias, de acordo com a forma de fixação ou disposição e relação com o ambiente, serão descritos nas sessões seguintes. .

2.2.7 Plafon

Luminária que geralmente é instalada bem próxima ao teto e serve como peça central do ambiente. As luminárias do tipo plafon podem proporcionar uma distribuição de luz de forma direta ou indireta (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.6 exibe a imagem de uma luminária do tipo Plafon.



FIGURA 2.6 - Imagem de uma luminária do tipo Plafon.

Fonte: (CASA & PLANOS, 2016).

2.2.8 Embutido

Esse tipo de luminária é uma peça para embutir no gesso. Os tipos de embutidos são diversos, existem com fechamento em vidro ou acrílico para lâmpadas fluorescentes compactas ou incandescentes; embutidos sem fechamento para lâmpadas halógenas; e embutidos direcionáveis ou não. A utilização desse tipo de luminária gera a sensação de ambiente mais

limpo, pois o teto fica mais “liso” (CASA & PLANOS, 2016). A figura 2.7 traz a imagem de uma luminária do tipo Embutido.



FIGURA 2.7 - Imagem de uma luminária do tipo Embutido.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.9 Pendente

É uma peça funcional, mas às vezes devido ao seu design pode ser uma peça mais decorativa. Esta luminária geralmente é sustentada por fios elétricos ou algumas vezes acompanhada de cabo de aço em função do peso da peça. Essas peças são usadas geralmente em bancadas, mesas de refeições, laterais de camas e etc (CHANDELIER, 2010). A figura 2.8 exibe a imagem de uma luminária do tipo Pendente.



FIGURA 2.8 - Imagem de uma luminária do tipo Pendente.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.10 Lustre

Peça decorativa, geralmente é o objeto de destaque de algum ambiente, como sala de jantar, hall de acesso ou mesmo mezanino. Dependendo do modelo do lustre pode ser a iluminação geral do ambiente, mas na maioria das vezes é uma peça complementar na decoração (CHANDELIER, 2010). A figura 2.9 mostra a imagem de uma luminária do tipo Lustre.



FIGURA 2.9 - Imagem de uma luminária do tipo Lustre.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.11 Spot

É uma luminária com aspecto mais funcional, pois é uma peça direcionável. Esse tipo de luminária não é projetada para iluminar um ambiente inteiro como luz geral, ela é focal, indicada para iluminar quadros ou objetos de artes (CHANDELIER, 2010). A figura 2.10 traz a imagem de uma luminária do tipo Spot.



FIGURA 2.10 - Imagem de uma luminária do tipo Spot.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.12 Luminária de mesa

Uma peça muito funcional, com grande variedade de design no mercado. Sua principal função é ser uma luminária de leitura apoiada nas mesas de trabalho, laterais de cama, ou em uma mesa lateral de sofá (CHANDELIER, 2010). A figura 2.11 exibe a imagem de uma luminária de mesa.



FIGURA 2.11 - Imagem de uma luminária de mesa.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.13 Abajur

Permite uma luz ambiente que cria um clima mais aconchegante e é um elemento decorativo também (CHANDELIER, 2010). A figura 2.12 traz a imagem de uma luminária do tipo Abajur.



FIGURA 2.12 - Imagem de um Abajur.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.2.14 Arandela

Esse tipo de peça sempre será instalado na parede. Dependendo do material que é produzido causa efeitos diferentes. Este tipo de luminária é largamente utilizada como item componente

da decoração dos ambientes tanto internos quanto externos (CHANDELIER, 2010). A figura 2.13 mostra a imagem de uma luminária do tipo Arandela.



FIGURA 2.13 - Imagem de luminárias do tipo Arandela.

Fonte: (CHANDELIER, 2010).

2.3 Definição dos modelos de Lâmpadas

A escolha de algumas características das lâmpadas a serem utilizadas nas luminárias é muito importante, pois pode alterar significativamente o número de pontos de instalação e também o resultado final do projeto.

Os principais tipos de lâmpadas utilizadas em ambientes residenciais e algumas de suas características, serão abordados nas sessões à seguir.

2.3.1 Lâmpadas de incandescência

É constituída por um filamento de tungstênio alocado no interior de uma ampola de vidro preenchida com gás inerte. Quando ocorre a passagem da corrente elétrica pelo filamento, os elétrons chocam com os átomos de tungstênio, liberando energia que se transforma em luz e calor. Entre suas principais características, estão: vida útil média de 1.000 horas de funcionamento; Índice de reprodução de cores de valor 100 na escala de 0 a 100; rendimento luminoso de 17 lm/w, o menor entre todas as lâmpadas; temperatura de cor de 2.700 K. Muitos modelos de lâmpadas incandescentes foram proibidas de serem comercializadas no mercado brasileiro devido ao seu baixo rendimento luminoso, porém, ainda é comum encontrar este tipo de lâmpada nas residências em geral (UNICAMP, 200-). A figura 2.14 ilustra uma lâmpada incandescente.

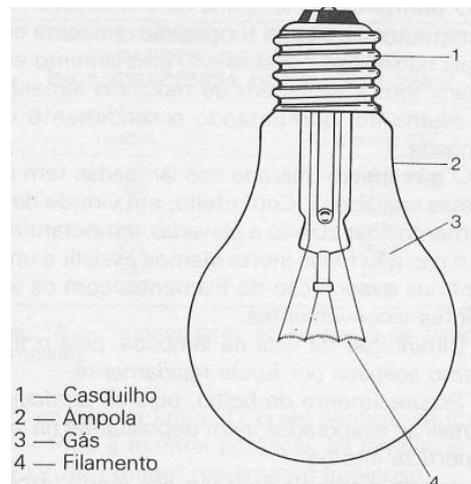


FIGURA 2.14 - Imagem ilustrativa de uma lâmpada incandescente.

Fonte: (UNICAMP, 200-).

2.3.2 Lâmpadas de halogêneo

Como as lâmpadas de incandescência, as lâmpadas de halogêneo possuem um filamento que emite luz com a passagem da corrente elétrica. Parte do filamento, que é constituído por átomos de tungstênio, evapora-se durante o processo. Nas lâmpadas de incandescência convencionais, os átomos de tungstênio depositam-se na superfície interna da ampola, o que significa que a ampola deverá ser suficientemente grande para evitar o seu rápido escurecimento. Já as lâmpadas de halogêneo, são preenchidas com gases inertes e halogêneo (iodo, cloro, bromo) que capturam os átomos de tungstênio e os transportam de volta para o filamento. Com isto, o tamanho da lâmpada pode ser reduzido significativamente, emitindo uma luz mais brilhante e tendo uma maior durabilidade.

Em termos de economia, as lâmpadas de halogêneo oferecem mais luz com potência menor ou igual à das incandescentes comuns, além de possuírem uma vida útil mais longa, variando entre 2.000 e 4.000 horas.

O invólucro é de quartzo, que tem a propriedade de absorver todo e qualquer componente que se armazene nele (UNICAMP, 200-). A figura 2.15 mostra a imagem de uma lâmpada de Halogêneo.



FIGURA 2.15 - Imagem de uma lâmpada de halogênio.

Fonte: (UNICAMP, 200-).

2.3.3 Lâmpada fluorescente compacta

Têm a mesma tecnologia das lâmpadas fluorescentes comuns.

Como podem ter temperatura de cor, tamanho semelhante às lâmpadas de incandescência e casquilho E27, são hoje as mais vendidas para uso residencial, especialmente devido à economia de energia proporcionada que pode ir até 80% e uma duração que pode ser 15 vezes maior. Características: vida útil média de 8.000 horas; eficiência luminosa de até 69 lm/w; índice de reprodução de cor de valor 85 em um máximo de 100; pelo menos três opções de temperatura de cor 2.700K, 4.000K e 6.500K (UNICAMP, 200-). A figura 2.16 ilustra uma lâmpada fluorescente.



FIGURA 2.16 - Imagem ilustrativa de uma lâmpada fluorescente compacta.

Fonte: (UNICAMP, 200-).

2.3.4 Lâmpada led

Lighting Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz), é um componente eletrônico produzido a partir do silício (ou germânio e, mais recentemente, carbono). Características: vida útil média de 30.000 horas; eficiência luminosa de 50 lm/W; índice de reprodução de cores alcança valores superiores a 85 no caso de produtos de melhor qualidade; a temperatura de cor das lâmpadas led disponíveis no mercado é bem abrangente, sendo possível encontrar com relativa facilidade produtos na faixa entre 2.700K a 6.500K (UNICAMP, 200-). A figura 2.17 mostra a imagem de uma lâmpada LED.



FIGURA 2.17 - Imagem de uma lâmpada LED.

Fonte: (UNICAMP, 200-).

2.4 Conceitos e Grandezas Luminotécnicas Fundamentais

Os principais conceitos e grandezas luminotécnicas utilizados para a elaboração de um projeto luminotécnico de qualquer tipo de ambiente serão detalhados nas próximas subseções.

2.4.1 Iluminância (Símbolo: E | Unidade: lx)

É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando em um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância ($1/d^2$). A iluminância pode ser mensurada através de um luxímetro, mas não é visível, o que é visível são as diferenças na reflexão da luz. A iluminância é também conhecida como níveis de iluminação (LUMIDEC, 201-). A figura 2.18 simboliza a grandeza iluminância.



FIGURA 2.18 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza iluminância.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.4.2 Luminância (Símbolo: L | Unidade: cd/m^2)

É a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. Esta relação é dada entre candelas e metro quadrado da área aparente (cd/m^2). O valor da luminância depende tanto do nível de iluminação ou iluminância, quanto das características de reflexão das superfícies (LUMIDEC, 201-). A figura 2.19 simboliza a grandeza luminância.

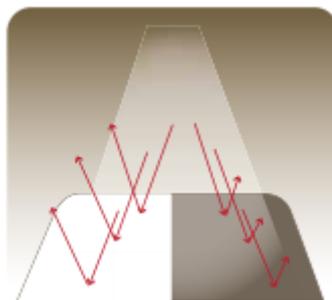


FIGURA 2.19 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza luminância.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.4.3 Intensidade luminosa (Símbolo: I | Unidade: cd)

É a quantidade de luz que uma fonte emite por unidade de ângulo sólido (lúmen/esferorradiano) projetada em uma determinada direção. O valor está diretamente ligado à direção desta fonte de luz. A intensidade luminosa é expressa em candelas (cd) e, em algumas situações, pode ser expressa em candelas/1000 lúmens (LUMIDEC, 201-). A figura 2.20 é uma ilustração simbólica da grandeza intensidade luminosa.



FIGURA 2.20 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza intensidade luminosa.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.4.4 Fluxo luminoso (Simbologia: Φ | Unidade: lm)

É uma das unidades fundamentais em engenharia luminotécnica, dada como a quantidade total de luz emitida por uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento (LUMIDEC, 201-). A figura 2.21 simboliza a grandeza fluxo luminoso.



FIGURA 2.21 - Imagem ilustrativa simbolizando a grandeza fluxo luminoso.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.5 Propriedades ou Parâmetros das Lâmpadas

Os parâmetros mais importantes para a definição das lâmpadas a serem utilizadas em um projeto luminotécnico serão descritos nas subseções à seguir.

2.5.1 Índice de reprodução de cores (IRC)

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial deve propiciar ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia. Quanto maior o índice, melhor a reprodução das cores. Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão (LUMIDEC, 201-). A figura 2.22 ilustra uma imagem com diferentes valores de IRC.



FIGURA 2.22 - Imagem ilustrativa simbolizando o índice de reprodução de cor.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.5.2 Temperatura de cor (Símbolo: K | Unidade: Kelvin)

É a grandeza expressa em Kelvin que indica a aparência de cor da luz. A luz “quente”, de aparência amarelada, tem baixa temperatura de cor (não superior a 3.000K). A luz “fria” de aparência azul violeta, tem temperatura de cor maior que 6.000K. A luz branca natural emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, tem temperatura de cor próxima de 5.800K (LUMIDEC, 201-). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. A temperatura de cor é uma analogia entre a cor da luz emitida por um corpo negro aquecido até a temperatura especificada em Kelvin e a cor que estamos comparando. O gráfico 2.2 ilustra a escala de temperaturas de cor.



GRÁFICO 2.2 – Ilustração da escala de temperaturas de cor.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.5.3 Eficiência luminosa (Unidade: lm/W)

É a relação entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a energia elétrica consumida (potência) pela mesma. É útil para averiguarmos se um determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outro (LUMIDEC, 201-). O gráfico 2.3 exibe uma comparação entre a eficiência luminosa de diferentes tipos de lâmpadas.

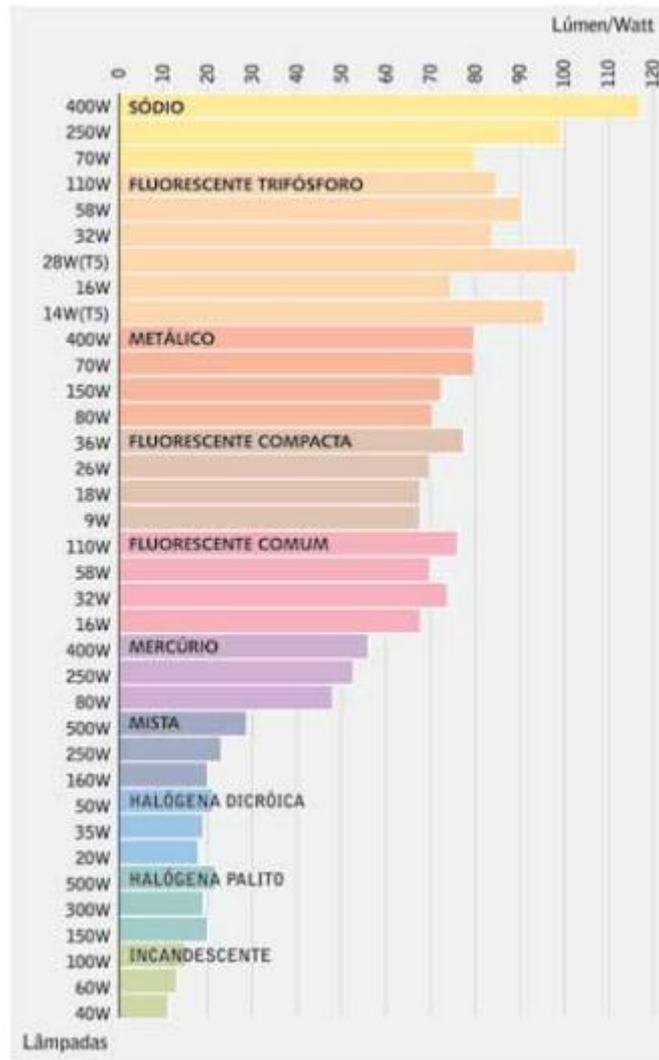


GRÁFICO 2.3 - Comparativo entre a eficiência luminosa de diferentes tipos de lâmpadas.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

2.5.4 Vida útil de uma lâmpada

É dado em horas e é definido pela média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada. O gráfico 2.4 exibe a diferença de vida útil média de diferentes tipos de lâmpadas.

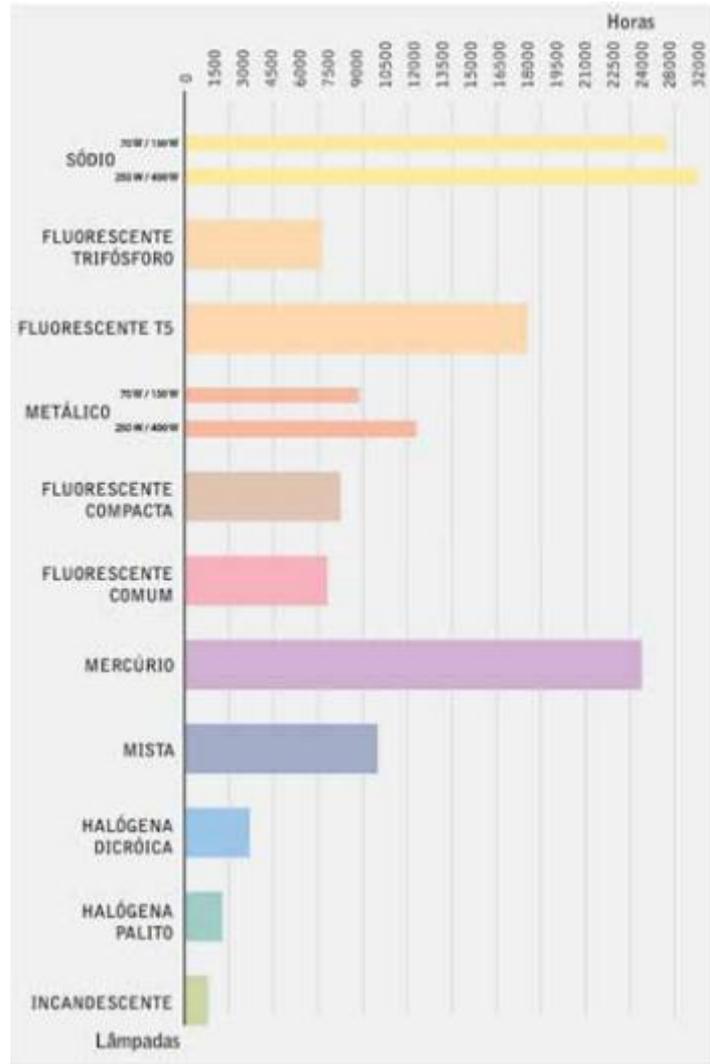


GRÁFICO 2.4 - Comparativo entre a vida útil de diferentes tipos de lâmpadas.

