



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



**CARLOS RUGIERE CARDOSO LOPES**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS – ESTUDO DE CASO**

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

**Ouro Preto, 2016**

CARLOS RUGIERE CARDOSO LOPES

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS – ESTUDO DE CASO

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: Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva

Ouro Preto


Escola de Minas – UFOP

Março/2016

Monografia defendida e aprovada, em 08 de março de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:

  
Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva - Orientador

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

  
Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado

L864e      Lopes, Carlos Ruginere Cardoso.

    Eficiência energética em residências manuscrito]: estudo de caso. /

Carlos Ruginere Cardoso Lopes. – 2016.

    80f. : il., color., tab. e mapas.

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

    Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro

    Preto. Escola de Minas. Colegiado do Curso de Engenharia de Controle

## **RESUMO**

Neste trabalho são analisados os fatores que impactam na eficiência energética de forma a reduzir os custos com energia elétrica em uma residência através da utilização de equipamentos e tecnologias existentes, propiciando melhores condições de conforto com o menor consumo de energia elétrica. Inicialmente é realizada uma revisão bibliográfica sobre conceitos importantes, programas de eficiência energética existentes no Brasil, equipamentos de iluminação e eletrodomésticos. Em seguida é feita uma abordagem sobre sistemas de aquecimento solar de água e sistemas fotovoltaicos para geração de energia. Depois é apresentado um estudo de caso para análise dos equipamentos mais adequados para a utilização eficiente da energia e um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência como fonte alternativa de energia. Por fim é realizada uma conclusão através da análise dos resultados obtidos no estudo de caso.

Palavras chaves: Eficiência energética, fonte alternativa de energia.

## **ABSTRACT**

In this essay are being analyzed the factors that impact on energy efficiency to reduce costs with electricity in a residence by using existing technologies and equipment, providing better comfort conditions with less consume of electricity. Initially it is done a bibliographic revision about important concepts, power efficiency programs that exist in Brazil, lighting equipment and home appliances. After that it is done an approach about solar heating of water and photo-voltaic systems to power generation. Then it is presented a case study for analysis of the most appropriate equipment to power efficiency and a design for a water solar heating system and a photo-voltaic system for a residence as alternative source of power. Lastly it is done a conclusion from the analysis of case study results.

**Keywords:** Power Efficiency, alternative source of power.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	Objetivo Geral.....	13
1.2	Objetivos específicos .....	13
1.3	Justificativa do Trabalho.....	13
1.4	Metodologia Proposta .....	13
1.5	Estrutura do Trabalho .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	Eficiência Energética .....	15
2.2	Potência Ativa, Reativa e Aparente .....	16
2.2.1	Fator de Potência .....	16
2.3	Programas em Eficiência Energética .....	17
2.3.1	Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	18
2.3.2	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) .....	20
2.3.3	Programa Energia Inteligente (EI) da Cemig .....	21
2.3.4	Programa Energy Star.....	23
2.4	Iluminação .....	24
2.4.1	Fluxo Luminoso ( $\varphi$ ).....	24
2.4.2	Iluminância (E) .....	25
2.4.3	Eficiência luminosa (EL).....	27
2.4.4	Vida útil de uma lâmpada .....	28
2.4.5	Temperatura de Cor .....	29
2.4.6	Índice de Reprodução de Cor (IRC) .....	30
2.5	Lâmpadas para sistemas de iluminação .....	30
2.5.1	Lâmpadas Incandescentes comuns .....	31
2.5.2	Lâmpadas Halógenas .....	32

2.5.3	Lâmpadas Fluorescentes .....	32
2.5.3.1	Lâmpadas Fluorescentes Compactas .....	32
2.5.4	Lâmpadas a Vapor de Mercúrio de alta pressão .....	34
2.5.5	Lâmpadas a Vapor Metálica .....	35
2.5.6	Lâmpadas Mistas .....	35
2.5.7	Lâmpadas a Vapor de Sódio .....	36
2.5.8	Diodos Emissores de luz (LED) .....	37
2.5.9	Reatores .....	38
2.5.10	Sensores de Presença .....	39
2.6	Eletrodomésticos .....	40
2.6.1	Consumo médio mensal em eletrodomésticos .....	43
2.6.2	Horário de pico .....	45
2.7	Sistemas de aquecimento solar de água .....	45
2.7.1	Coletores solar de placa plana .....	46
2.7.2	Reservatórios térmicos e Sistema de aquecimento auxiliar .....	47
2.7.3	Sistemas de controle .....	48
2.8	Energia Fotovoltaica e Sistemas Fotovoltaicos .....	49
2.8.1	Células Fotovoltaicas .....	51
2.8.2	Módulos Fotovoltaicos e Painel Fotovoltaico .....	52
2.8.3	Reguladores/Controladores de Carga .....	53
2.8.4	Baterias .....	53
2.8.5	Inversores DC/AC .....	54
2.8.6	Componentes de Proteção .....	55
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>56</b>
3.1	Consumos de Energia Elétrica com diferentes usuários .....	56
3.2	Estudo de caso em uma residência .....	60
3.2.1	Coleta de dados da residência .....	60



3.2.2	Análise do sistema de iluminação .....	62
3.2.3	Dimensionamento sistema de aquecimento solar de água na residência.....	66
3.2.4	Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para a residência.....	68
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
4.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	75
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica e os danos causados ao meio ambiente são assuntos bastante abordados nos meios de comunicação, tendo destaque no cenário mundial, fazendo com que especialistas no setor energético busquem fontes alternativas de energia limpa e renovável e a população repense sobre o seu uso eficiente, evitando assim, seu desperdício.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de conservação de Energia (ABESCO), estima-se que anualmente 10% de toda a energia gerada no Brasil seja desperdiçada, sendo suficiente para abastecer os estados do Rio de Janeiro e Ceará por um ano ou compensar o aumento da demanda nacional por dois anos. Ainda segundo a (ABESCO), são cerca de 50 mil gigawatts/hora por ano que deixam de ser consumidos e representariam R\$ 12,6 bilhões a menos na conta de luz de todos os consumidores do País, sendo o setor residencial, o maior potencial para redução do consumo, conforme mostra o gráfico abaixo (ABESCO, 2015).



**Figura 1.1 – Energia desperdiçada no país e desperdício por tipo de consumidor**

Fonte: ABESCO, 2015.

Conforme mostra o gráfico da figura 1.1, a solução desse problema não está somente ligada ao aumento da demanda e oferta de energia, visto que o desperdício e o uso

ineficiente da energia elétrica são grandes, seria mais barato investir em políticas para redução do consumo no país.

Em muitos países da Europa como da América do Norte cada vez mais se têm lançado mão de uma política cada vez mais agressiva no estabelecimento de eficiências mínimas para os equipamentos. Nesses países, os índices mínimos de eficiência energética são mecanismos de políticas públicas que eliminam equipamentos ineficientes do mercado e estão dentre as opções que mais resultados efetivos vêm apresentando em relação aos ganhos de economia de energia e à transformação dos mercados de eficiência energética. Nos Estados Unidos da América do Norte, os padrões de eficiência energética para os equipamentos de uso residencial e comercial representam a maior fonte de economia de energia (BORTONI et al., 2012, p. 32).

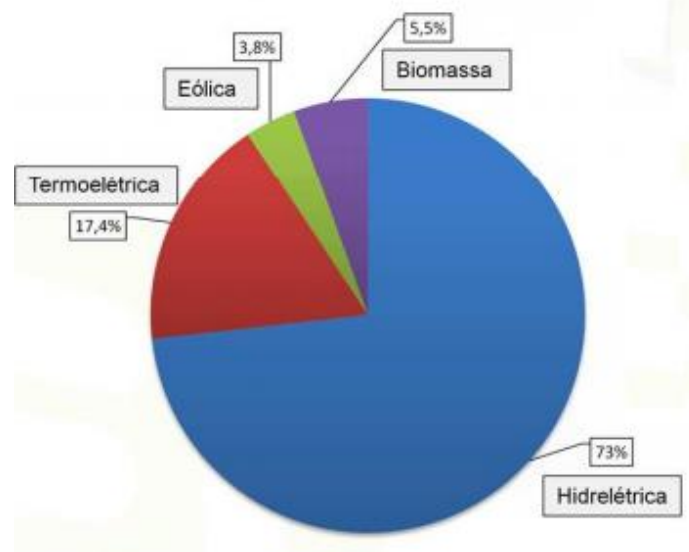
O Brasil possui a Lei nº. 10.295/2001 (Lei de Eficiência Energética), que regulamenta o uso racional e eficiente da energia e a preservação do meio ambiente, estabelecendo níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética para aparelhos e máquinas fabricada no país (BRASIL, 2001). Possui também o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que fornece informações sobre os produtos comercializados, com relação a eficiência energética, recebendo assim etiquetas que vão da letra A, classificação mais eficiente para o produto, até a letra G, classificação menos eficiente para o produto (INMETRO, 2015), e o selo PROCEL de economia de Energia, que mostra ao consumidor os equipamentos mais eficientes disponíveis no mercado e os que consomem menos energia (PROCEL, 2015).

A eficiência energética no setor residencial se dá através da utilização racional da energia elétrica, aproveitando ao máximo os recursos naturais e as tecnologias disponíveis para este fim.

Lamberts et al. (2004) caracteriza que um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu usuário, considerando para tanto, menor consumo de energia

No Brasil o principal meio de se produzir energia elétrica é através das usinas hidrelétricas, que utilizam a força da água para sua produção. Logo depois vêm as usinas termelétricas, que utilizam como combustível o carvão, diesel, gás natural, biomassa e por fim os parques eólicos, onde a energia é gerada pela força dos ventos (CEMIG, 2015).

Na figura 1.2 é apresentado um gráfico da matriz energética brasileira:



**Figura 1.2 – Matriz Energética Brasileira**

**Fonte: CEMIG, 2015.**

Este trabalho visa fazer uma revisão bibliográfica sobre eficiência energética no âmbito residencial, analisando como recursos naturais podem ser empregados para minimizar os custos com energia elétrica, e realizar um levantamento das tecnologias disponíveis que contribuam para esse processo de redução de custos.

Será elaborado um estudo de caso, onde serão comparados os resultados obtidos com a utilização de técnicas e conhecimentos de eficiência residencial adquiridas nesse trabalho, e sem a utilização de tais técnicas e proposto um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência, como fonte alternativa de energia.

### **1.1 Objetivo Geral**

Analisar os fatores que impactam na eficiência energética de forma a reduzir os custos com energia elétrica em uma residência através da utilização de equipamentos e tecnologias existentes, propiciando melhores condições de conforto com o menor consumo de energia elétrica.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre eficiência energética no âmbito residencial.
- Realizar um levantamento das tecnologias disponíveis no mercado que contribuam para a redução de custos com energia elétrica.
- Realizar um levantamento dos equipamentos de iluminação e eletrodomésticos mais eficientes.
- Realizar um estudo de caso, para análise dos equipamentos mais adequados para a utilização eficiente de energia.
- Propor o dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência, como fonte alternativa de energia.

### **1.3 Justificativa do Trabalho**

Os estudos realizados neste trabalho têm por justificativa o atual aumento nos preços das tarifas de contas de energia dos consumidores e a crise energética que o mundo vem sofrendo, tentando propiciar melhores condições de conforto no ambiente residencial, com o menor consumo de energia e diminuir a crescente demanda energética.

### **1.4 Metodologia Proposta**

Este trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre conceitos importantes em eficiência energética.
- Pesquisa sobre os programas de eficiência energética existentes no Brasil.
- Revisão bibliográfica sobre equipamentos de iluminação e as tecnologias relacionadas.

- Revisão bibliográfica sobre eletrodomésticos.
- Revisão bibliográfica sobre sistemas de aquecimento solar de água.
- Revisão bibliográfica sobre Energia solar Fotovoltaica.
- Estudo de caso para análise dos equipamentos mais adequados para a utilização eficiente de energia e propor um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência, como fonte alternativa de energia.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho foi dividido em quatro capítulos:

O Capítulo 1 apresenta uma introdução sobre o tema abordado, expondo os objetivos, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica de conceitos e equipamentos, para melhor compreensão do tema abordado.

No Capítulo 3 é elaborado um estudo de caso para análise dos equipamentos mais adequados para a utilização eficiente de energia e propor um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência, como fonte alternativa de energia.

No Capítulo 4 são tratadas as conclusões através da análise dos resultados obtidos no estudo de caso.

Nas referências bibliográficas é apresentado o material consultado para a realização deste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo fazer uma revisão dos principais conceitos, definições e temas abordados neste trabalho, para que se tenha uma base e entendimento melhor sobre o assunto.

### 2.1 Eficiência Energética

Segundo a ABESCO (2015), eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para a sua realização, como podemos ver na equação 2.1.

$$\text{Eficiência Energética} = \frac{\text{Energia do Produto}}{\text{Energia total consumida}} \quad (2.1)$$

Segundo Salum (2005), Eficiência energética é utilizar a energia de forma a obter o máximo benefício com o menor consumo, evitando os desperdícios ou uso inadequado sem diminuir a qualidade de vida, conforto, segurança e produtividade.