Fonte: (LUMIDEC, 201-).

3. SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR & GÁS NATURAL

A radiação solar que inevitavelmente chega até a superfície da Terra pode ser convertida em diversas formas de energias úteis para a humanidade. Uma das formas mais interessantes de reaproveitamento desse tipo de energia, para os usuários residenciais, é o aquecimento de água, o que chega a levar a uma economia em torno de 20% de energia elétrica para esse perfil de consumidor.

A possibilidade de utilização da energia solar em edifícios residenciais permite ao consumidor - cada vez mais suscetível às questões ambientais - a possibilidade de uso dessa alternativa energética de forma complementar ao seu consumo atual.

O aumento acentuado da demanda por energia elétrica nos últimos anos vem promovendo um crescimento da demanda por termoeletricidade, por ser uma fonte de energia mais rápida de ser obtida e menos vulnerável à sazonalidades, porém mais poluente. Esta nova realidade exige mais atenção para os impactos ambientais que podem ser trazidos por essa mudança na matriz energética. Como o aquecimento de água é uma das atividades que mais demandam energia em uma residência e sabendo que a demanda por água quente coincide com o horário de pico de demanda por eletricidade em todo o país e por consequência o horário com maior percentual de fornecimento de termoeletricidade, é preciso repensar as formas de produção desta água quente.

A utilização dos gases combustíveis representa um grande potencial de economia de energia primária para a produção direta de calor. No setor residencial, a substituição da eletricidade por gases combustíveis para o aquecimento de água, além de contribuir para amenizar a pressão sobre as fontes primárias, é primordial para postergar investimentos em transmissão e distribuição de energia elétrica, ao reduzir a demanda particularmente nos horários de pico (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

O aquecimento solar de água que utiliza como energia auxiliar o gás natural traz um grande benefício para o consumidor, pois este sistema permite a utilização de duas fontes de energia compatíveis com a energia útil, contribuindo para racionalizar os recursos naturais, com vantagens para o meio ambiente (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

No mercado, existem diversos tipos de aparelhos para aquecimento de água a gás natural, com características específicas e que permitem diversas aplicações, tais como, água para banho e lavatório, aquecimento de piso e ambiente, piscina, saunas entre outros (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Os aparelhos para aquecimento de água podem ser classificados em função do tipo de transmissão de calor para aquecer a água, direto ou indireto e também do tipo de funcionamento, instantâneo ou de acumulação.

Existem basicamente quatro sistemas de aquecimento de água: aquecedor de passagem, caldeira mural e piso, aquecedor de acumulação e sistema conjugado (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.1 Aquecedores à Gás Natural

Os principais tipos de aquecedores à gás natural e suas particularidades serão descritos nas subseções à seguir.

3.1.1 Aquecedor de Passagem (instantâneo)

Os aquecedores de passagem a gás ou aquecedores instantâneos, são aparelhos compactos que aquecem a água no instante em que existe uma vazão de água nos pontos de consumo. A figura 3.1 apresenta um esquema deste tipo de aquecedor.

De uma forma geral, todos os aquecedores de passagem são constituídos por uma unidade de aquecimento onde há um queimador que permite a combustão adequada do gás natural, e um trocador de calor que transfere o calor gerado pela queima para a água de consumo. Os aquecedores de passagem a gás são projetados para oferecerem uma boa eficiência e uma adequada exaustão dos gases queimados para o exterior da edificação (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

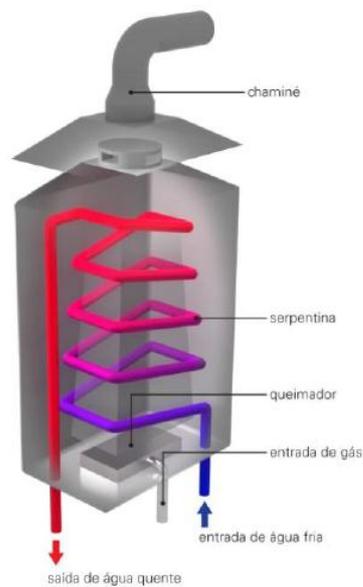


FIGURA 3.1 - Imagem ilustrativa de um aquecedor do tipo Instantâneo.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Os aquecedores de passagem a gás natural possuem diversos sistemas auxiliares incorporados que permitem melhor eficiência e controle operacional. Entre as suas principais características que podem ser úteis nos projetos de sistemas de aquecimento solar e gás natural estão: o monitoramento da entrada de água fria, a variação automática da potência do aparelho e o sistema de segurança sobre alta temperatura da água de entrada (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.1.2 Caldeira Mural e Piso:

As caldeiras murais e piso são equipamentos que possuem um sistema de aquecimento mais complexo, podendo ser utilizado em diversas aplicações simultaneamente associadas. Esses equipamentos podem ser instalados na parede (mural), assemelhando-se aos aquecedores de passagem, ou apoiados no piso, e possuem diversas variações em função de sua potência.

Os usos simultâneos podem estar associados a um ou mais sistemas independentes de aquecimento de água, que podem ser destinados a aplicações distintas, com circuitos de temperaturas e características de funcionamento específicas.

Na figura 3.2 é apresentado um exemplo da caldeira mural sob a capa protetora externa, sendo possível observar vários de seus componentes: o trocador de calor do aquecedor, parte dos queimadores, o exaustor dos gases de combustão, a bomba de circulação de água para circuitos fechados e a estrutura de controle do aparelho (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

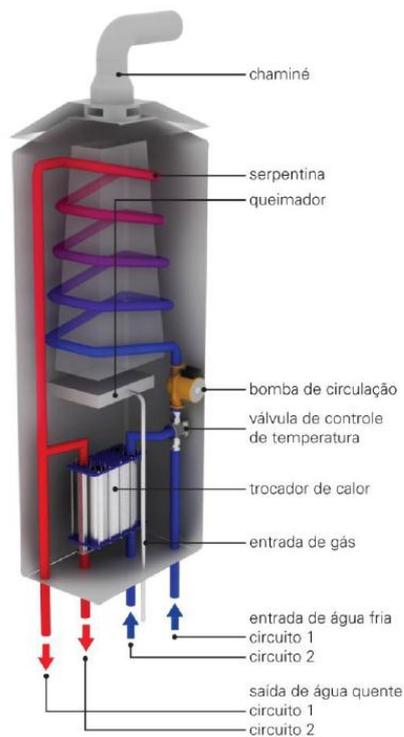


FIGURA 3.2 - Imagem ilustrativa de um aquecedor do tipo Caldeira Mural.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

As caldeiras murais, assim como os aquecedores de passagem, podem trabalhar como equipamento de aquecimento de um sistema conjugado, sendo possível trocar calor com a água do reservatório através de contato direto ou indireto (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.1.3 Aquecedor de Acumulação

O aquecedor de água do tipo acumulação é um aparelho constituído basicamente por um reservatório de água e uma unidade de aquecimento, que mantém o volume de água armazenado aquecido e disponível para consumo. Este aquecimento é controlado através de termostato, podendo ser ajustado conforme as necessidades do usuário, ligando ou desligando a unidade de aquecimento. Os reservatórios são protegidos com isolante térmico, reduzindo assim a troca do calor da água quente armazenada com o ambiente.

Os reservatórios são normalmente construídos em aço, mas outros tipos de materiais são utilizados em função das características da água a ser armazenada.

Os aquecedores de acumulação podem ser de contato “direto” ou “indireto”, conforme detalhado a seguir.

O sistema de aquecimento é considerado “direto” quando a fonte de calor, entra em contato direto com a superfície que está em contato com a água de consumo. O aquecedor de acumulação de contato direto é constituído basicamente de um reservatório aquecido por um queimador localizado na parte inferior, que tem por finalidade aquecer a água armazenada (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011). A figura 3.3 ilustra um aquecedor de Acumulação de contato Direto.

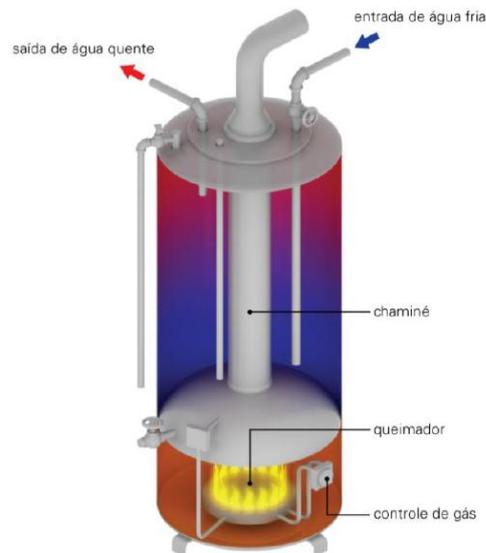


FIGURA 3.3 - Imagem ilustrativa de um aquecedor de Acumulação de Contato Direto.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Uma desvantagem deste tipo de sistema de aquecimento com relação ao do tipo indireto, é uma menor durabilidade, se comparado ao sistema de aquecimento indireto, devido às constantes variações de temperatura e a existência de “choques térmicos” que ocorrem entre as altas temperaturas do queimador e baixa temperatura da água que entra no reservatório, normalmente próxima da temperatura ambiente.

No sistema de aquecimento indireto, a fonte de calor não entra em contato direto com a superfície do reservatório que contém água de consumo. Para o aquecimento do reservatório é utilizado um fluido intermediário, podendo ser água (não a de uso), óleo ou outro fluido, que é responsável pela transferência de calor. Este sistema é composto por um queimador, que controla e mantém a temperatura do fluido que irá trocar calor com a água de consumo (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.1.4 Sistema Conjugado

O sistema conjugado para aquecimento de água quente é composto por um, ou mais, aquecedor de passagem, responsável pelo aquecimento da água, e de um reservatório térmico para armazenamento da água quente. Em muitos casos podem ser de contato direto ou indireto (quando utilizado trocadores de calor intermediários). A Figura 3.4 apresenta um esquema de sistema de aquecimento conjugado.

A característica de uso dos sistemas conjugados pode ser comparada aos aquecedores de acumulação, pois possuem o mesmo princípio de funcionamento: o reservatório mantém armazenado um volume de água quente, a certa temperatura, disponível para uso.

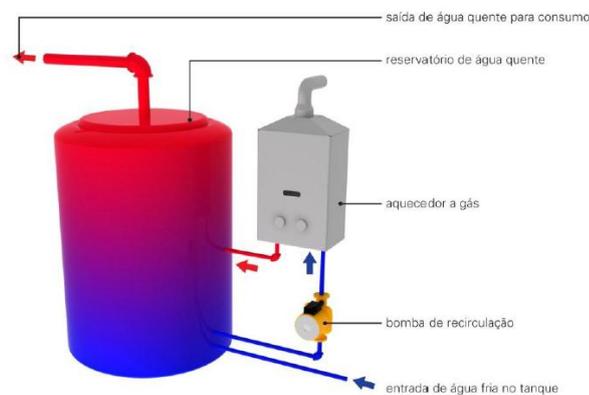


FIGURA 3.4 - Imagem ilustrativa de um Sistema Conjugado.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Nesse tipo de sistema é possível alterar a potência realizando apenas a troca dos aquecedores, permitindo adequação da potência instalada ao longo da vida útil do sistema e das necessidades de seus usuários. Além disso, é possível trabalhar com diversos aquecedores para aquecimento de água de um mesmo reservatório, o que pode garantir potências mais elevadas e maior segurança quanto ao fornecimento de água quente.

A utilização deste sistema de aquecimento é praticada em diversos países, com a particularidade de utilização de caldeiras murais (ou piso) e troca de calor de forma indireta.

3.2 Aquecedores Solares

As principais informações relacionadas a sistemas de aquecimento solar de água serão descritas nas subseções à seguir.

3.2.1 Coletor Solar

O coletor solar é um trocador de calor que transforma a energia radiada pelo Sol em calor. É um dispositivo concebido para absorver a maior quantidade possível de radiação solar, e transferir a maior parte desta radiação para um determinado fluido. São comercializados em módulos que podem ser acoplados entre si conforme a necessidade de energia de aquecimento.

Existem no mercado, diversos tipos e modelos de sistemas de aquecimento solar, com características específicas para aplicações prediais.

Normalmente os coletores são escolhidos de acordo com a sua função de sua aplicação, através da definição de características específicas para o uso pretendido. Os coletores solares devem ser resistentes às condições exteriores (clima, intempéries, etc.) e eficiente na conversão da energia compatível com o uso (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.2 Coletores planos com cobertura

A irradiância é uniforme em toda a superfície dos coletores planos. Esses tipos de coletores são projetados para aquecerem a água a temperaturas compatíveis ao uso sanitário e também outras aplicações. Uma ilustração de sua estrutura pode ser vista na figura 3.5 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

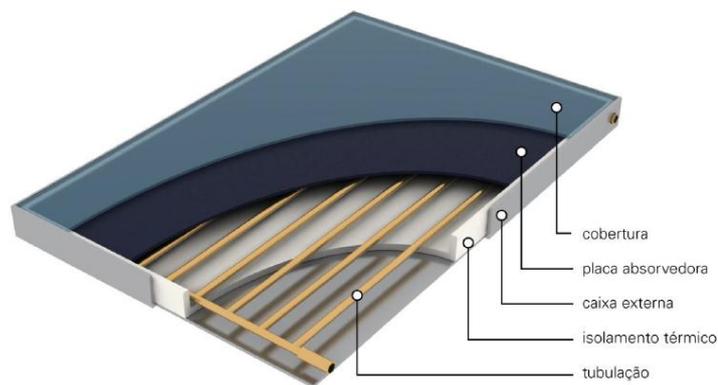


FIGURA 3.5 - Imagem ilustrativa de um coletor de placa plano com cobertura.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Cobertura transparente (A): permite a passagem do espectro de baixos comprimentos de onda da radiação solar, retendo grande parte dessa radiação. Reduz as perdas de calor por convecção entre a placa absorvedora e o ambiente. Serve como barreira mecânica à ação climática sobre a

placa absorvedora. Este componente pode ser dispensado quando se deseja menores temperaturas para o aquecimento da água (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Placa absorvedora (B): componente de um coletor solar que absorve parte da energia radiante e a transfere para um fluido (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Isolamento térmico (C): materiais de baixa condutividade térmica, e tem por objetivo reduzir as perdas de calor entre a placa absorvedora e a estrutura do coletor (caixa) (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Caixa (D): estrutura protetora que envolve todos os componentes, defendendo-os da deterioração causada pelo meio ambiente. Deve ser estanque e ao mesmo tempo permitir a dilatação térmica dos componentes (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Tubulação do fluido (E): geralmente é produzido em material metálico (bom condutor de calor), tem a finalidade de conduzir o fluido a ser aquecido e transferir a energia absorvida da placa absorvedora para o fluido (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.3 Coletores planos sem cobertura

Os coletores sem cobertura, diferentemente dos com cobertura, não retêm a radiação emitida pela placa absorvedora, portanto, é mais indicado para aplicações onde sejam exigidas temperaturas mais baixas. Um bom exemplo de uso para este tipo de placa é em piscinas (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

A figura 3.6 apresenta um exemplo de coletor sem cobertura.