Como exemplo tem-se a eficiência luminosa que segundo Bortoni et al. (2012) é o quociente do fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz em lumens e a potência por ela consumida em Watts, como podemos ver na equação 2.2.

$$\text{Eficiência Luminosa} = \frac{\text{Fluxo Luminoso (lm)}}{\text{Potência Consumida (W)}} \quad (2.2)$$

Dessa forma, em nível de exemplificação, uma lâmpada incandescente de 40W que produz um fluxo luminoso de 516 lúmens possui uma eficiência energética/luminosa de 13 lm/W, e para uma lâmpada fluorescente de 15W que produz um fluxo luminoso de 710 lúmens, tem-se uma eficiência luminosa de 47lm/W, sendo assim mais eficiente do que a incandescente.

Segundo o professor Dualibe (2000), a maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, sendo que as cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, dependendo de potencia ativa e reativa.

## 2.2 Potência Ativa, Reativa e Aparente

Potência Ativa (P), medida em W, é a potência que efetivamente realiza trabalho, gerando calor, luz, movimento, já a Potência Reativa (Q), medida em VAR, é usada apenas na criação e manutenção dos campos eletromagnéticos das cargas indutivas. A potência ativa e a potência reativa, juntas, constituem a Potência Aparente (S), medida em VA, que é a potencia total gerada e transmitida à carga (DUALIBE, 2000).

A relação entre as três potências é observada no triângulo de potências da figura 2.1:

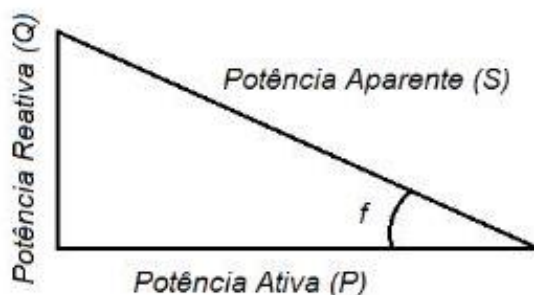


Figura 2.1 – Triângulo das potências

### 2.2.1 Fator de Potência

O fator de Potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente, conforme mostra a equação 2.3.

$$FP = \frac{P}{S} \quad (2.3)$$

Onde:

FP = Fator de Potência

P = Potência Ativa [W]

S = Potência Aparente [VA]

Segundo Dualibe (2000), o fator de potência indica a porcentagem da potência total fornecida kVA que é transformada em potência ativa (kW), mostrando assim, o grau de eficiência de um sistema elétrico. Quanto mais próximo de 1,0 for o fator de potência, mais eficiente será o uso da energia elétrica, enquanto valores baixos serão menos eficientes e sobrecarregarão o sistema.



No Brasil a Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2015), através do Decreto Nº 479 de 20 de Março de 1992, estabeleceu que o limite mínimo do fator de potência fosse 0,92.

Segundo a Empresa de Motores, Automação, Energia WEG (2015), um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética, enunciando algumas vantagens em se manter um alto fator de potência, que são:

- Redução significativa do custo de energia elétrica;
- Aumento da eficiência energética;
- Melhoria da tensão;
- Aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- Aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- Redução do efeito Joule;
- Redução da corrente reativa na rede elétrica.

### 2.3 Programas em Eficiência Energética

Com a crise do Petróleo ocorrida em 1970, e os impactos que tal crise gerou nos custos e suprimentos de energia, vários países buscaram novas formas de suprir a energia, buscando medidas para a geração e utilização de forma mais eficiente.

Em função de tal crise ocorrida em 1970, foi criada em 1975, a Comissão de Energia da Califórnia (CEC), que mantém padrões de eficiência energética em edifícios residenciais e comerciais equipamentos na Califórnia (IWASHITA, 2014).

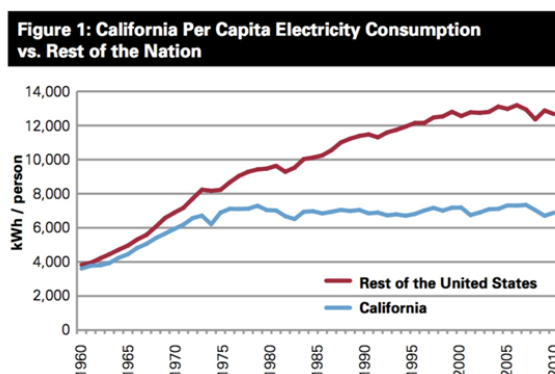


Figura 2.2 – Consumo de energia por pessoa na Califórnia e no restante dos Estados Unidos

Fonte: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2013.

Como observado no gráfico da Figura 2.2, a partir da criação da Comissão de Energia da Califórnia em 1975, a Califórnia obteve resultados significativos com o investimento em eficiência energética, mantendo seu consumo de eletricidade praticamente estável, em torno de 7,000kWh, enquanto o resto do Estados Unidos cresceu no decorrer dos anos, chegando em 13,500kWh, praticamente o dobro.

O Brasil possui programas ligados a eficiência energética com o intuito de reduzir os impactos provocados com o aquecimento global e as mudanças climáticas, e reduzir o grande desperdício de energia, sendo eles:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE);
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL);
- Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET);
- Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOS);
- Programa Energia Inteligente (EI) da Cemig.
- Programa Energy Star;

### **2.3.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)**

Um dos programas que contribuíram para uma maior eficiência em produtos e eletrodomésticos foi o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), criando em 1984 e coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O PBE informa sobre o desempenho dos produtos, levando em consideração sua eficiência energética, ruído e outros critérios que possam influenciar na escolha do consumidor e estimula a competitividade da indústria, com a fabricação de produtos mais eficientes. Os produtos avaliados recebem etiquetas que vão da letra “A” que é a mais eficiente, até a letra “G” que é a menos eficiente, dependendo do produto, onde o consumidor entende que o mais eficiente utiliza melhor a energia e tem um menor custo para funcionar (INMETRO, 2016).

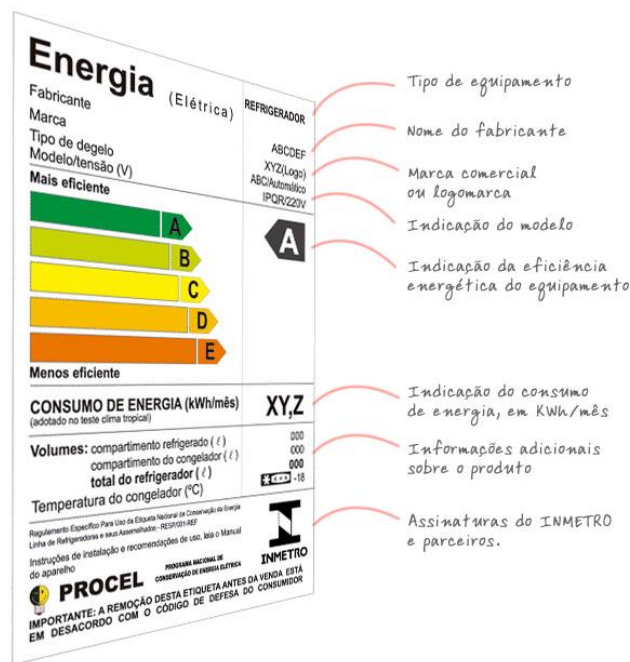


Figura 2.3 – Etiqueta de eficiência energética.