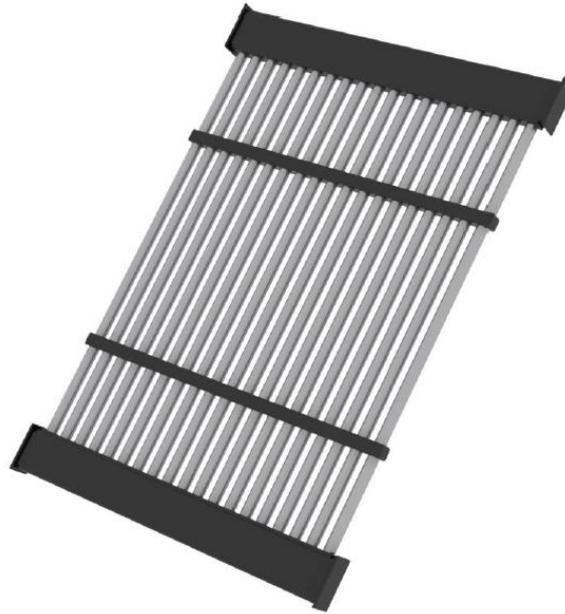


FIGURA 3.6 - Imagem ilustrativa de um coletor plano sem cobertura.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.4 Coletores a vácuo

Nos coletores a vácuo, para que se reduzam as perdas por convecção no interior dos coletores, é criado um vácuo entre o absorvedor e a cobertura. Assim, é possível obter uma temperatura de saída ainda mais elevada, ideal para aplicações onde exijam altas temperaturas como hospitais e lavanderias por exemplo. Uma ilustração deste tipo de coletor pode ser vista na figura 3.7.



FIGURA 3.7 - Imagem ilustrativa de um coletor à vácuo.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.5 Eficiência dos coletores

O grau de eficiência dos coletores solares varia de acordo com as condições climáticas do local onde eles são instalados. Um dos fatores de grande relevância é a temperatura de entrada da água, assim como a temperatura externa.

A forma indicada para definir qual é a melhor placa para cada tipo de aplicação, é analisar as curvas de eficiência, que podem ser obtidas com os dados fornecidos pela Tabela de Eficiência dos coletores solares do INMETRO.

Para exemplificar, o gráfico 3.1 é um comparativo de rendimentos entre os coletores planos com cobertura e sem cobertura, e coletores a vácuo (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

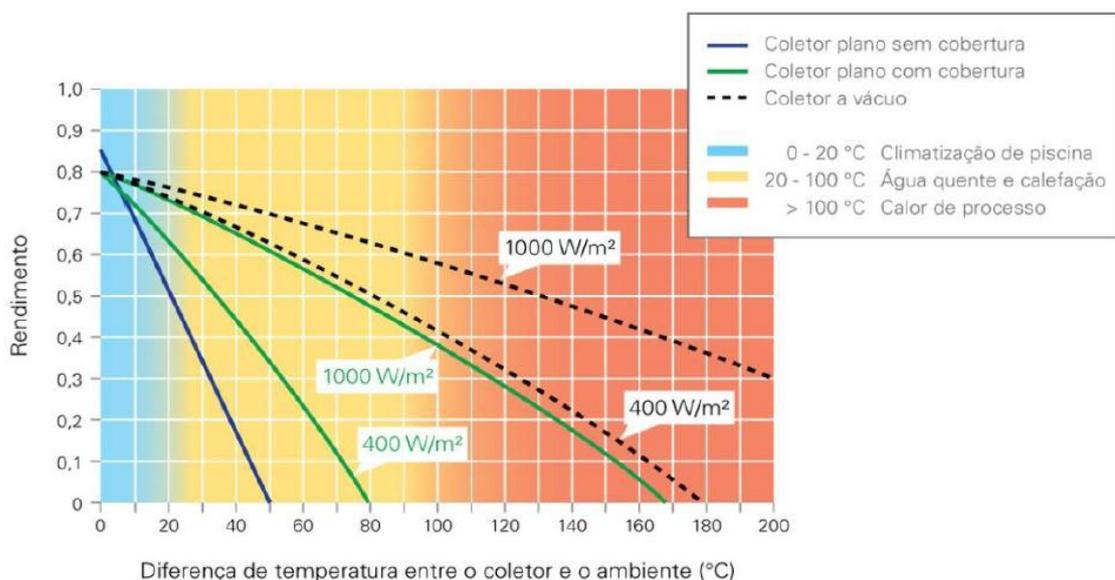


GRÁFICO 3.1 - Rendimento dos coletores planos com e sem vidro.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.6 Posicionamento

O posicionamento dos coletores solares é um fator de grande relevância para o seu desempenho.

A inclinação em relação ao plano horizontal e a direção de instalação dos coletores solares são os dois elementos que influenciam o dimensionamento do sistema de aquecimento solar. Os coletores solares devem estar expostos ao sol de tal forma que a incidência da radiação solar atinja o coletor o mais perpendicularmente possível. Como o sol varia sua inclinação, conforme a época do ano, os coletores são instalados com uma inclinação que maximiza e uniformiza, a incidência da radiação solar durante o período de um ano.

Como regra básica, identificada em diversas metodologias internacionais, é recomendada que a instalação possua uma inclinação equivalente à latitude da região onde será instalado o sistema solar, somando-se 10° . Como exemplo, para a cidade de São Paulo, localizada a latitude aproximada de 23° , recomenda-se a instalação dos coletores com 33° de inclinação.

Além da inclinação, os coletores devem estar direcionados simétricos em relação à trajetória do sol, posição que permite o maior tempo de incidência do sol ao longo do dia. O maior aproveitamento ocorre quando os coletores solares são direcionados para o Norte Geográfico (quando instalados no hemisfério Sul como no caso do Brasil). A instalação pode ser realizada dentro de uma faixa de tolerância da direção, conforme apresentado na figura 3.8 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

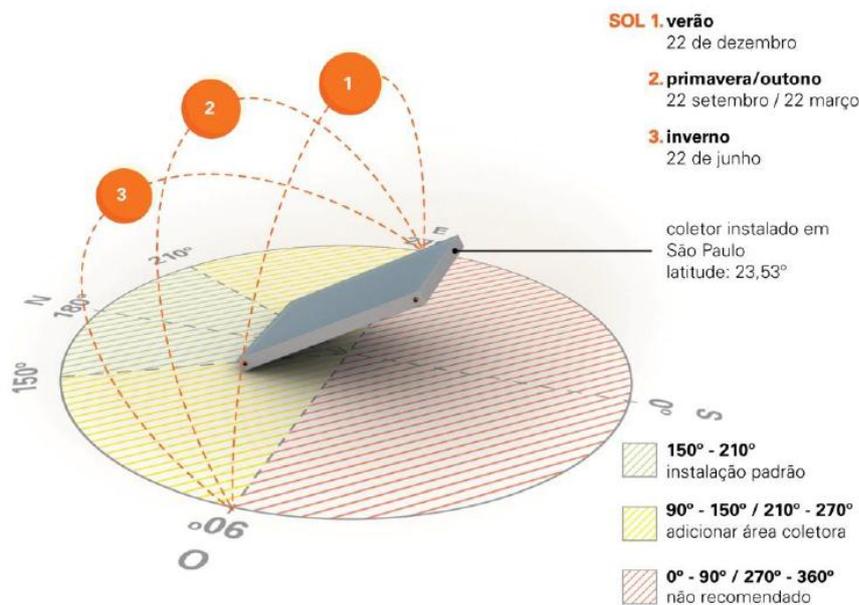


FIGURA 3.8 - Trajetória do Sol e desvio do Norte Geográfico (ângulos azimutais de superfície).

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.2.7 Associação de Coletores

Os fabricantes de coletores devem fornecer as orientações necessárias para se fazer a associação entre os módulos, devendo o projetista sempre verificar o sentido do fluxo da água e a configuração do sistema.

Como forma básica de interligação dos coletores, pode-se resumir as associações em: paralelo, em série ou misto, conforme a figura a seguir 3.9 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

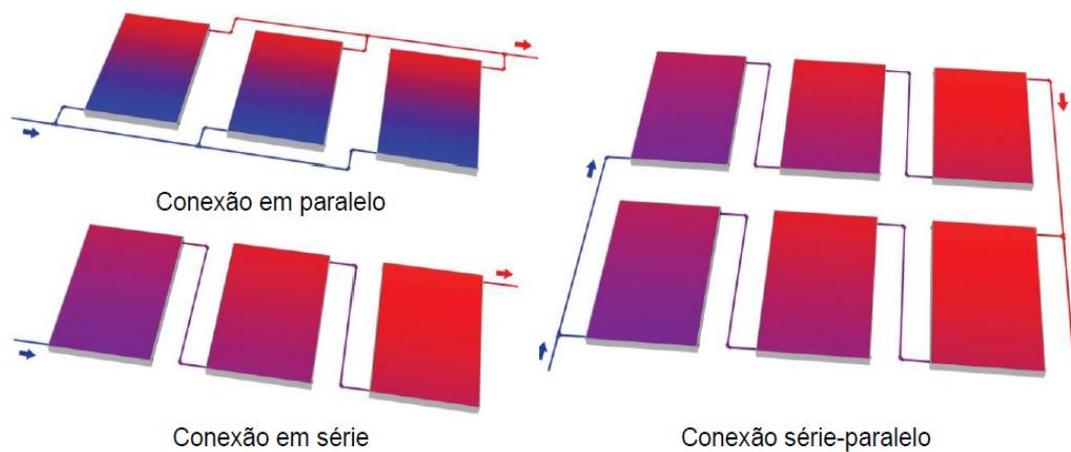


FIGURA 3.9 - Imagem ilustrativa dos tipos de ligação entre coletores.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

As ligações em série permitem que um determinado volume de água obtenha uma maior temperatura em função do maior tempo de percurso dentro dos coletores, conforme apresentado na figura 3.10 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

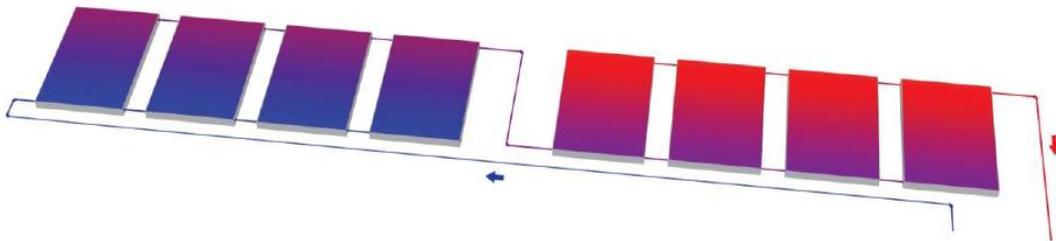


FIGURA 3.10 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em série.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Contudo, temperaturas elevadas tendem a reduzir a eficiência de troca de calor, entre a água e o coletor. Dessa forma, evitam-se muitos coletores ligados em série mesclando o sistema com fileiras de coletores em paralelo, conforme apresentado na figura 3.11 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

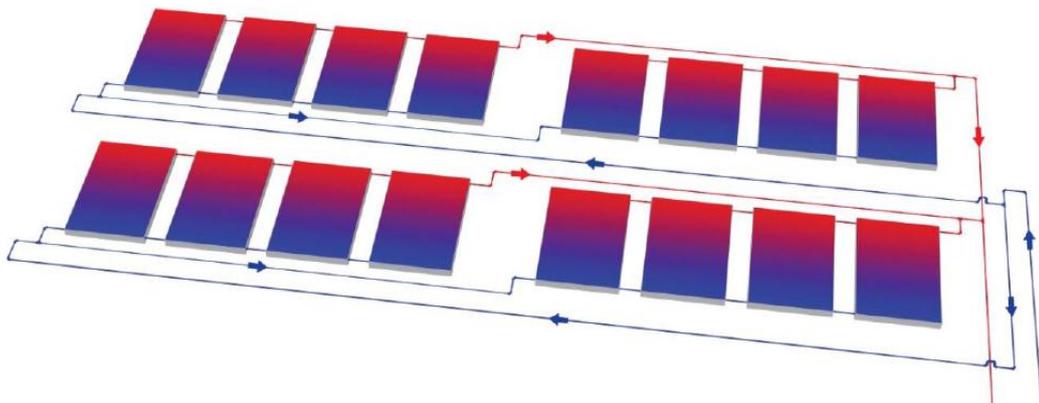


FIGURA 3.11 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em paralelo.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Os critérios para a escolha entre a associação de coletores em série e em paralelo são muito divergentes dependendo da referência a ser utilizada. Essa divergência normalmente ocorre vinculada às diferenças das características específicas dos coletores solares ou dos sistemas de circulação adotados (características das bombas de circulação).

Recomenda-se a consulta aos fabricantes de coletores solares para identificação da associação mais eficiente (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.3 Reservatórios e trocadores de calor

As informações mais relevantes sobre os reservatórios de água quente e trocadores de calor serão descritas nas subseções a seguir.

3.3.1 Reservatórios

A água quente produzida seja por aquecedores solares, seja por aquecedores a gás pode ser armazenada em reservatórios térmicos, estando assim disponível para atender as necessidades dos usuários.

Para definição de qual tipo de reservatório melhor atende em cada situação, diversas configurações devem ser analisadas e selecionadas em função das características do sistema de aquecimento e do local da instalação. O volume dos reservatórios é uma das principais configurações a serem determinadas, e normalmente deve ser calculado em função da necessidade de água quente que deve estar disponível para uso da edificação. Referências do mercado indicam a utilização de diferentes volumes em função da quantidade de pessoas residentes numa determinada unidade habitacional como, por exemplo: 160 a 200 litros para 1

a 2 pessoas, 300 a 370 litros para 3 ou 4 pessoas e 440 litros nos casos de 5 a 6 pessoas (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Como esses reservatórios armazenam água quente por longos períodos, devem possuir isolamento térmico para reduzir a troca de calor entre a água quente armazenada e o ambiente. Em geral, o isolamento térmico é maior quando os reservatórios ficam expostos ao ambiente.

Os diferentes tipos de materiais utilizados nos reservatórios são normalmente estabelecidos em função das características da água utilizada nos sistemas de aquecimento, porém são geralmente confeccionados em aço inoxidável ou aço vitrificado com revestimento em epóxi. Os reservatórios podem ser do tipo “sem trocador”, com trocador do tipo “serpentina interna” e com trocador do tipo “camisa”. No reservatório sem trocador a água de consumo é a mesma que passa pelo sistema de aquecimento, exceto quando utilizado trocadores externos aos reservatórios. O reservatório com serpentina e o reservatório com camisa são sistemas de troca de calor do tipo indireto, onde a água quente que circula pela serpentina, ou pela camisa externa, troca calor por condução com a água destinada ao consumo. Esses modelos são apresentados na figura 3.12 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

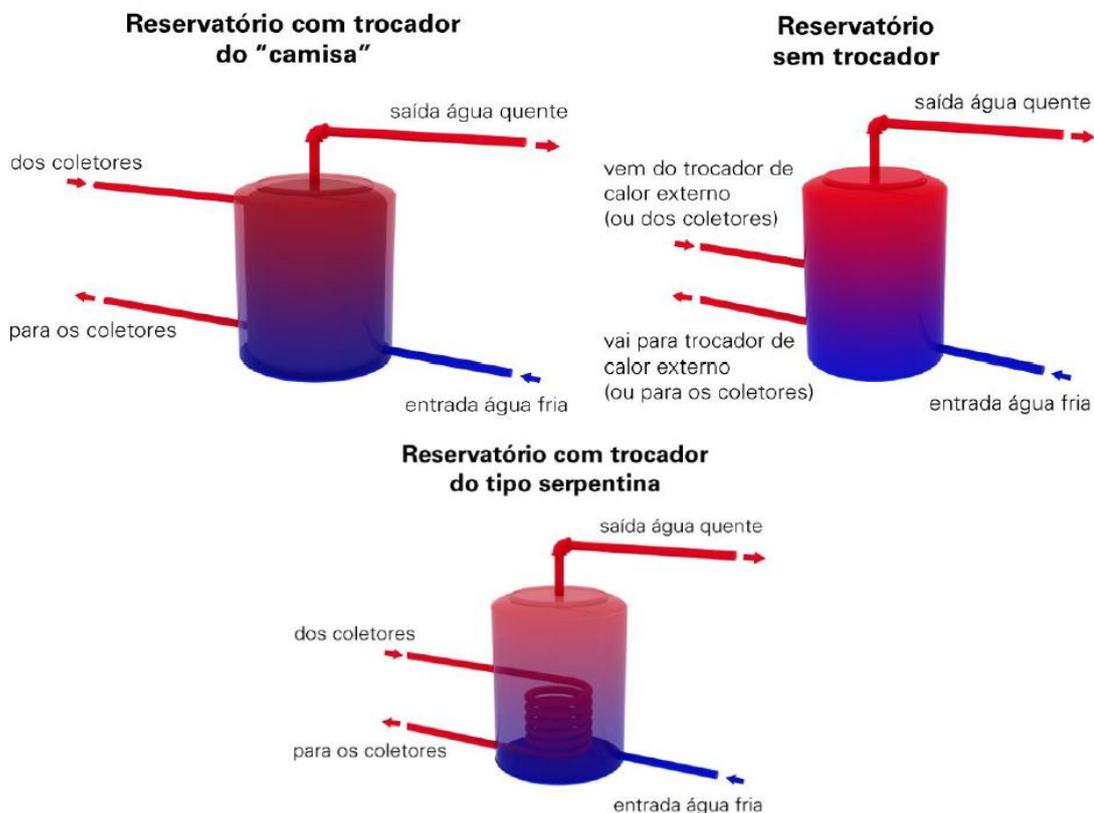


FIGURA 3.12 - Imagem ilustrativa de conjuntos de coletores em paralelo.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.3.2 Trocadores de calor

Os trocadores de calor são equipamentos que promovem a troca de calor entre dois fluídos sem que estes se misturem. Para isto existem diversos modelos, podendo ser do tipo serpentina, placa, aletas etc. Na figura 3.13 é apresentado um trocador de calor, do tipo placa (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

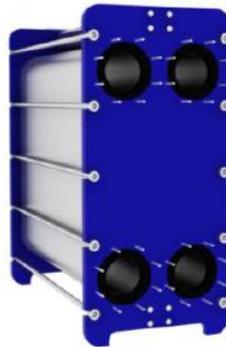


FIGURA 3.13 - Imagem ilustrativa de um trocador de calor.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

A utilização de trocadores de calor nos sistemas de aquecimento solar, instalados entre os coletores solares e o reservatório, permite que o circuito do sistema de aquecimento solar utilize líquidos com aditivos de forma a minimizar efeitos de corrosão e deposição de sólidos, assim como reduzir os efeitos de congelamento. São geralmente utilizados com o intuito de aumentar a vida útil dos coletores solares (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.4 Acessórios

Os principais acessórios componentes dos sistemas de aproveitamento solar para aquecimento de água serão descritos nas próximas subseções.