Fonte: INMETRO, 2016.

A figura 2.3 mostra uma etiqueta padrão para eletrodomésticos, no caso acima uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de um refrigerador, fornecendo dados importantes sobre o produto e a eficiência energética do produto em faixas coloridas que variam de mais eficiente até menos eficiente. (INMETRO, 2016).

No caso das lâmpadas a etiqueta é menor e apresenta apenas a eficiência em faixas coloridas que vão de “A” até “G” indicando o consumo de mais eficiente até o menos eficiente e a assinatura do INMETRO e parceiros, conforme mostra a figura 2.4 (INMETRO, 2016).



Figura 2.4 – Etiqueta para lâmpadas.

Fonte: INMETRO, 2016.

Segundo o INMETRO (2012), quando trocamos um aparelho classificado como menos eficiente “E” por um classificado como mais eficiente “A”, levando em conta uma tarifa de luz de 0,35 por kWh/mês, se economiza por ano nos seguintes aparelhos:

- Ventilador de mesa: R\$ 80
- Troca das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes compactas: R\$ 240
- Refrigerador de uma porta (230 litros): R\$ 38
- Refrigerador combinado (300 litros): R\$ 100
- Condicionador de ar split 9.000 BTUs: R\$ 124
- Fogão forno a gás: R\$ 80

### 2.3.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado em 1985 e teve como umas de suas principais criações o selo Procel de Economia de Energia, em 1993, que tem por objetivo indicar ao consumidor os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, e estimular a fabricação e comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais. Para cada categoria de equipamento são estabelecidos índices de consumo e desempenho, sendo submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobrás e caso atinjam esses índices, contemplados com o selo Procel (PROCEL, 2016).



**Figura 2.5 – Selo PROCEL.**

**Fonte: PROCEL, 2016.**

A figura 2.6 mostra o consumo médio dos refrigeradores que possuem selo procel em 2000 e 2014:

TABELA 4 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE REFRIGERADORES COM SELO PROCEL			
Equipamento	Consumo médio de energia elétrica (kWh/mês)		Percentual de redução no consumo de energia elétrica (%)
	Ano		
	2000	2014	
Refrigeradores de 1 porta	28,2	23,0	18,4
Refrigeradores combinados	59,3	44,0	25,8
Refrigeradores combinados <i>Frost-Free</i>	68,3	52,9	22,6

**Figura 2.6 – Evolução do Consumo de Energia Elétrica de Refrigeradores com Selo Procel.**

**Fonte: PROCEL, 2015.**

Nota-se uma redução de até 25,8% no consumo de energia elétrica decorrente do desenvolvimento tecnológico estimulado pelo Selo Procel.

Segundo o Procel, em 2014, foram vendidos mais de 59 milhões de equipamentos com o selo Procel, e o uso destes equipamentos ajudou o País a economizar 10,266 bilhões de kWh no ano e reduzir em 4009 MW a demanda no horário de ponta do sistema elétrico. São 2,4 bilhões de reais investidos desde 1986 e 80,6 bilhões de kWh economizados (PROCEL, 2015).

### 2.3.3 Programa Energia Inteligente (EI) da Cemig

Em Minas Gerais a Companhia Energética de Minas Gerais CEMIG (2015) possui o programa Energia Inteligente (EI), que combate o desperdício de energia elétrica com diversas ações, como:

- Substituir equipamentos obsoletos por outros mais modernos;
- Reduzir a conta de energia do consumidor;
- Oferecer mais qualidade no trabalho de campo;
- Garantir cada vez mais segurança na área da saúde nos municípios de concessão da Cemig;

Os projetos que estão dentro do programa Energia Inteligente da CEMIG (2015) que contribuem para o consumo consciente e inteligente de energia são:

- Cemig nas Escolas: Orienta e capacitam professores e alunos da rede municipal e estadual de Minas Gerais sobre o uso consciente e eficiente de energia;
- Conviver Metropolitano e Interior: Orientam as comunidades sobre o uso eficiente e seguro da energia elétrica, e promove substituição de lâmpadas e geladeiras de alto consumo por mais econômicos;
- Conviver Rural - Jaíba: Substitui os sistemas de irrigação convencionais por mais eficientes, reduzindo o consumo de energia elétrica e de água;
- Conviver Solar: Substitui chuveiros elétricos de alta potência por sistemas de aquecimento solar de água, reduzindo o consumo e a demanda de energia;
- Hospitais Autoclaves: Substitui aparelhos de esterilização por outros que executam as mesmas funções em menor tempo, reduzindo o desperdício de energia na área da saúde;
- Hospitais Iluminação: Reduz o desperdício de energia nos hospitais através da substituição de sistemas de iluminação ineficientes por sistemas de alto rendimento.
- Hospitais Solar: Substitui os chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar em hospitais públicos;
- Solar ILPI: Substitui chuveiros elétricos de alta potência por sistemas de aquecimento solar nas Instituições de Longa Permanência para Idosos (ILPI);

Na figura 2.7 tem-se a distribuição regional dos investimentos em projetos do programa Energia Inteligente em Minas Gerais:

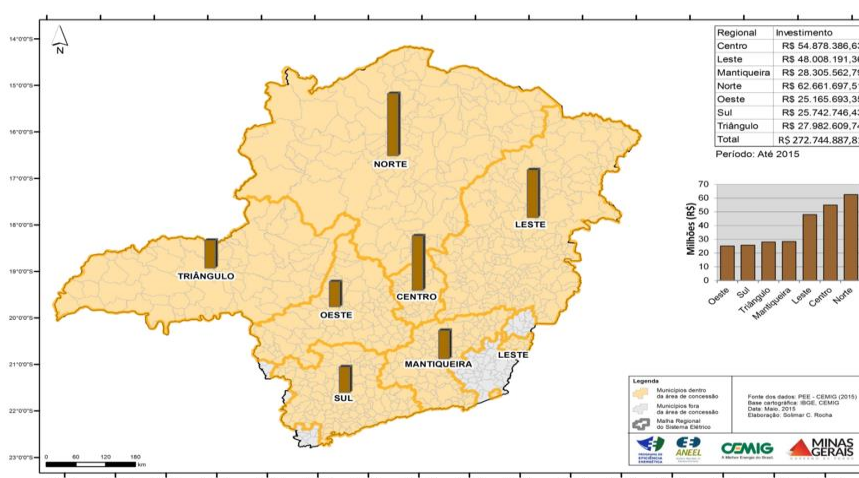


Figura 2.7 – Distribuição regional dos investimentos em projetos do Programa Energia Inteligente

Fonte: CEMIG, 2015.