3.4.1 Controles

Para permitir um melhor aproveitamento da radiação solar e reduzir as perdas térmicas do sistema, o uso sistemas de controle é essencial.

O sistema mais simples utilizado, considerado como básico em qualquer instalação de sistema de aquecimento solar com circulação forçada, é o de monitoramento da temperatura diferencial entre os coletores solares e o reservatório térmico, conforme apresentado na figura 3.14 (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

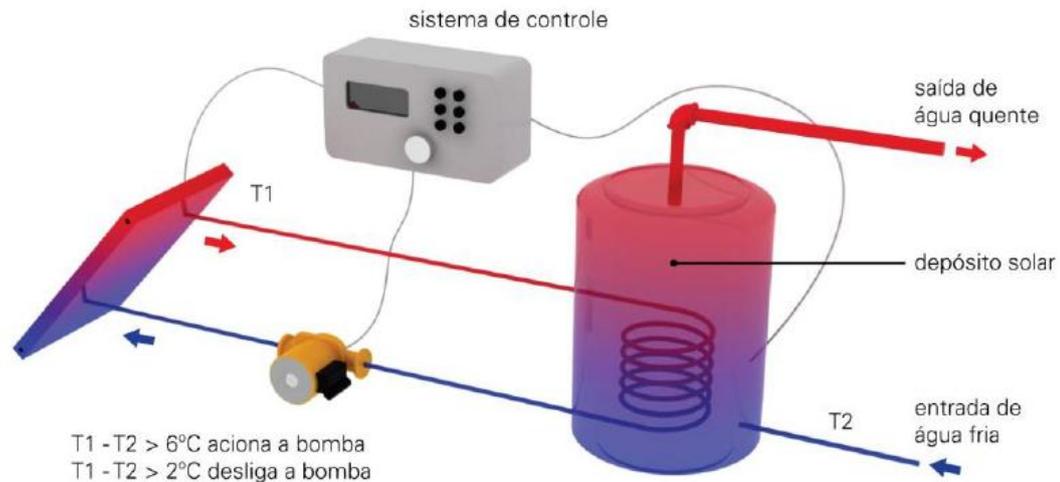


FIGURA 3.14 - Imagem ilustrativa de um sistema de controle com diferencial de temperatura.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Nesta configuração, quando a temperatura do coletor possui uma determinada temperatura acima da temperatura do reservatório, a bomba de recirculação é acionada e transporta o fluido dos coletores para dentro do reservatório, caso contrário o sistema é desligado. Alguns valores podem ser adotados com relação à diferença de temperatura de acionamento, de forma que a bomba seja acionada com 6°C de diferencial e desligada com 2°C . Essa função evita a ocorrência de resfriamento da água armazenada nos coletores quando estes estão com temperatura mais baixa.

Pode-se utilizar um sistema de monitoramento dos coletores solares além do acionamento para o aquecimento do reservatório, para que se possa evitar o congelamento em dias com baixa temperatura, através da circulação de água nos coletores.

Também podem ser utilizadas válvulas misturadoras na saída de água quente do reservatório, ou na entrada de cada unidade habitacional, de forma a controlar a temperatura máxima na rede de água quente (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

Os principais tipos de sistemas de controle que podem ser utilizados são os seguintes:

- a) Alerta de mau funcionamento;
- b) Aquecimento seco (quando o tanque está sem água);
- c) Aviso de falha no sistema;
- d) Configuração de temperatura e aquecimento;
- e) Controle de temperatura;

- f) Controle de vazão variável (para suprir demanda de diferentes pontos de consumo simultaneamente, sem flutuação);
- g) Controle eletrônico de temperatura;
- h) Controle remoto de temperatura (permite ajustar a temperatura ideal para diferentes pontos de consumo);
- i) Desligamento automático em caso de superaquecimento;
- j) Painel de controle com funções de acionamento e desligamento automático;
- k) Proteção contra superaquecimento;
- l) Válvula de fechamento automático do gás.

Além do sistema de monitoramento dos coletores há aplicações de sistemas de controle para monitorar a alimentação de água quente nos apartamentos de forma otimizada, ou o gerenciamento das temperaturas dos reservatórios em função da demanda de água quente (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.4.2 Bombas

As bombas são usadas em sistemas de circulação forçada, onde a água ou fluido térmico precisa circular com velocidade e fluxos específicos de forma a garantir o funcionamento e eficiência do sistema de aquecimento. O tamanho das bombas depende do tamanho do sistema e da distância/altura entre os coletores e o reservatório térmico. A figura 3.15 apresenta um exemplo de bomba de circulação (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).



FIGURA 3.15 - Imagem ilustrativa de uma bomba de circulação.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

3.4.3 Válvulas termostáticas

As válvulas misturadoras, ou termostáticas, tem a função de controlar, ou limitar, a temperatura da rede de distribuição de água quente, adicionando água fria, caso a rede esteja com

temperaturas mais elevadas que a pré-estabelecida. Na figura 3.16, há um exemplo de válvula de controle de temperatura (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).



FIGURA 3.16 - Imagem ilustrativa de uma válvula de controle de temperatura.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

A temperatura de acionamento da válvula pode ser regulada, sendo que as mais comuns trabalham com temperaturas entre 49 e 71 °C.

3.4.4 Vasos de expansão

Os vasos de expansão são itens de segurança imprescindíveis para os sistemas de aquecimento indiretos, pois absorvem parte das variações de pressões da rede geradas por expansão térmica (variação de temperatura). Nesses vasos existe uma câmara onde o ar é preso dentro de um diafragma, que se expande ou contrai de acordo com a pressão no sistema. A Figura 3.17 apresenta um exemplo de vaso de expansão (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).



FIGURA 3.17 - Imagem ilustrativa de um vaso de expansão.

Fonte: (CONGÁS & ABRINSTAL, 2011).

4. DESENVOLVIMENTO

A base do projeto arquitetônico deste trabalho foi feita tomando como referência uma planta baixa humanizada de um apartamento disponibilizada na internet por uma imobiliária chamada LRV Imóveis, cujo website consta referenciado neste trabalho. A figura 4.1 exibe a planta baixa em questão.



FIGURA 4.1 - Imagem da planta baixa humanizada de referência.

Fonte: (LRV IMÓVEIS, 201-).

A partir da imagem exibida na figura 4.1, foi criado um desenho em 2D de uma planta baixa com dimensões relativamente proporcionais as da figura de referência, já que a figura original não exibia as dimensões dos cômodos e objetos. A figura 4.2 mostra o desenho da planta baixa feito a partir do software Autocad.

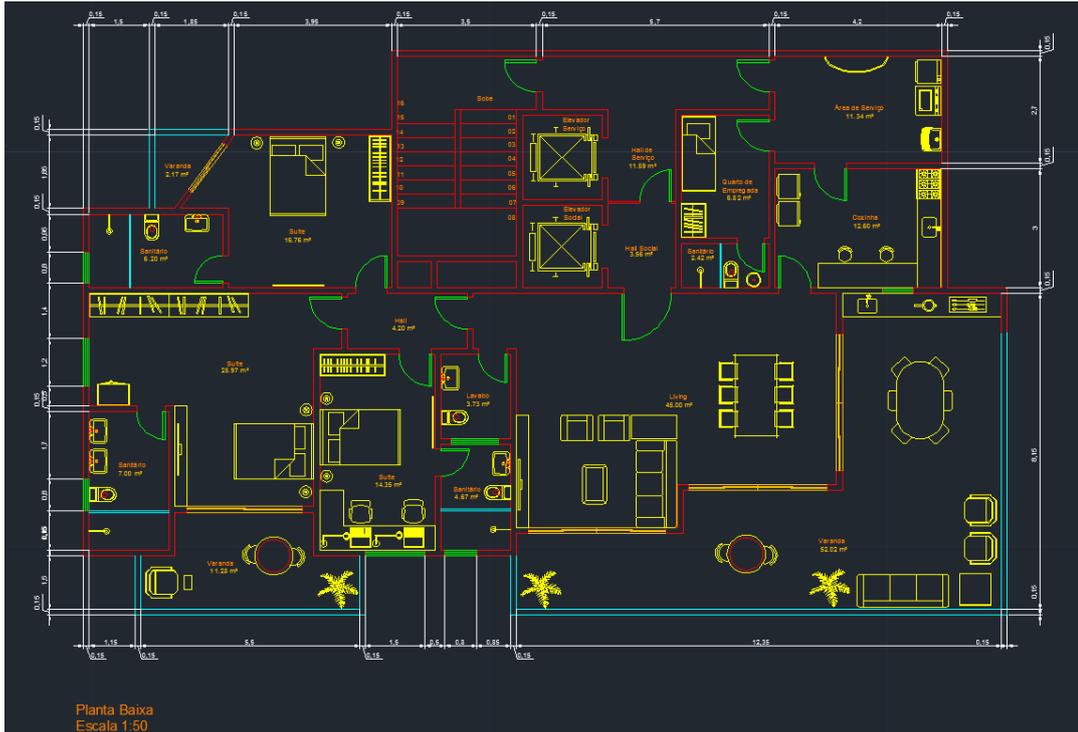


FIGURA 4.2 - Imagem da planta baixa desenvolvida no Autocad.

Todo o restante do trabalho foi feito tomando como base a planta em 2D da fig 4.2.

4.1 Projeto Luminotécnico dos Apartamentos

O modelo de apartamento trabalhado neste projeto se trata de um modelo relativamente luxuoso, voltado para a classe média alta. Logo, o projeto luminotécnico visou não só a eficiência energética, como também o conforto e a harmonização com o projeto arquitetônico e com os elementos decorativos presentes nos ambientes.

A tarefa desta parte do projeto foi focar no conforto e requinte que o consumidor alvo deste padrão de apartamento exige, porém, contando sempre com modelos de luminárias que possibilitassem o uso de lâmpadas do tipo LED em substituição às tradicionais para que fosse possível fazer um estudo comparativo do custo versus eficiência entre as diferentes tecnologias de lâmpadas.

O projeto luminotécnico foi desenvolvido com o auxílio do software alemão de simulação luminotécnica, o Dialux Evo 3.0.

Para cada cômodo foram determinados:

- a) Os modelos de luminárias a serem utilizados;
- b) Os tipos de lâmpadas e suas especificações técnicas;

- c) O posicionamento de cada luminária em cada ambiente;
- d) Simulações para aferição de valores quantitativos de luminosidade e a maquete em 3D de todo o apartamento.

Como o foco deste trabalho no que diz respeito ao sistema de iluminação é fazer um estudo comparativo econômico-financeiro entre o uso de lâmpadas LED em substituição à lâmpadas tradicionais e não o de demonstrar passo a passo as tomadas de decisões do projeto luminotécnico de cada cômodo do apartamento. Portanto, serão descritos neste capítulo os detalhes do projeto apenas de uma das suítes do apartamento, os resultados dos principais cômodos estarão presentes nos anexos deste trabalho, evitando assim que ele fique muito extenso.

A seguir, serão exibidos os resultados do projeto e as justificativas para cada escolha. Todas as imagens do projeto luminotécnico foram geradas a partir do software Dialux Evo 3.0.

4.1.1 Projeto Luminotécnico do dormitório da Suíte 1

Nas subseções seguintes serão detalhadas as etapas do projeto luminotécnico do dormitório da Suíte 1 do apartamento de referência.

4.1.1.1 Tipos de Luminárias e Lâmpadas Utilizadas

Para o dormitório da suíte 1, foram utilizadas três luminárias pendentes de iluminação indireta para a iluminação geral do ambiente, duas arandelas com envoltório opaco para a iluminação do entorno da penteadeira, além de abajures na cabeceira da cama.

Justificativas para a escolha das luminárias:

- a) As luminárias de iluminação indireta, apesar de apresentarem um consumo energético maior comparado as de iluminação direta para a adequada iluminação de um ambiente, foram escolhidas devido ao conforto necessário para o cômodo em questão. Ao se deitar, o usuário tem contato visual direto com as luminárias fixadas no teto, o que muitas vezes pode ofuscar a visão, causar desconforto e mal estar. As luminárias de iluminação indireta, se bem dimensionadas, eliminam esse inconveniente, além de criar um clima mais aconchegante e suave no ambiente.
- b) As arandelas escolhidas para iluminarem o entorno da penteadeira, foram escolhidas com a intenção de proporcionarem uma boa luminosidade

diretamente sobre o rosto do usuário, porém, sem gerar ofuscamento. Por isso, foram escolhidas luminárias com envoltório de material opaco;

- c) Os abajures, apesar de não constarem na lista de luminárias no software, foram escolhidos para servirem de luz de guia para uma eventual movimentação noturna e também como luz de leitura.

A figura 4.3 exibe a lista de luminárias com suas especificações técnicas e gráficos fotométricos gerada pelo Dialux Evo na confecção do seu relatório automático.

As lâmpadas escolhidas para a iluminação geral foram lâmpadas do tipo LED de 47W de potência, 3000K de temperatura de cor, índice de reprodução de cores de 79 e 106,3 lm/W de rendimento luminoso.

Para as arandelas, foram escolhidas lâmpadas do tipo LED de 9W de potência, 3000K de temperatura de cor, índice de reprodução de cores de 84 e 51,1 lm/W de rendimento luminoso.

Justificativas para a escolha das lâmpadas da luminária pendente:

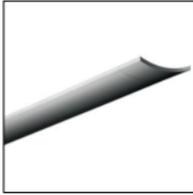
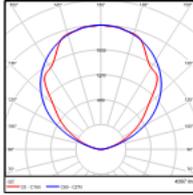
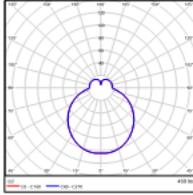
- a) A potência de 47W foi escolhida pois das opções de potência disponibilizadas pelo fabricante para este modelo, era a mais compatível com a necessidade do cômodo. Com esta potência de lâmpada, foi possível alcançar bons níveis de iluminância através da instalação das luminárias em três pontos do quarto, proporcionando uma boa distribuição da luz;
- b) A temperatura de cor de 3.000K foi escolhida pois gera uma sensação maior de aconchego e conforto no quarto;
- c) O índice de reprodução de cor foi de 79 pois era o que o modelo de lâmpada encontrado disponibilizava e também por já atender as necessidades do ambiente.

Justificativas para a escolha das lâmpadas das arandelas:

- a) A potência de 9W foi escolhida por ser uma potência boa para gerar o nível de iluminância necessário para o usuário executar as tarefas de interesse em frente a penteadeira;
- b) A temperatura de cor de 3000K foi escolhida para não contrastar com a temperatura de cor da iluminação geral do quarto, além de ser uma temperatura de cor muito utilizada em camarins de maquiagem;

- c) O índice de reprodução de cores de 84 foi escolhido por ser o mais alto para o modelo encontrado no momento do projeto, mas, sabendo que quanto maior o IRC, melhor é para essa aplicação.

Suíte 1

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
3	Artemide – Artemide Group M089691 Surf System LED - 47W - 3000K grigio - dimmerabile DALI Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xM089690 Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 4997 lm Potência: 47.0 W Rendimento luminoso: 106.3 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		
2	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 10322.002 DKN-Kreis, seidenglanz Emissão luminosa 1 Equipagem: 1x9W LED Modul 840 Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 460 lm Potência: 9.0 W Rendimento luminoso: 51.1 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 84		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 15911 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 15911 lm, Potência total: 159.0 W, Rendimento luminoso: 100.1 lm/W

FIGURA 4.3 - Lista de luminárias utilizadas na suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

4.1.1.2 Posicionamento das Luminárias

As luminárias responsáveis pela iluminação geral foram dispostas de forma a proporcionarem uma boa distribuição da luz no ambiente, além de seguirem um certo padrão de simetria entre si.