Segundo a CEMIG (2015), o sistema solar da Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora teve um investimento de dois milhões de reais, e a instituição irá economizar por ano, cerca de 400 mil reais, o que ressalta a importância desses investimentos e a economia que ela proporciona em longo prazo.

Projeto	Investimento (R\$)	Redução da demanda na ponta	Economia de energia (MWh/ano)	CO <sup>2</sup> evitado
Conviver Solar	12.973.639,3	440	555	49,395
Conviver RMBH e Interior	15.455.410,99	6.342	17.177	1.528,753
Conviver Rural	1.152.393,36	290	939	83,571
Solar ILPI	832.644,61	308	700	62,3
Solar Hospitais	1.919.742,58	2.159	829	73,781
Iluminação Hospitais	1.928.633,45	201	874	77,786
Autoclaves	1.449.898,67	804	3.190	283,91
Contratos de Desempenho*	15.419.756,57	12.387,6	44.255,12	1.779,209

**Figura 2.8 – Investimento em cada projeto do programa Energia Inteligente em 2014**

**Fonte: CEMIG, 2015.**

Como observado na tabela da figura 2.8, que mostra o investimento em cada projeto do programa Energia Inteligente (EI) em 2014, investimentos em eficiência energética são bastante eficazes não somente na economia de energia e redução de demanda, mas também na redução de gases de efeito estufa.

### 2.3.4 Programa Energy Star

Energy Star é um programa da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos criado em 1992, com o intuito de combater o desperdício de energia de computadores, porém já abrange mais de 50 produtos.

O propósito do Energy Star é parecido com o propósito do Selo Procel no Brasil, que é conservar energia através da inovação tecnológica, fazendo com que os consumidores identifiquem produtos energeticamente mais eficientes, proporcionando economia nas contas de energia.

Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos DOE (2014), em um único ano, com a ajuda do Energy Star, os norte-americanos economizaram energia suficiente

para abastecer 10 milhões de casas e evitar emissões de gás de 12 milhões de carros, o que corresponde a 6 bilhões de dólares.

Na figura 2.9 é apresentado o Selo do programa Energy Star:



**Figura 2.9 – Selo do Programa Energy Star**

**Fonte: ENERGY STAR, 2015.**

## **2.4 Iluminação**

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial (SANTOS, 2007).

Bortoni et al. (2012) evidencia que os trabalhos desenvolvidos no Brasil mostram que uma iluminação ineficiente é comum no Brasil.

Para o bom entendimento sobre iluminação e sua implementação, é necessário o entendimento sobre alguns conceitos e grandezas que serão apresentados a seguir, na área de luminotécnica, que estuda a implementação e a utilização da iluminação em ambientes internos e externos.

### **2.4.1 Fluxo Luminoso ( $\phi$ )**

“Fluxo luminoso é a quantidade de luz produzida pela lâmpada, emitida em todas as direções, que pode produzir estímulo visual. Unidade: lúmen – lm” (BORTONI et al., 2012, p.126).

Na figura 2.10 temos o fluxo luminoso de uma lâmpada:





**Figura 2.10 – Fluxo luminoso de uma lâmpada**

**Fonte: BORTONI et al, 2012.**

#### **2.4.2 Iluminância (E)**

“A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido” (BORTONI et al., 2012, p.127).

A unidade de medida da iluminância é o lux (lx), que segundo Osram (2011), indica o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de m<sup>2</sup>, ou seja, lúmen/m<sup>2</sup>, podendo ser medida através de um luxímetro.

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (2.4)$$

Onde:

E = Iluminância [lx]

$\varphi$  = Fluxo Luminoso [lm]

A = Área [m<sup>2</sup>]

A equação 2.4 expressa perfeitamente à definição de iluminância.

Os valores para iluminação em ambientes são determinados pela norma NBR 8995, porém neste trabalho serão usados os valores da norma 5413 que já foi extinta mas

possuem basicamente os mesmos valores da nova norma, porém com tabelas mais bem explicadas.

Os valores de iluminâncias por classes de tarefas visuais estabelecidos pela norma NBR 5413 (ABNT, 1992), que tem por objetivo estabelecer os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores estão apresentados na figura 2.11:

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

**Figura 2.11 – Iluminâncias por classe de tarefas visuais estabelecidas pela NBR 5413**

**Fonte: ABNT, 1992.**

Ainda segundo a norma NBR 5413 (ABNT, 1992), os valores de iluminância recomendado para residências são apresentados na figura 2.12:

<b>- salas de estar:</b>	
. geral .....	100 - 150 - 200
. local (leitura, escrita, bordado, etc.) .....	300 - 500 - 750
<b>- cozinhas:</b>	
. geral .....	100 - 150 - 200
. local (fogão, pia, mesa) .....	200 - 300 - 500
<b>- quartos de dormir:</b>	
. geral .....	100 - 150 - 200
. local (espelho, penteadeira, cama) .....	200 - 300 - 500
<b>- hall, escadas, despensas, garagens:</b>	
. geral .....	75 - 100 - 150
. local .....	200 - 300 - 500
<b>- banheiros:</b>	
. geral .....	100 - 150 - 200
. local (espelhos) .....	200 - 300 - 500

**Figura 2.12 – Valores de iluminâncias recomendados, em lux, estabelecidos pela norma NBR 5413, em uma residência**

**Fonte: ABNT, 1992**

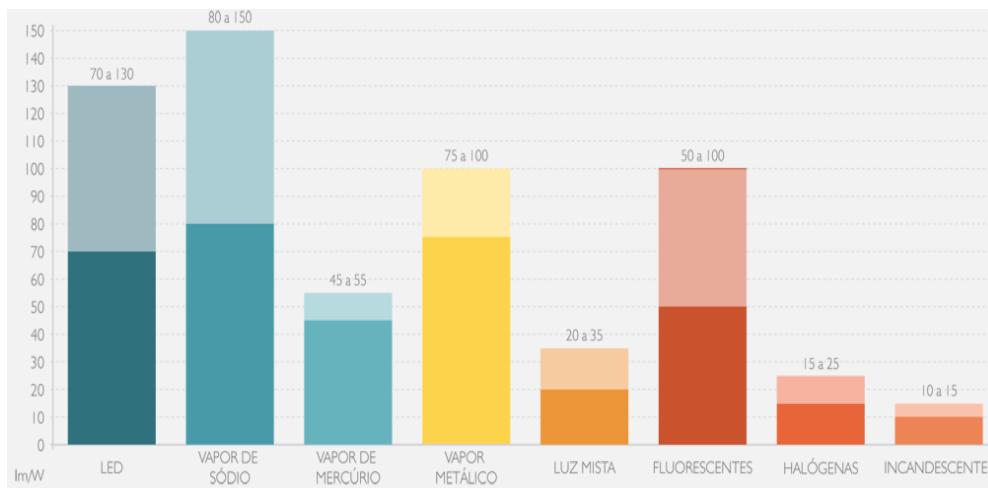
### **2.4.3 Eficiência luminosa (EL)**

Eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida, sendo útil para verificar se uma lâmpada é mais ou menos eficiente do que outra (BORTONI et al, 2012).

A equação da Eficiência Luminosa, já dita mencionada trabalho, é apresentada na equação 2.5:

$$\text{Eficiência Luminosa} = \frac{\text{Fluxo Luminoso (lm)}}{\text{Potência Consumida (W)}} \quad (2.5)$$

A figura 2.13 mostra a eficiência luminosa, lúmens/watt, em determinados tipos de lâmpadas:



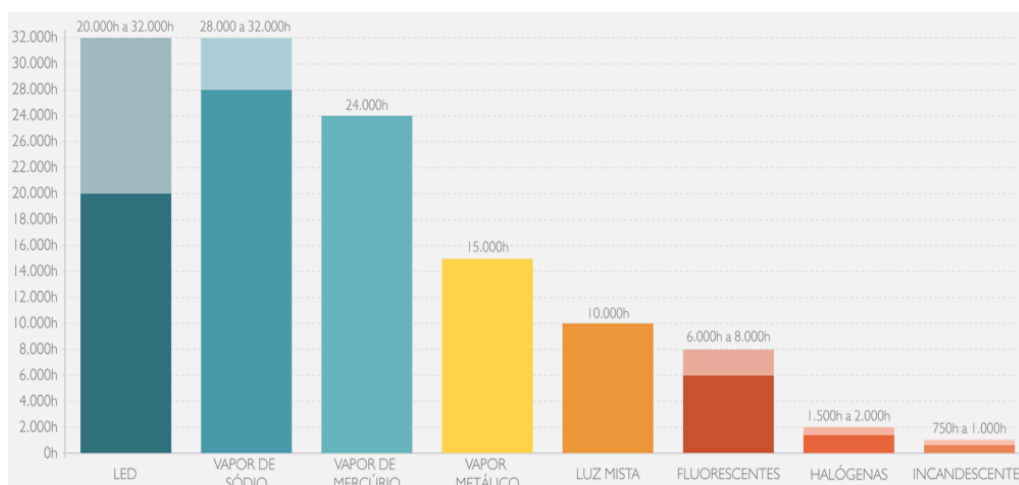
**Figura 2.13 – Eficiência Luminosa lâmpadas (lm/W)**

**Fonte: EMPALUX, 2015.**

#### 2.4.4 Vida útil de uma lâmpada

A vida útil de uma lâmpada é a expectativa de durabilidade de uma fonte luminosa, ou seja, o tempo que uma lâmpada dura antes de parar de funcionar (EMPALUX, 2015).

Na figura 2.14 é mostrada a vida útil de lâmpadas de uso doméstico, com destaque para as lâmpadas de LED, que possuem uma vida útil bem maior que as demais lâmpadas:



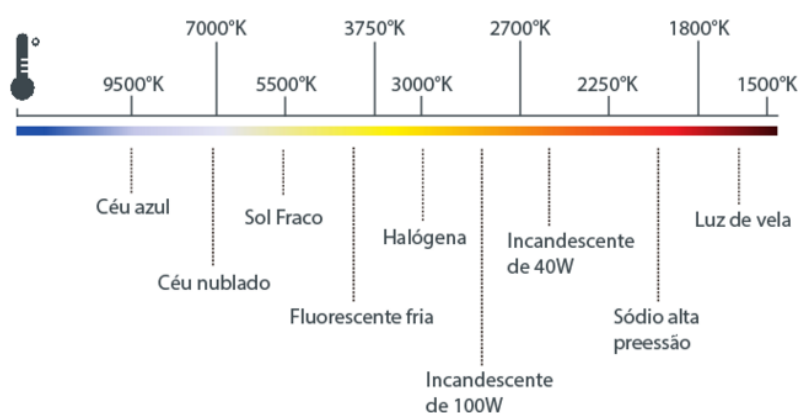
**Figura 2.14 – Vida útil de lâmpadas de uso doméstico**

**Fonte: EMPALUX, 2015.**

### 2.4.5 Temperatura de Cor

A temperatura de cor é uma grandeza que é expressa em Kelvin e é utilizada para descrever a cor de uma fonte de luz. As lâmpadas com temperatura de cor maior 4.000K são chamadas de aparência fria, já as lâmpadas com temperatura de cor menor que 3.000K são chamadas de aparência quente, por fim as lâmpadas entre 3.100 e 4.000K são chamadas de aparência neutra (BORTONI et al, 2012).

A figura 2.15 mostra a escala de temperatura de determinadas fontes de luz, desde a luz da vela que tem cerca de 1800K ate o céu azul que tem cerca de 9500K.



**Figura 2.15 – Escala de Temperatura de cor**

**Fonte: CLARITEK, 2015.**

A luz amarela 2700K é ideal para dormitórios, pois traz conforto ao ambiente, já a luz branca para ambientes de salas de aula ou escritórios, conforme mostra a figura 2.16:



**Figura 2.16 – Temperatura de cor para determinados ambientes**

**Fonte: EMPALUX, 2015.**

### 2.4.6 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O índice de reprodução de cor (IRC) é um número de 0 a 100 que classifica a qualidade relativa de reprodução de cor de uma fonte, identificando a aparência de como as cores dos objetos e pessoas serão percebidas quando iluminados pela fonte de luz em questão. Quanto mais próximo de 100, melhor será o equilíbrio entre as cores (BORTONI et al, 2012).



**Figura 2.17 – Índice de Reprodução de Cor para determinados tipos de lâmpadas**

**Fonte: EMPALUX, 2015.**

Na figura 2.17 é mostrado o Índice de Reprodução de Cor para determinados tipos de lâmpadas. Como podemos observar, as lâmpadas Halógenas e Incandescentes possuem mais precisão e fidelidade das cores dos objetos, já as lâmpadas de sódio e mercúrio, possuem menos precisão das cores dos objetos.