As arandelas foram dispostas uma de cada lado do espelho da penteadeira, pois sua função é iluminar diretamente a face do usuário.

Os abajures foram dispostos sobre os criados mudos ao lado da cabeceira da cama para que pudesse servir como luz de leitura e para que fosse uma fonte de luz de guia para um dos usuários de forma a incomodar minimamente um eventual companheiro (a) de quarto.

A figura 4.4 exibe o posicionamento das luminárias (cor verde) em relação aos móveis e a arquitetura do quarto.

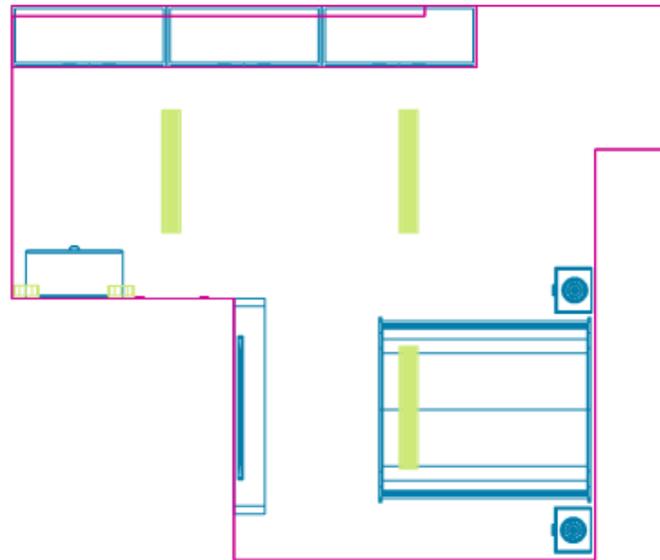


FIGURA 4.4 - Imagem em 2D mostrando a disposição das luminárias no dormitório da suíte 1.

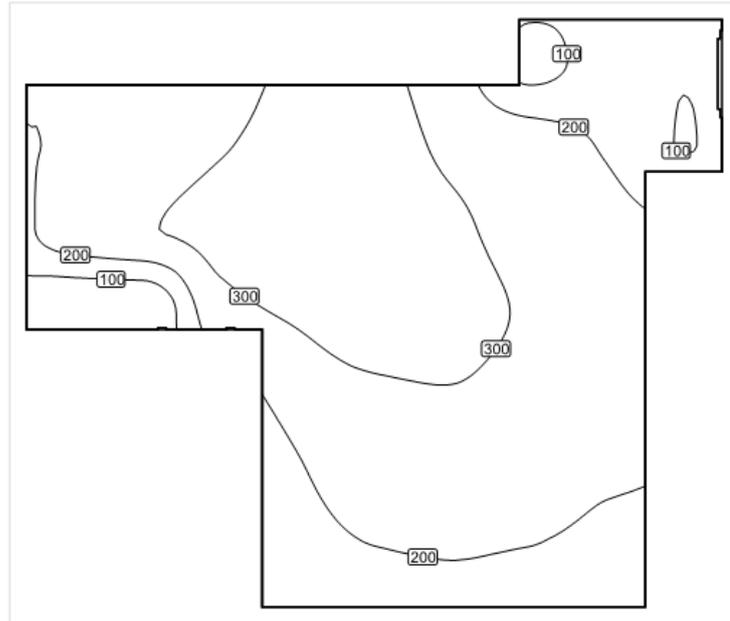
Fonte (DIALUX EVO, 2015).

4.1.1.3 Resultados da Simulação

Apesar da NBR 5410 não fazer exigências quanto a valores mínimos de iluminância em projetos residenciais, e sim, apenas de potência mínima de acordo com as dimensões do ambiente, optou-se por fazer simulações de valores de iluminância, para se ter uma noção melhor dos resultados obtidos com as escolhas.

As figuras 4.5, 4.6 e 4.7 exibem os níveis de iluminância em uma superfície de cálculo a 0,8 metros de altura do chão resultantes da simulação através do software Dialux Evo.

Superfície de cálculo 1



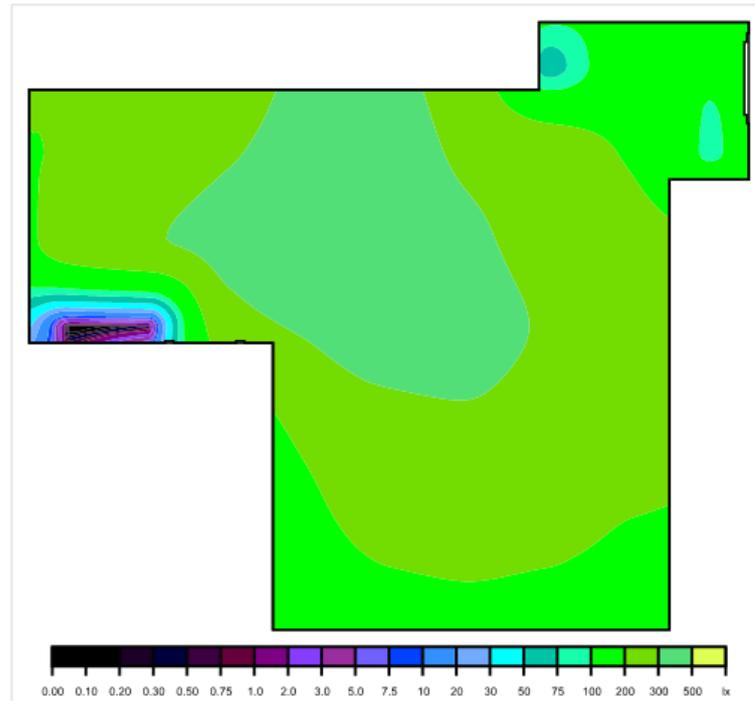
Escala: 1 : 50

Potência luminosa vertical (Trama)
Meio (real): 235 lx, Min: 0.00 lx, Máx: 359 lx, Min/Médio: 0.00, Mín/ Máx: 0.00

FIGURA 4.5 - Níveis de iluminância em linhas isométricas do dormitório da suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Superfície de cálculo 1



Escala: 1 : 50

Potência luminosa vertical (Trama)
Meio (real): 235 lx, Min: 0.00 lx, Máx: 359 lx, Min/Médio: 0.00, Mín/ Máx: 0.00

FIGURA 4.6 - Níveis de iluminância através de cores falsas do dormitório da suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).



FIGURA 4.7 - Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto do dormitório da suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

4.1.1.4 Maquete 3D Renderizada

Para que o resultado dos cálculos da simulação sejam bem fiéis à realidade, é preciso fazer a montagem da maquete virtual 3D no software Dialux, especificando as cores, os tipos de materiais, grau de reflexão e transparência de todos os móveis e objetos componentes do ambiente. Após toda a montagem, o software oferece a opção de renderizar a imagem montada e exportar para o seu relatório a fim de mostrar ao interessado no projeto que o projetista tomou todos os cuidados para representar o ambiente da forma mais realista e fiel possível. A figura 4.8 exibe um exemplo de maquete 3D renderizada pelo software.



FIGURA 4.8 - Maquete 3D renderizada do dormitório da Suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

4.2 Comparativo de Preços e Características entre Lâmpadas LED e Convencionais

Para o projeto luminotécnico do apartamento objeto de estudo deste trabalho foram utilizados modelos de luminárias de marcas estrangeiras, nem sempre fáceis de encontrar no Brasil. O motivo desta escolha é a maior variedade de opções de modelos digitais próprios para o simulador disponibilizados pelos fabricantes estrangeiros comparado aos fabricantes nacionais. Porém, o foco deste estudo de comparação de preços está na variação dos custos entre os tipos de lâmpadas e não entre os tipos de luminárias. A tecnologia LED, por ser muito versátil, permite a produção de lâmpadas adequadas para a substituição direta de quase todos os modelos de lâmpadas tradicionais já conhecidas há décadas, sem a necessidade de utilização de adaptadores adicionais. Assim sendo, admitiremos neste estudo que todas as luminárias utilizadas no projeto são apropriadas tanto para utilizarem lâmpadas dos tipos tradicionais quanto do tipo LED com encapsulamento equivalente às tradicionais.

A tabela 4.1 exibe uma lista com o número de unidades que foram utilizados de cada modelo de lâmpada, além das especificações técnicas mais importantes.

Item	Unidades	Tipo de Lâmpada	Temp. de Cor (K)	IRC	Eficiência (lm/W)	Fluxo Luminoso Grupo (lm)
1	2	LED 63W (Tubular ou Fita)	3000	79	105,8	13.330,80
2	8	LED 47W (Tubular ou Fita)	3000	79	106,3	39.968,80
3	8	LED 27,6W (Bulbo)	4000	79	78,1	17.244,48
4	14	LED 9W (Bulbo)	4000	84	59,9	7.547,40
5	3	LED 23W (Bulbo)	3000	79	86,9	5.996,10
6	3	LED 12W (Bulbo)	3000	79	71,4	2.570,40
7	6	LED 10W (Dicróica)	3000	90	27,6	1.656,00
8	6	LED 20.2W (Bulbo)	3000	84	108	13.089,60
9	10	LED 20W (Bulbo)	3000	83	24,6	4.920,00
10	2	LED 9W (Bulbo)	3000	84	51,1	919,80
11	46	LED 4,8 W (Fita 0,2m)	4000	78	6,8	1.501,44

TABELA 4.1 - Tabela contendo todas as lâmpadas e especificações técnicas definidas e utilizadas no projeto.

Para que fosse possível comparar e analisar a diferença entre a opção por lâmpadas LED ou lâmpadas tradicionais, foi feita uma pesquisa de preços de alguns tipos de lâmpadas tradicionais e alguns tipos equivalentes de lâmpadas LED de diferentes marcas encontradas facilmente no Brasil. A pesquisa foi feita em duas grandes lojas de lâmpadas da região metropolitana de Belo Horizonte, que são a Loja Elétrica e a Leroy Merlin, em 7 de novembro de 2016. Além da pesquisa por preço, foi feita uma consulta e coleta de dados nas fichas técnicas de cada uma das lâmpadas, através dos websites dos fabricantes.

Para calcular a média de preços por tipo de lâmpada, foram escolhidas de 5 a 6 opções de marcas, potências e outras especificações diferentes umas das outras. A estratégia utilizada foi a de coletar amostras variadas de cada tipo de lâmpada para se alcançar uma média de preço por lúmen bem representativa. Outras médias foram calculadas com base nas especificações técnicas disponibilizadas pelos fabricantes, para que fosse possível comparar diversos tipos de parâmetros entre as lâmpadas tradicionais e as LED compatíveis com cada categoria.

As tabelas 2 a 10 exibem os dados de cada tipo de lâmpada tradicional e de LED pesquisadas.

Lâmpada Bulbo (LED)	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$)
Golden	15	3000	108	1.620	30.000	31,9
Lexman	6	3000	78	470	15.000	20,9
Osram	10	3000	80	800	25.000	74,9
Golden	12	3000	102	1.224	30.000	24,99
Lexman	9	3000	90	806	10.000	30,9
Lexman	15	3000	101	1521	15.000	45,9
Fluxo Luminoso Médio (lm)						1.073,50
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						93,17
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						35,63
Vida útil média (h)						20.833,33
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						1,32
Potência média por Lúmen (mW/lm)						10,40
Preço médio por Watt (R\$/W)						3,43

TABELA 4.2 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Bulbo LED de diferentes marcas.

Lâmp. Fluoresc. Compac.	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$)
FLC	9	2700	55	495	6.000	14,99
Philips	14	2700	56	810	8.000	16,89
LLum	15	2700	59	885	6.000	16,49
Ourolux	20	2700	59	1.180	6.000	20,9
Golden	14	2700	43	600	8.000	9,59
Osram	20	2700	59	1180	8.000	18,69
Fluxo Luminoso Médio (lm)						858,33
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						55,17
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						18,94
Vida útil média (h)						7.000,00
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						1,67
Potência média por Lúmen (mW/lm)						17,86
Preço médio por Watt (R\$/W)						1,06

TABELA 4.3 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas Fluorescentes Compactas de diferentes marcas.

LED Tubular (LED)	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$)
Stella	17	6500	85	1.450	15.000	28,88
Stella	8,5	6500	82	700	15.000	26,65
Kian	18	6500	94	1.700	25.000	41,9
Kian	9	6500	94	850	25.000	30,9
Elektra	9	6500	100	900	15.000	31,61
Fluxo Luminoso Médio (lm)						1.120,00
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						91,00
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						28,56
Vida útil média (h)						19.000,00
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						1,21
Potência média por Lúmen (mW/lm)						10,98
Preço médio por Watt (R\$/W)						2,60

TABELA 4.4 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo LED Tubular de diferentes marcas.

Fita de LED	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$/m)
Brilia	4,4	3000	68	300	15.000	40,41
Stella	14,4	4000	55	785	25.000	70,4
Brilia	14,4	3000	55	790	15.000	114,5
Stella	4,4	3000	57	250	25.000	35,6
Brilia	4,4	4000	68	300	15.000	51,6
Fluxo Luminoso Médio (lm)						485,00
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						60,60
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						128,87
Vida útil média (h)						19.000,00
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						2,37
Potência média por Lúmen (mW/lm)						17,32
Preço médio por Watt (R\$/W)						7,44

TABELA 4.5 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Fita de LED de diferentes marcas.

Lâmp. Fluoresc. Tubular	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$)
Osram	28	4000	93	2.600	20.000	28,9
Kian	16	6400	69	1.100	8.000	7,09
Ourolux	32	6400	69	2.200	10.000	9,99
LLum	16	6400	63	1.000	20.000	9,99
Osram	54	4000	82	4.450	20.000	26,9
LLum	54	6400	76	4.100	20.000	25,9
Fluxo Luminoso Médio (lm)						2.575,00
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						75,33
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						7,04
Vida útil média (h)						16.333,33
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						0,80
Potência média por Lúmen (mW/lm)						12,94
Preço médio por Watt (R\$/W)						0,54

TABELA 4.6 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Fluorescente Tubular de diferentes marcas.

Lâmpada Dicroica (LED)	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Eficiência (lm/w)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Preço (R\$)
Ourolux	4	3000	75	300	15.000	47,9
Philips	3,5	3000	61	215	25.000	36,9
Golden	1,5	3000	84	126	25.000	20,9
FLC	3	3000	67	200	30.000	28,9
Golden	5	3000	84	420	25.000	25,9
Fluxo Luminoso Médio (lm)						252,20
Eficiência Luminosa Média (lm/W)						74,20
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)						127,28
Vida útil média (h)						24.000,00
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)						0,96
Potência média por Lúmen (mW/lm)						13,48
Preço médio por Watt (R\$/W)						9,44

TABELA 4.7 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Dicroica (LED) de diferentes marcas.

Lâmpada Halógena Dicroica	Potência em Watts	Temp. de Cor (K)	Vida Útil (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Preço (R\$)
Golden	50	2700	2.000	1.300	5,49
Osram	50	2700	1.000	2.200	19,99
LLum	50	2700	2.000	1.400	9,49
Ourolux	50	2700	2.000	1.800	9,99
Osram	35	2700	4.000	1.100	33,9
Fluxo Luminoso Médio (lm)					1.560,00
Eficiência Luminosa Média (lm/W)					33,19
Preço médio por milhar de Lúmen (R\$/Klm)					10,11
Vida útil média (h)					2.200,00
Preço médio por mês de vida útil (R\$/m.v.u.)					5,16
Potência média por Lumén (mW/lm)					30,13
Preço médio por Watt (R\$/W)					0,34

TABELA 4.8 - Tabela contendo preços, especificações técnicas e média de valores relativos à lâmpadas do tipo Halógena Dicroica de diferentes marcas.