## 2.5 Lâmpadas para sistemas de iluminação

Bortoni et al. (2012), enumera os seguintes tipos de lâmpadas utilizadas nos sistemas de iluminação:

- Lâmpadas Incandescentes comuns;
- Lâmpadas Halógenas;
- Lâmpadas Fluorescentes;
- Lâmpadas a Vapor de Mercúrio de alta pressão;
- Lâmpadas a Vapor Metálica;
- Lâmpadas Mistas;
- Lâmpadas a Vapor de Sódio;
- Diodos Emissores de luz (LEDs);

### 2.5.1 Lâmpadas Incandescentes comuns

“A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado” (BORTONI et al., 2012, p.130).

A vida mediana de uma lâmpada incandescente para uso geral é de 1000 horas e sua eficiência energética é baixa, pois a maior parte da energia consumida é transformada em calor, deixando a desejar se comparadas com outras lâmpadas (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas incandescentes são muito utilizadas em iluminação residencial e de pequenas áreas devido ao seu baixo custo. Existem alguns tipos de lâmpadas incandescentes que são utilizadas para aplicações específicas como, por exemplo, aparelhos domésticos (geladeira e fogão), painéis de sinalização e decorativos.

A baixa eficiência em lâmpadas incandescentes conduziu a União Européia a aprovar uma diretiva que ocorreria entre 2009 e 2012, com o objetivo de retirar essas lâmpadas do mercado. O calendário de proibição de vendas das lâmpadas incandescentes funcionou da seguinte forma:

- Lâmpadas acima de 80W proibidas a partir de 1 de Setembro 2009;
- Lâmpadas acima de 65W proibidas a partir de 1 de Setembro 2010;
- Lâmpadas acima de 45W proibidas a partir de 1 de Setembro 2011;
- Lâmpadas acima de 7W proibidas a partir de 1 de Setembro 2012.



**Figura 2.18 – Lâmpada Incandescente comum**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2016.**

### 2.5.2 Lâmpadas Halógenas

“As lâmpadas halógenas pertencem à família das lâmpadas incandescentes de construção especial, pois contêm halogênio adicionado ao gás criptônio dentro do bulbo, e funcionam sob o princípio de um ciclo regenerativo que tem como funções evitar o escurecimento, aumentar a vida mediana e a eficiência luminosa da lâmpada” (BORTONI et al., 2012, p.132).

Como visto anteriormente na figura 2.17, as lâmpadas halógenas possuem um bom Índice de Reprodução de Cor (IRC), obtendo mais precisão nas cores dos objetos. As lâmpadas halógenas são muito utilizadas em projetos de iluminação por proporcionarem uma luz focada e direcionada que valoriza o objeto ou o espaço iluminado.

As lâmpadas halógenas possuem uma eficiência energética e uma vida útil maior que as lâmpadas halógenas comuns, porém é baixa quando comparadas com outros tipos de lâmpadas.



**Figura 2.19 – Lâmpada Incandescente Halógena**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2016.**

### 2.5.3 Lâmpadas Fluorescentes

“São lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta da descarga” (BORTONI et al., 2012, p.134).



Bortoni et al. (2012) ainda observa que a lâmpada fluorescente possui um formato do bulbo tubular longo que é recoberto internamente com um pó fluorescente que determina a quantidade e a temperatura de cor da luz emitida e vapor de mercúrio em baixa pressão com uma quantidade de gás inerte para facilitar a partida. Este tipo de lâmpada precisa de reator para controlar e limitar a corrente elétrica que faz com que a lâmpada funcione.

As lâmpadas fluorescentes tubulares proporcionam iluminação mais intensa e, por isso, são indicadas para cozinha, lavanderias e escritórios.



**Figura 2.20 – Lâmpada Fluorescente Tubular**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2015.**

### **2.5.3.1 Lâmpadas Fluorescentes Compactas**

“São lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzidas, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em várias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos, podendo vir com o conjunto de controle incorporado ou não, e ainda com bases tipo rosca ou pino” (BORTONI et al., 2012, p.135).

Através da análise dos gráficos vistos anteriormente, as lâmpadas fluorescentes possuem uma Eficiência luminosa e uma vida útil maior quando comparadas com lâmpadas incandescentes.

Segundo Bortoni et al. (2012), por apresentarem um mesmo fluxo luminoso com potências menores que as incandescentes, as lâmpadas fluorescentes geram uma economia de energia de até 80%, além de possuírem uma boa definição de cores e uma vida mediana maior.

Na figura 2.21 têm-se exemplos de lâmpadas fluorescentes compacta:



**Figura 2.21– Lâmpadas Fluorescentes Compactas**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2015.**

#### **2.5.4 Lâmpadas a Vapor de Mercúrio de alta pressão**

“Consta basicamente de um bulbo de vidro, que contém em seu interior um tubo de descarga feito de quartzo para suportar altas temperaturas. Possui em seu interior argônio e mercúrio que, quando vaporizado, produzirá o efeito luminoso” (BORTONI et al., 2012, p.136).

Se comparada com as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, as lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão possuem uma vida útil maior que essas, porém uma eficiência luminosa e um índice de reprodução de cores (IRC) menor que as fluorescentes.

Segundo Bortoni et al. (2012), as lâmpadas a vapor de mercúrio são utilizadas em iluminação pública, industrial, monumentos, jardins e devem ser instaladas a uma altura superior a 4 metros para não produzir ofuscamento para as pessoas, porém, estão sendo substituídas por lâmpadas mais eficientes, como as de vapor de sódio.

Na figura 2.22 tem-se um exemplo de lâmpada a vapor de mercúrio de alta pressão:



**Figura 2.22– Lâmpada a Vapor de Mercúrio de alta pressão**

**Fonte: NARDINI ELETRICA, 2015.**

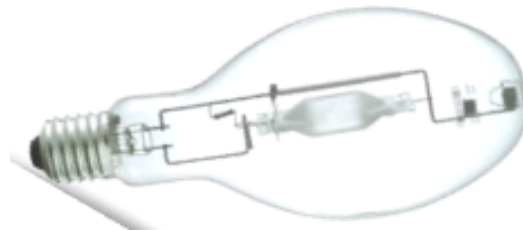
### 2.5.5 Lâmpadas a Vapor Metálico

“As lâmpadas de vapor metálico são semelhantes às lâmpadas de vapor de mercúrio, com exceção da presença de iodetos metálicos, pelo seu maior desempenho, e pela possibilidade de variação da coloração da lâmpada em função da seleção dos iodetos metálicos presentes dentro do tubo de descarga” (BORTONI et al., 2012, p.137).