Existe hoje no mercado de lâmpadas nacional uma grande publicidade e consequente aumento da tendência de consumo de lâmpadas da tecnologia LED, porém, é uma lâmpada relativamente recente no mercado e por isso com um valor agregado ainda relativamente alto comparado as demais lâmpadas. Diante disso, foi feito um estudo comparativo entre lâmpadas de tecnologia LED e lâmpadas de tecnologias tradicionais, calculando-se:

- a) A vida útil média das lâmpadas. Cálculo realizado: somou-se a vida útil de todas as lâmpadas escolhidas como amostra e dividiu-se pelo número total de lâmpadas;
- b) O preço médio por mês de vida útil de cada tipo de lâmpada. Cálculo realizado: somou-se o valor de cada peça escolhida como amostra e dividiu-se o valor resultante pelo somatório do tempo de vida útil de todas as lâmpadas dividido por 720 (convertendo as horas em mês);
- c) A eficiência luminosa média. Cálculo realizado: dividiu-se o somatório do fluxo luminoso de todas as lâmpadas escolhidas como amostra pelo somatório de suas potências;
- d) O preço médio por milhar de lúmen. Cálculo realizado: dividiu-se o somatório dos preços de cada unidade de amostra pelo somatório de seus fluxos luminosos;
- e) A potência média demandada pelas lâmpadas para atingirem o fluxo luminoso demandado pelo grupo de lâmpadas similares da tabela 4.1. Cálculo efetuado: Multiplicou-se o fluxo luminoso demandado pelos grupos de lâmpadas equivalentes contidas na tabela 4.1 pela potência média por lúmen contida nas tabelas das lâmpadas analisadas e depois multiplicou-se por 1000 para o valor sair em W;
- f) Um valor de referência de investimento inicial para efeito de comparação de custos de investimentos entre as duas tecnologias. Cálculo utilizado: Multiplicou-se a potência média demandada pelas lâmpadas calculado como descrito no item e) pelo preço médio por Watt contido nas tabelas das lâmpadas estudadas;
- g) Um valor médio do custo gerado pelo consumo de energia elétrica por cada tipo de lâmpada em 20.000 horas de uso. Cálculo realizado: dividiu-se a potência média demandada pelas lâmpadas calculado como descrito no item e) por 1000 (convertendo W em KW), multiplicou-se por 20.000h e em seguida multiplicou-se por 0,89 reais (valor do KWh da Cemig em novembro de 2016).

5. RESULTADOS

Os gráficos de 5.1 a 5.6 exibem uma comparação entre os valores médios dos principais parâmetros das lâmpadas tradicionais em relação as lâmpadas LED equivalentes, ou seja, que poderiam substituí-las nos mesmos tipos de luminária.

5.1 Comparação entre as Lâmpadas Fluorescente Compacta e Bulbo LED

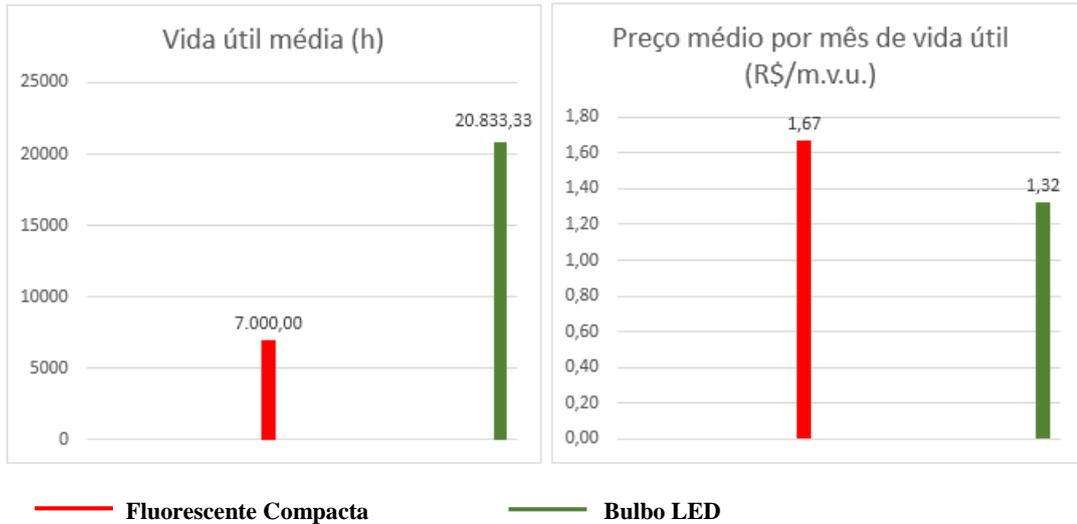


GRÁFICO 5.1 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.2 e 4.3 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas.

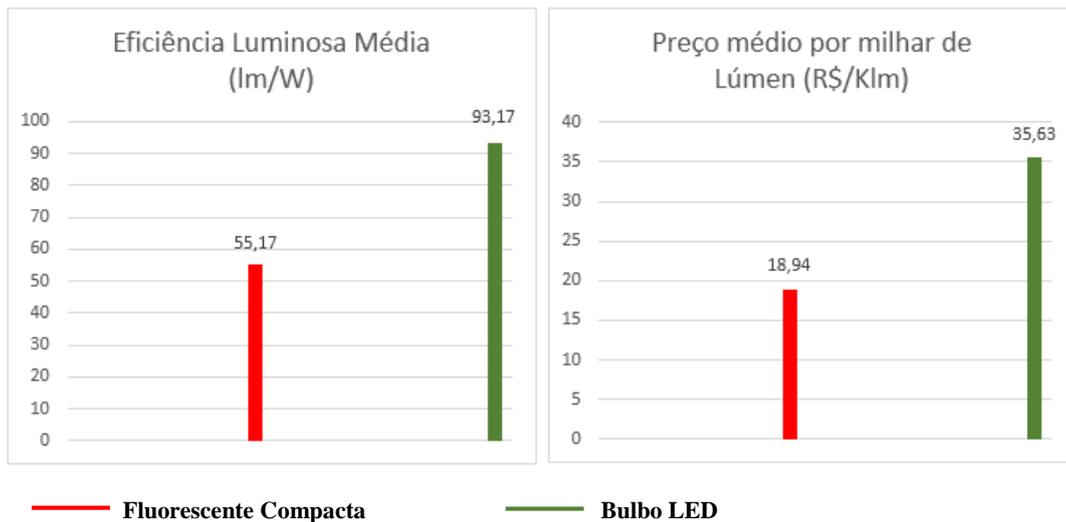


GRÁFICO 5.2 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.2 e 4.3 e a direita a comparação entre o preço médio por milhar de lúmen entre as mesmas lâmpadas.

As lâmpadas do tipo Bulbo LED podem substituir as lâmpadas Fluorescente Compactas nas mesmas luminárias sem necessidade de adaptadores adicionais. De acordo com os dados

coletados e das médias calculadas para esses dois tipos de lâmpadas, pôde-se ainda chegar aos seguintes valores em termos percentuais:

- a) As lâmpadas Bulbo LED têm vida útil média 198% mais longa que a média das Fluorescentes Compactas;
- b) As lâmpadas Bulbo LED têm um preço médio por mês de vida útil 21% menor que a média das Fluorescentes Compactas;
- c) A eficiência luminosa média das lâmpadas Bulbo LED é 69% maior que a média das lâmpadas Fluorescentes Compactas;
- d) O preço médio por milhar de Lúmen das lâmpadas Bulbo LED é 88% maior que a médias das lâmpadas Fluorescentes Compactas.

Para ficar mais simples de comparar, aplicamos os dados encontrados para o estudo de caso deste trabalho. Com o auxílio da tabela 4.1, pôde-se fazer mais comparações, pois para alcançar o fluxo luminoso demandado pelo grupo de lâmpadas dos itens 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 poderíamos utilizar lâmpadas do tipo Bulbo LED ou Fluorescente Compacta nas mesmas luminárias. Assim, obtendo o somatório dos fluxos luminosos dos itens anteriormente citados, encontramos o valor de 49.717,38lm. Sabendo o total de fluxo luminoso que deve ser fornecido por algum dos dois tipos de lâmpadas estudadas neste tópico, multiplicamos o fluxo total pela potência média por lúmen de cada um dos dois tipos, concluímos que:

- a) A potência média demandada pelas lâmpadas Bulbo LED para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 517,06 W;
- b) A potência média demandada pelas lâmpadas Fluorescentes Compactas para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 887,95W.

Portanto, para gerar o mesmo fluxo luminoso de 49717,38lm, as lâmpadas Bulbo LED consumiriam em média 42% menos energia elétrica que as lâmpadas Compacto Fluorescentes.

Sabendo a potência total necessária para cada tipo de lâmpada e multiplicando pelo preço médio por Watt de cada uma delas, encontramos:

- a) Um valor de referência para comparação de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo Bulbo LED seria em torno de R\$1.773,52;
- b) Um valor de referência de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo Fluorescente Compacta seria em torno de R\$941,22.

Portanto, o investimento inicial para aquisição de lâmpadas Fluorescentes Compactas é em torno de 53% do total necessário para adquirir lâmpadas Bulbo LED. Porém, é válido lembrar que as lâmpadas Bulbo LED chegam a ter uma vida útil 198% mais longa e consomem 42% menos energia que as Fluorescentes compactas.

Tendo como base o valor do KWh de R\$0,89 cobrado pela concessionária Cemig em 12 de novembro de 2016, temos que nas primeiras 20.000 horas de funcionamento das luminárias compatíveis com as duas lâmpadas estudadas neste tópico, os gastos totais gerados por cada um dos dois tipos de lâmpadas seria:

- a) Bulbo LED: R\$9.203,67 de consumo de energia + R\$1.773,52 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$10.977,19;
- b) Fluorescente Compacta: R\$15.805,51 de consumo de energia + R\$941,22 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$16.746,73.

Portanto, de acordo com os cálculos feitos anteriormente, podemos concluir que os custos relacionados ao uso de lâmpadas Fluorescente Compactas são em torno de 53% maiores que os relacionados ao uso de lâmpadas do tipo Bulbo LED, quando tomado por base um tempo de 20.000 horas de uso.

5.2 Comparação entre as Lâmpadas Fita de LED, Fluorescente e LED Tubulares

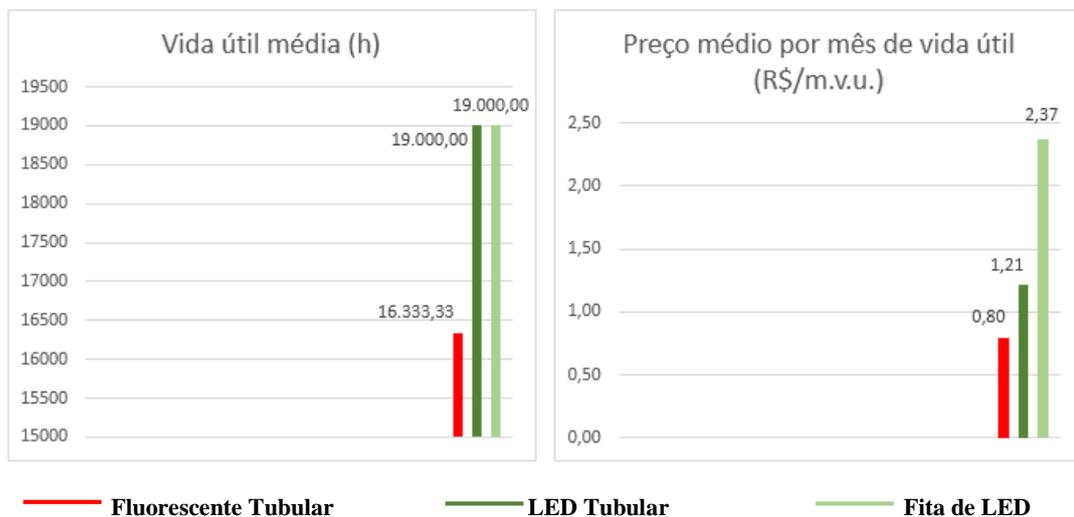


GRÁFICO 5.3 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas.

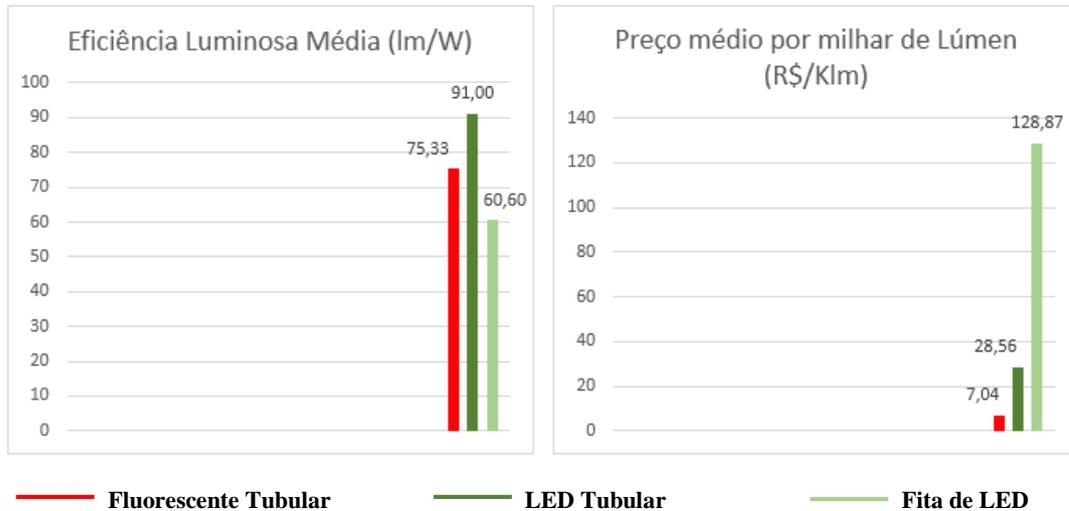


GRÁFICO 5.4 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 e a direita a comparação entre o preço médio por milhar de lúmen entre as mesmas lâmpadas.

As lâmpadas do tipo Fluorescente Tubular podem ser substituídas por Lâmpadas LED Tubulares e às vezes por lâmpadas Fita LED nos mesmos tipos de luminárias. De acordo com os dados coletados e das médias calculadas para esses três tipos de lâmpadas, podemos ainda chegar aos seguintes valores em termos percentuais:

- As lâmpadas LED Tubulares e as Fita LED têm vida útil média 17% mais longa que a média das Fluorescentes Tubulares;
- As lâmpadas LED Tubulares têm um preço médio por mês de vida útil 51% maior que a média das Fluorescentes Tubulares;
- As Fita de LED têm preço médio por mês de vida útil 196% maior que as Fluorescentes Tubulares;
- A eficiência luminosa média das lâmpadas LED Tubulares é 21% maior que a média das lâmpadas Fluorescentes Tubulares;
- A eficiência luminosa média das lâmpadas Fluorescentes tubulares é 24% maior que a das lâmpadas do tipo Fita de LED;
- O preço médio por milhar de Lúmen das lâmpadas LED Tubular é 300% maior que a médias das lâmpadas Fluorescentes Tubulares;
- O preço médio por milhar de Lúmen das lâmpadas Fita de LED é 1.731% maior que a médias das lâmpadas Fluorescentes Tubulares;

Para ficar mais simples de comparar, aplicamos os dados encontrados para o estudo de caso deste trabalho. Com o auxílio da tabela 4.1, pôde-se fazer mais comparações, pois para alcançar o fluxo luminoso demandado por grupo de lâmpadas dos itens 1, 2 e 11 poderíamos utilizar

lâmpadas do tipo LED Tubular, Fita de LED ou Fluorescente Tubular nos mesmos tipos de luminárias. Assim, obtendo o somatório dos fluxos luminosos dos itens anteriormente citados, encontramos o valor de 54.801,04lm. Sabendo o total de fluxo luminoso que deve ser fornecido por algum dos três tipos de lâmpadas estudadas neste tópico, multiplicamos o fluxo total pela potência média por lúmen de cada um dos três tipos, concluindo que:

- a) A potência média demandada pelas lâmpadas LED Tubulares para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 601,72W;
- b) A potência média demandada pelas lâmpadas Fita de LED para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 949,15W;
- c) A potência média demandada pelas lâmpadas Fluorescentes Tubulares para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 709,13W.

Portanto, para gerar o mesmo fluxo luminoso de 54.801,04lm, as lâmpadas Fluorescentes Tubulares consumiriam em média 18% mais energia elétrica que as lâmpadas LED Tubulares e 25% menos energia do que seria consumido pelas do tipo Fita de LED.

Sabendo a potência total necessária para cada tipo de lâmpada e multiplicando pelo preço médio por Watt de cada uma delas, encontramos:

- a) Um valor de referência para comparação de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo LED Tubulares seria em torno de R\$1.564,48;
- b) Um valor de referência para comparação de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo Fita de LED seria em torno de R\$7.061,76;
- c) Um valor de referência de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo Fluorescente Tubular seria em torno de R\$382,93.

Portanto, o investimento inicial para aquisição de lâmpadas Fluorescentes Tubulares é em torno de 24% do total necessário para adquirir lâmpadas LED Tubulares e em torno de 5% do necessário para adquirir Fita de LED.

Tendo como base o valor do KWh de R\$0,89 cobrado pela concessionária Cemig em 12 de novembro de 2016, temos que nas primeiras 20.000 horas de funcionamento das luminárias compatíveis com as duas lâmpadas deste tópico, os gastos totais gerados por cada um dos dois tipos de lâmpadas seria:

- a) LED Tubulares: R\$10.710,62 de consumo de energia + R\$1.646,82 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$12.357,44;

- b) Fita de LED: R\$16.894,87 de consumo de energia + R\$7.433,34 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$24.328,21;
- c) Fluorescente Tubular: R\$12.622,51 de consumo de energia + R\$468,99 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$13.091,50.

Portanto, de acordo com os cálculos feitos anteriormente, podemos concluir que os custos relacionados ao uso de lâmpadas Fluorescente Tubular são em torno de 6% maiores que os relacionados ao uso de lâmpadas do tipo LED Tubular e em torno de 46% menores que o custo relacionado ao uso de lâmpadas tipo Fita de LED, quando tomado por base um tempo de 20.000 horas de uso.

5.3 Comparação entre as Lâmpadas Halógena Dicroica e a LED Dicroica

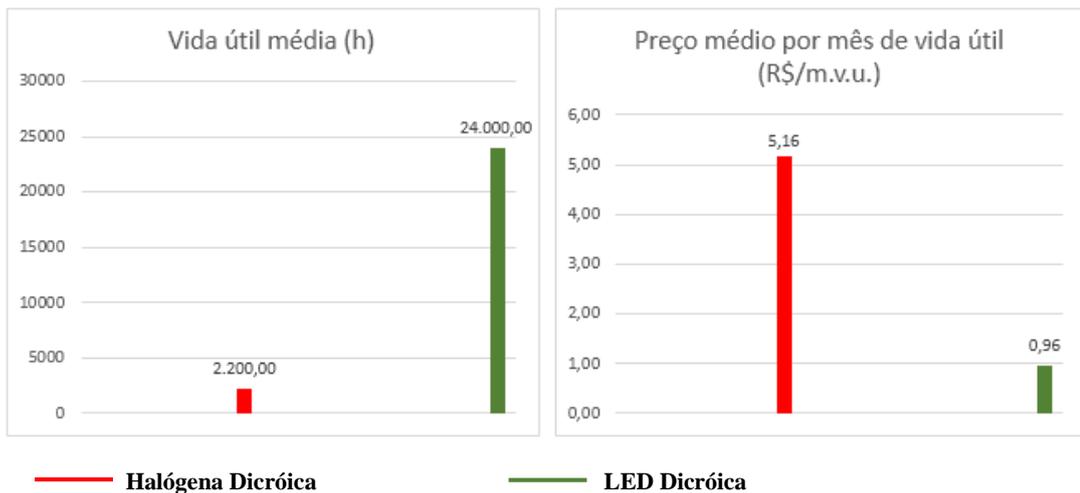


GRÁFICO 5.5 - A esquerda comparação entre a vida útil das lâmpadas das tabelas 4.7 e 4.8 e a direita a comparação entre o preço médio por mês de vida útil entre as mesmas lâmpadas.

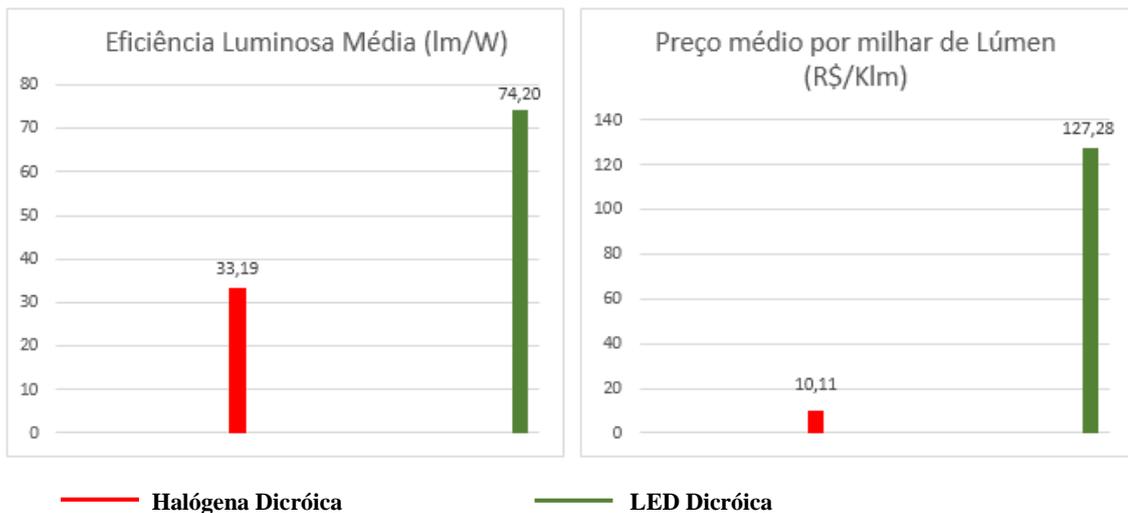


GRÁFICO 5.6 - A esquerda comparação entre a eficiência luminosa das lâmpadas das tabelas 4.7 e 4.8 e a direita a comparação entre o preço médio por milhão de lúmen entre as mesmas lâmpadas.

As lâmpadas do tipo LED Dicroica podem substituir as lâmpadas Halógenas Dicroicas nas mesmas luminárias sem necessidade de adaptadores adicionais. De acordo com os dados coletados e com as médias calculadas para esses dois tipos de lâmpadas, podemos ainda chegar aos seguintes valores em termos percentuais:

- a) As lâmpadas LED Dicroica têm vida útil média 991% mais longa que a média das Halógenas Dicroicas;
- b) As lâmpadas LED Dicroica têm um preço médio por mês de vida útil 81% menor que a média das Halógenas Dicroicas;
- c) A eficiência luminosa média das lâmpadas LED Dicroicas é 124% maior que a média das lâmpadas Halógenas Dicroicas;
- d) O preço médio por milhar de Lúmen das lâmpadas LED Dicroicas é 1159% maior que a médias das lâmpadas Halógenas Dicroicas.

Para ficar mais simples de comparar, aplicamos os dados encontrados para o estudo de caso deste trabalho. Com o auxílio da tabela 4.1, pôde-se fazer mais comparações, pois para alcançar o fluxo luminoso demandado por grupo de lâmpadas do item 7 poderíamos utilizar lâmpadas do tipo LED Dicroica ou Halógena Dicroica nas mesmas luminárias. Assim, obtendo o somatório dos fluxos luminosos do item anteriormente citado, encontramos o valor de 1.656lm. Sabendo que o total de fluxo luminoso que deve ser fornecido por algum dos dois tipos de lâmpadas estudadas neste tópico, multiplicamos o fluxo total pela potência média por lúmen de cada um dos dois tipos, concluindo que:

- a) A potência média demandada pelas lâmpadas LED Dicroica para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 22,32W;
- b) A potência média demandada pelas lâmpadas Halógenas Dicroicas para gerar o total de fluxo luminoso necessário é de 49,90W;

Portanto, para gerar o mesmo fluxo luminoso de 1.656lm, as lâmpadas LED Dicroicas consumiriam em média 55% menos energia elétrica que as lâmpadas Halógenas Dicroicas.

Sabendo a potência total necessária para cada tipo de lâmpada e multiplicando pelo preço médio por Watt de cada uma delas, encontramos:

- a) Um valor de referência de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo LED Dicroica seria em torno de R\$210,70;

- b) Um valor de referência de investimento inicial médio para a aquisição das lâmpadas do tipo Fluorescente Compacta seria em torno de R\$16,97.

Portanto, o investimento inicial para aquisição de Halógenas Dicroicas é em torno de 8% do total necessário para adquirir lâmpadas LED Dicroicas. Porém, é válido lembrar que as lâmpadas LED Dicroicas chegam a ter uma vida útil 991% mais longa e consomem 55% menos energia que as Halógenas Dicroicas.

Tendo como base o valor do KWh de R\$0,89 cobrado pela concessionária Cemig em 12 de novembro de 2016, temos que nas primeiras 20.000 horas de funcionamento das luminárias compatíveis com as duas lâmpadas deste tópico, os gastos totais gerados por cada um dos dois tipos de lâmpadas seria:

- a) LED Dicroica: R\$397,30 de consumo de energia + R\$210,70 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$608,00;
- b) Halógena Dicroica: R\$888,22 de consumo de energia + R\$154,24 de investimento em Lâmpadas, totalizando R\$1.042,46.

Portanto, de acordo com os cálculos feitos anteriormente, podemos concluir que os custos relacionados ao uso de lâmpadas Halógenas Dicroicas são em torno de 71% maiores que os relacionados ao uso de lâmpadas do tipo LED Dicroicas, quando tomado por base um tempo de 20.000 horas de uso.

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao comparar lâmpadas do tipo LED com lâmpadas largamente utilizadas pelos consumidores há anos, como Fluorescentes e Halógenas, de acordo com a realidade dos preços aplicados em cada um desses produtos no mercado nacional, vimos que nos três casos de comparação do capítulo 5 o investimento inicial demandado para o uso de lâmpadas do tipo LED é expressivamente maior do que o demandado pelas lâmpadas Fluorescentes ou Halógenas. Porém, como as lâmpadas de LED possuem vida útil média e eficiência luminosa relativamente maiores quando comparadas com a média das outras lâmpadas, elas, com exceção da Fita de LED, apresentaram um custo benefício melhor no prazo de 20.000 horas de uso que o apresentado pelas lâmpadas de outras tecnologias. A lâmpada que apresentou menor diferença foi a Fluorescente Tubular, que além de gerar um gasto menor do que as Fitas de LED, apresentou uma diferença de apenas 6% dos gastos gerados pelas lâmpadas LED Tubulares por apresentar uma vida útil e uma eficiência luminosa relativamente altas e por serem bem mais baratas que as de LED equivalentes.

Mesmo as lâmpadas de LED possuindo um valor agregado relativamente alto por serem novas no mercado, atualmente elas já conseguem proporcionar uma boa economia de energia e uma economia também para o bolso do consumidor. Para os consumidores que analisam os custos a mais longo prazo e para os consumidores que pensam em utilizar painéis fotovoltaicos em suas residências, a tecnologia LED pode significar também uma redução no valor de investimento nos painéis, já que elas são mais eficientes.

Alguns fatores que não foram abordados neste estudo devem ser também levados em consideração ao decidir por qual tecnologia optar, como: os gastos relativos às reposições das lâmpadas de vida útil menor; o menor calor dissipado pelas lâmpadas de LED quando comparado às tradicionais; a ausência de raios UV nas lâmpadas de LED; a ausência de efeito flicker; a maior robustez física; a maior tolerância a impactos e vibrações, entre outros.

Portanto, a conclusão que se chega a partir deste trabalho, é que as lâmpadas de LED trazem uma economia de energia considerável e também uma economia para o consumidor mesmo quando considerado seu custo de aquisição, porém, o valor de investimento inicial é relativamente mais alto, o que pode afastar alguns consumidores que não queiram fazer um investimento mais elevado inicialmente, ou que não saibam das vantagens quando analisado a mais longo prazo. Entretanto, como acontece com todos os produtos, à medida que a sua

produção vai aumentando, seu preço vai reduzindo, o que é um cenário positivo para o mercado de lâmpadas e para um consumo de eletricidade mais sustentável em um futuro próximo.

Tendo sido feito o projeto luminotécnico completo do apartamento, feita a comparação entre as lâmpadas de LED e as tradicionais e o estudo teórico sobre aquecimento solar e a gás natural, pode-se dizer que os objetivos deste trabalho foram cumpridos por completo.

Algumas sugestões de continuidade a partir deste trabalho seriam o projeto de um sistema de aproveitamento solar para aquecimento de água para o apartamento utilizado como referência neste trabalho, além da análise da viabilidade de substituir o sistema de gás natural por um sistema fotovoltaico On Grid como complemento no aquecimento de água.

Uma outra possibilidade seria utilizar o modelo do apartamento trabalhado nesta monografia para projetar um prédio de seis pavimentos contendo um apartamento por andar, com elevador e analisar a viabilidade econômico-financeira e espacial de se instalar um sistema fotovoltaico On Grid para suprir a demanda de energia do condomínio, dividindo o espaço do terraço com os coletores solares do sistema de aquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

CASA & PLANOS. **Tipos de Luminárias**. Disponível em:

<<http://www.casaepianos.com/iluminacao/tipo-de-luminarias.html>>. Acesso em: 10 de set. de 2016.

CHANDELIER. **Tipos de Luminárias**. Disponível em:

<<https://chandelierlux.wordpress.com/2010/01/07/tipos-de-luminarias/>>. Acesso em: 10 de set. de 2016.

CONGÁS & ABRINSTAL. **Manual Técnico para Projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural**. Disponível em:

<<http://docslide.com.br/documents/manual-tecnico-para-projeto-e-construcao-de-sistemas-de-aquecimento-solar-e.html> >. Acesso em: 10 de set. de 2016.

DIALUX EVO for Windows 7. Version 3.0. [S.I.]: Dial GmbH, 2015.

FREDIGO, N. S.; GONÇALVES. G.; LUCAS, P. F. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC2009_Natalia.pdf>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

FURRIELA, Rachel Biderman. **Principais Conferências Internacionais sobre o Meio Ambiente e Documentos Resultantes**. Disponível em:

<http://www.ecclesia.com.br/biblioteca/fe_e_meio_ambiente/principais_conferencias_internacionais_sobre_o_meio_ambiente_e_documentos_resultantes.html >. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

GANHÃO, António Miguel Ganço Dias. **Construção Sustentável – Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação**. 2011. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

LRV IMÓVEIS. **Planta Baixa Palazzo Torre Bárbara**. Disponível em:

<<http://lrvimoveis.com.br/palazzo-torre-barbara/#jp-carousel-2596>>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

KERDANA. **Conferências sobre Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://protocolo-de-kyoto.info/conferencias-sobre-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

LUMIDEC. **Iluminação – Informações Técnicas**. Disponível em: <http://www.abaluxiluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumidec.pdf>. Acesso em: 10 de set. de 2016.

MENDONÇA, Luciana. **Consumo de Energia de Crescer 4,8% até 2020**. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/2016/2011/03/10/consumo-de-energia-deve-crescer-48-ate-2020/>>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

NEVES, Renata Ribeiro. Centro Cultural: a Cultura à promoção da Arquitetura. **Revista Online IPOG Especialize**, Goiânia, v. 1, n. 5, jul. 2013.

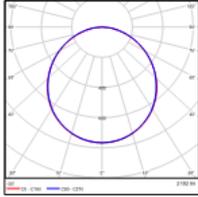
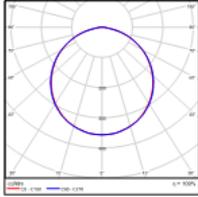
ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a população mundial**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

UNICAMP. **Tipos e Características de Lâmpadas**. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/tipos_e_caracteristicas_de_lampadas.pdf>. Acesso em: 10 de Set. de 2016.

VARELA, Nuno. **Edifícios Auto Suficientes**. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72675/1/000155952>>. Acesso em: 21 de mar. de 2016.

Anexo I

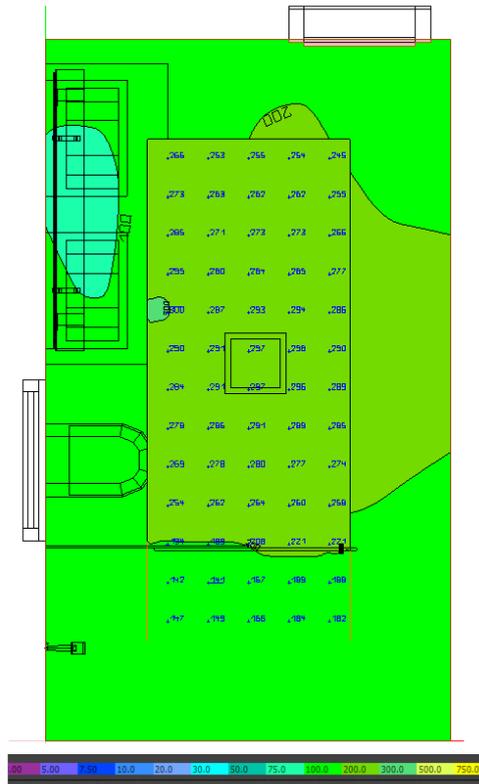
Banheiro (Suíte 1)

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	Pelsan 5615 8220 Slim Panel 20W LED 6500K 30X30 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 2182 lm Potência: 20.2 W Rendimento luminoso: 108.0 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 84		
20	Solar A/S 1691260 GW-5NW Neutraal wit 4,8W/390 lumen per meter, 60 led's p/m - 0,2m Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED strip 6000K Grau de actuação operacional: 100.00% Fluxo luminoso de lâmpada: 7 lm Fluxo luminoso da luminária: 6 lm Potência: 1.0 W Rendimento luminoso: 6.8 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 78		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 2322 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 2302 lm, Potência total: 40.2 W, Rendimento luminoso: 57.3 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas no banheiro da Suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

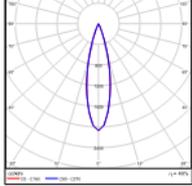
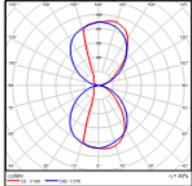


Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto do banheiro da suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Anexo II

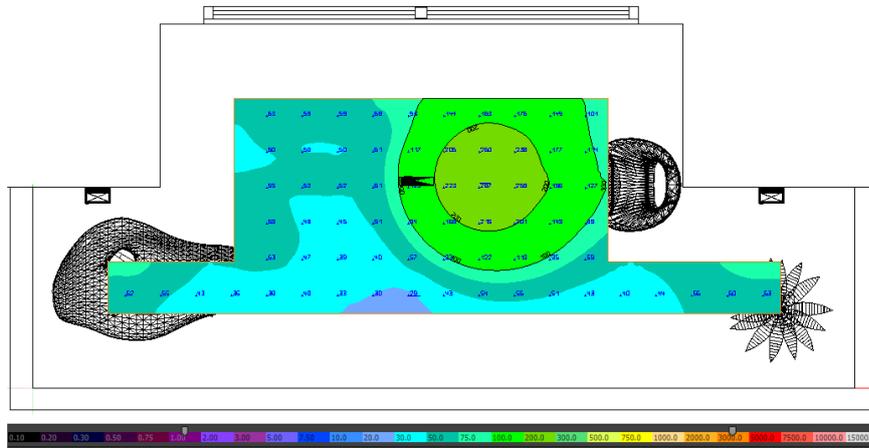
Varanda (Suíte 1)

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	ALTO CO ,Ltd 17300W-830H-010-025 T3 Track luminaires Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED T3 10W 830 Grau de actuação operacional: 40.35% Fluxo luminoso de lâmpada: 685 lm Fluxo luminoso da luminária: 276 lm Potência: 10.0 W Rendimento luminoso: 27.6 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 90		
2	LEDS-C4 05-9649-CA-B8 NEMESIS Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xTC-DSE 20W Grau de actuação operacional: 39.95% Fluxo luminoso de lâmpada: 1230 lm Fluxo luminoso da luminária: 491 lm Potência: 20.0 W Rendimento luminoso: 24.6 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 83		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 3145 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 1258 lm, Potência total: 50.0 W, Rendimento luminoso: 25.2 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas na Sacada da Suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).



Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto da Sacada da Suíte 1.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Anexo III

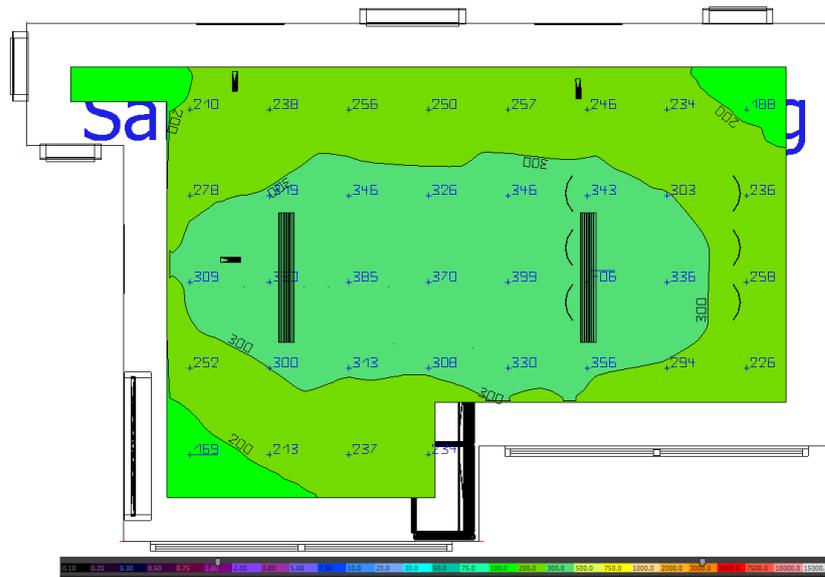
Sala de Jantar e Living

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
3	ALTO CO.,Ltd 17300W-830H-010-025 T3 Track luminaires Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED T3 10W 830 Grau de actuação operacional: 40,35% Fluxo luminoso de lâmpada: 685 lm Fluxo luminoso da luminária: 276 lm Potência: 10,0 W Rendimento luminoso: 27,6 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 90		
2	Artemide – Artemide Group M089821 Surf System LED - 63W - 3000K bianco - dimmerabile DALI Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xM089821 Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 6663 lm Potência: 63,0 W Rendimento luminoso: 105,8 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 15381 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 14154 lm, Potência total: 156,0 W, Rendimento luminoso: 90,7 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas na Sala de Estar e Jantar.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

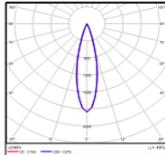
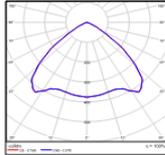
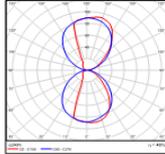
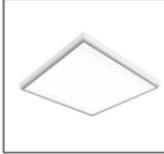
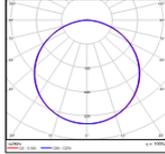


Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto da Sala de Estar e Jantar.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Anexo IV

Varanda e Sacada

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
2	ALTO CO.,Ltd 17300W-830H-010-025 T3 Track luminaires Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED T3 10W 830 Grau de actuação operacional: 40.35% Fluxo luminoso de lâmpada: 685 lm Fluxo luminoso da luminária: 276 lm Potência: 10,0 W Rendimento luminoso: 27,6 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 90		
3	ES-SYSTEM 5899161 DNCE LED 225.LED 840 2000lm 23W DALI Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 2000 lm Fluxo luminoso da luminária: 2000 lm Potência: 23,0 W Rendimento luminoso: 86,9 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		
6	LEDS-C4 05-9649-CA-B8 NEMESIS Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xTC-DSE 20W Grau de actuação operacional: 39,95% Fluxo luminoso de lâmpada: 1230 lm Fluxo luminoso da luminária: 491 lm Potência: 20,0 W Rendimento luminoso: 24,6 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 83		
5	VARTON V1-A0-00070-20000-2002765 + V2-R0-OP00-03.2.0003.15 LED luminaires OFFICE Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xV1-A0-00070-01000-2002765 + VA.2-A0-OP00-03.2.0007.15 Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 2155 lm Fluxo luminoso da luminária: 2155 lm Potência: 27,6 W Rendimento luminoso: 78,1 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 25525 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 20273 lm, Potência total: 347,0 W, Rendimento luminoso: 58,4 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas na Sacada principal.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

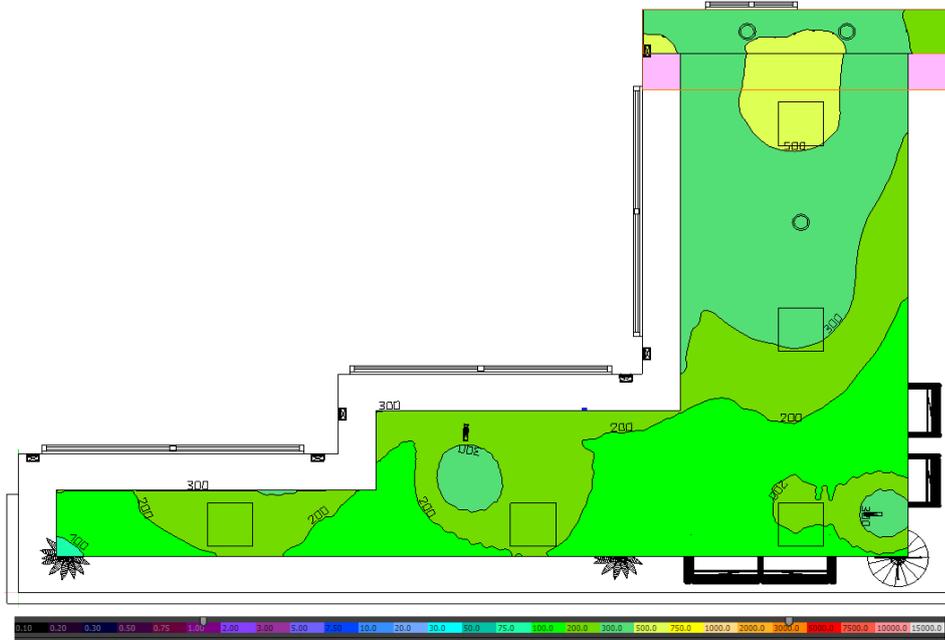
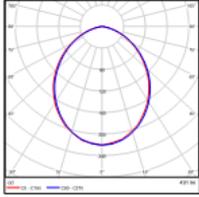
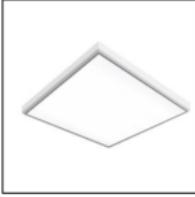
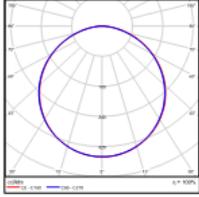


Fig. X. Níveis de iluminância em linhas isométricas e cores falsas da Sacada principal.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Anexo V

Lavanderia

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
4	Simon China N0324-0037 LED downlight 9W 0037 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED downlight 9W 0037 Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 491 lm Potência: 8.2 W Rendimento luminoso: 59.9 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 84		
2	VARTON V1-A0-00070-20000-2002765 + V2-R0-OP00-03.2.0003.15 LED luminaires OFFICE Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xV1-A0-00070-01000-2002765 + VA.2-A0-OP00-03.2.0007.15 Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 2155 lm Fluxo luminoso da luminária: 2155 lm Potência: 27.6 W Rendimento luminoso: 78.1 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 6274 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 6274 lm, Potência total: 88.0 W, Rendimento luminoso: 71.3 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas na Lavanderia.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

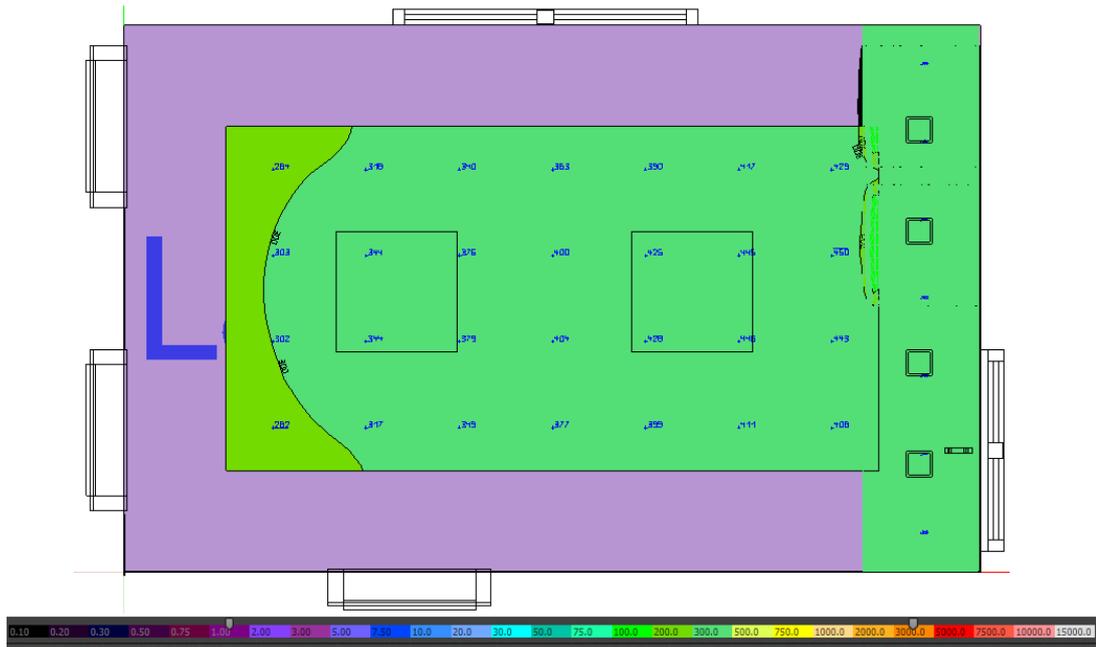
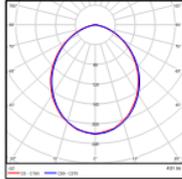
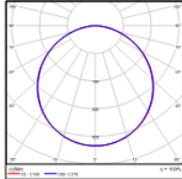


Fig. X. Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto da Lavanderia.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).

Anexo VI

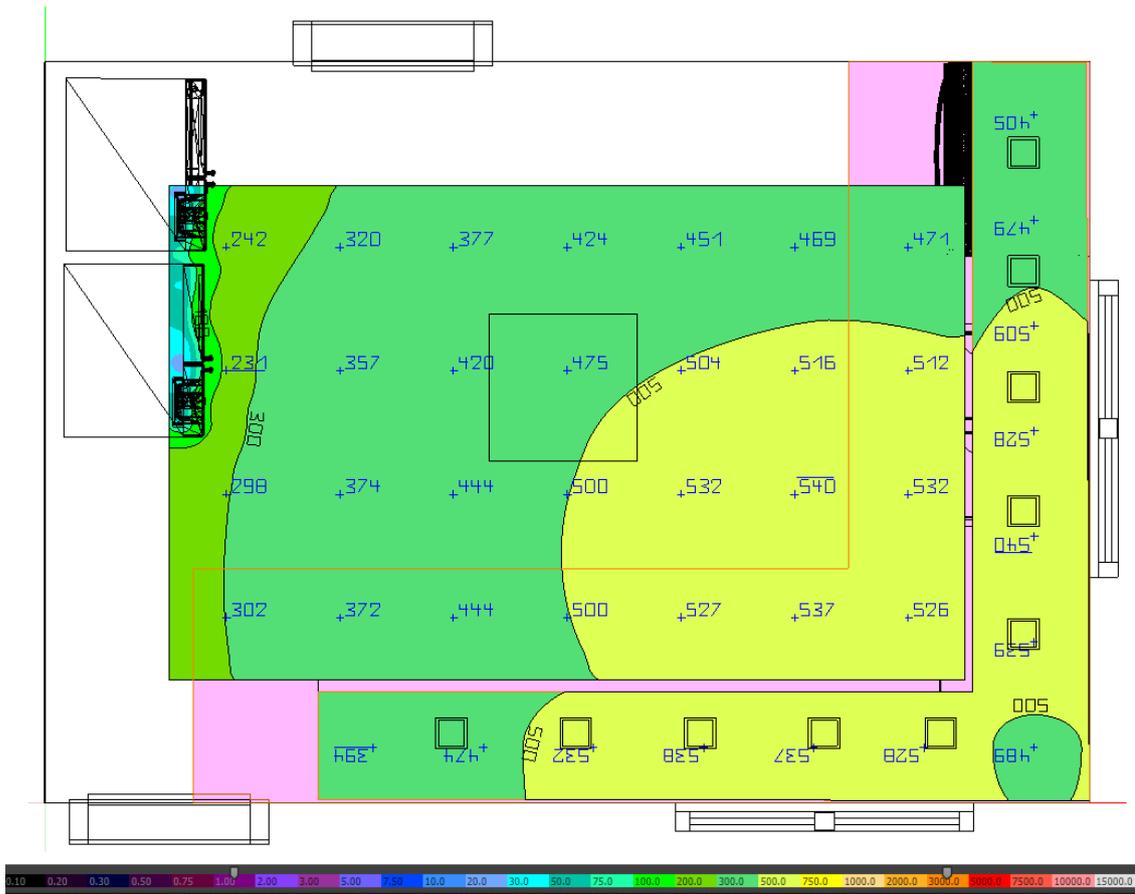
Cozinha

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
10	Simon China N0324-0037 LED downlight 9W 0037 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED downlight 9W 0037 Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 491 lm Potência: 8.2 W Rendimento luminoso: 59.9 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 84		
1	VARTON V1-A0-00070-20000-2002765 + V2-R0-OP00-03.2.0003.15 LED luminaires OFFICE Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xV1-A0-00070-01000-2002765 + VA.2-A0-OP00-03.2.0007.15 Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 2155 lm Fluxo luminoso da luminária: 2155 lm Potência: 27.6 W Rendimento luminoso: 78.1 lm/W Temperatura de cor: 3000 K Tabela de reprodução de cores: 79		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 7065 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 7065 lm, Potência total: 109.6 W, Rendimento luminoso: 64.5 lm/W

Lista de Luminárias utilizadas na Cozinha.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).



Níveis de iluminância em linhas isométricas, cores falsas e ponto a ponto da Cozinha.

Fonte (DIALUX EVO, 2015).