As lâmpadas de vapor metálico possuem uma eficiência luminosa e um índice de reprodução de cores (IRC) maior que as lâmpadas de vapor de mercúrio e assim como as demais lâmpadas de descarga, como a fluorescente, operam em conjunto com um reator.

Segundo Bortoni et al. (2012), as lâmpadas de vapor metálico são utilizadas em lojas de departamento, estádios de futebol, monumentos, indústrias, entre outros.

Na figura 2.23 tem-se um exemplo de lâmpada a vapor metálico:



**Figura 2.23– Lâmpada a Vapor Metálica**

**Fonte: FLC, 2015.**

### 2.5.6 Lâmpadas Mistas

As lâmpadas Mistas são idênticas as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, porém possuem um filamento montado ao redor do tubo de descarga, ou seja, é combinação de lâmpadas incandescentes de filamento com a tecnologia das lâmpadas de descarga através do vapor de mercúrio e não necessitam de reator para funcionar, pois o filamento que emite energia luminosa funciona também como elemento de estabilização da lâmpada (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas mistas possuem vida útil, eficiência luminosa e índice de reprodução de cores (IRC) maior que as lâmpadas incandescentes, porém quando comparado com outros tipos de lâmpada sua eficiência energética é baixa.

Segundo Bortoni et al. (2012), assim como as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, as lâmpadas mistas devem ser instalados a uma altura superior a 4 metros de altura, podendo ser utilizadas em vias públicas, jardins, praças, entre outros.

Na figura 2.24 tem-se um exemplo de lâmpada mista:



**Figura 2.24– Lâmpada Mista**

**Fonte: FLC, 2015.**

### **2.5.7 Lâmpadas a Vapor de Sódio**

As lâmpadas a vapor de sódio têm formato semelhante às lâmpadas a vapor de mercúrio, e são compostas por tubo de descarga preenchido com sódio. Possuem funcionamento similar as lâmpadas de descarga, frisando apenas a necessidade de tensões altas para partida, precisando de um ignitor (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas de vapor de sódio possuem uma alta eficiência luminosa e vida útil quando comparadas com as demais lâmpadas, porém possuem péssimo índice de reprodução de cores (IRC) e assim como as lâmpadas a vapor de mercúrio, devem ser instaladas a uma altura superior a 4 metros para não produzir ofuscamento para as pessoas.

As lâmpadas a vapor de sódio são recomendadas para a iluminação de vias públicas, estradas, túneis e necessitam de reator e ignitor apropriados.

Na figura 2.25 tem-se um exemplo de lâmpada a vapor de sódio:



**Figura 2.25– Lâmpada a vapor de sódio**

Fonte: FLC, 2015.

### 2.5.8 Diodos Emissores de luz (LED)

Os diodos emissores de luz (LEDs) são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível, gerando apenas uma cor que depende de tipo de material utilizado (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas de LED possuem alta eficiência luminosa e vida útil quando comparada com as lâmpadas incandescentes e fluorescentes utilizadas em residências.

De acordo com a Grenn Qualy (2015), as novas lâmpadas com tecnologia LED estão sendo largamente utilizadas nas mais diversas aplicações pelo seu baixo consumo e principalmente pela sua vida útil, muitas vezes superior a uma lâmpada convencional, em alguns casos atingindo 25 vezes. O retorno do investimento é de curto prazo gerando uma economia considerável de energia elétrica e manutenções periódicas.

Lúmens	250+	450+	800+	1100+	1600+
Standard	25 W	40 W	60 W	75 W	100 W
Halogen	18 W	29 W	43 W	53 W	72 W
CFL	6 W	10 W	13 W	18 W	23 W
LED	4 W	5 W	10 W	15 W	20 W

**Figura 2.26– Tabela de equivalência lâmpadas de uso doméstico**

Fonte: PORTUGUESE ALIBABA, 2015.

Na figura 2.26 é mostrada a equivalência entre as lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LED. Como podemos observar, uma lâmpada de LED de 4 W de potencia possui um fluxo luminoso equivalente a uma lâmpada incandescente de 25 W de potencia além de possuir uma vida útil muito maior, gerando uma boa economia de energia elétrica.

Na figura 2.27 tem-se um exemplo de lâmpada de LED:



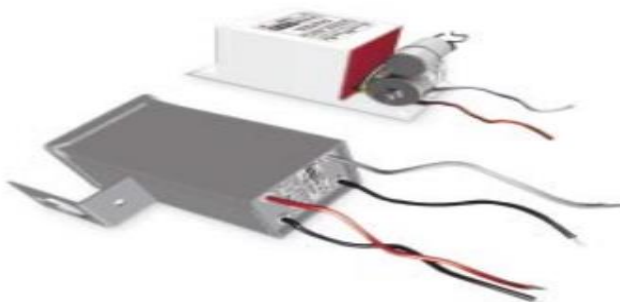
**Figura 2.27– Lâmpada LED**

**Fonte: BORTONI et al. (2012).**

### **2.5.9 Reatores**

Os reatores são equipamentos auxiliares e necessários ao funcionamento de lâmpadas de descarga, com a finalidade de limitar a corrente e adequar as tensões ao perfeito funcionamento das lâmpadas. São divididos em eletromagnéticos ou eletrônicos (LUME ARQUITETURA, 2015).

Na figura 2.28 tem-se um exemplo de reator eletromagnético que são conhecidos como reatores pesados:



**Figura 2.28– Reator eletromagnético**

**Fonte: LUME ARQUITETURA, 2015.**

Segundo a revista Lume Arquitetura (2015), os reatores eletrônicos são constituídos por componentes eletrônicos como capacitores, indutores, resistores, circuitos integrados e operam em alta frequência (de 20KHz a 60Hz) possuindo menos perdas elétricas e proporcionando mais economia de energia. São conhecidos como reatores leves e possui vantagem sobre o eletromagnético pelas seguintes características:

- São mais compactos
- Mais leves
- Consomem menos energia
- Aumentam a vida útil das lâmpadas
- São mais eficazes
- Apresentam versões diferenciadas

Na figura 2.29 tem-se um exemplo de reator eletrônico que são conhecidos como reatores leves:



**Figura 2.29– Reator Eletrônico para Lâmpada Circular 22/32W Bivolt Force Line**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2015.**

### 2.5.10 Sensores de Presença

Sensores de presença são equipamentos que acionam a iluminação ao detectar a presença de alguém ou algo em movimento por meio de tecnologias como infravermelho, ultra-som, e dual que combina as duas tecnologias.

Os sensores contribuem para a economia de energia, ligando a lâmpada somente com a presença de movimento, porém, não é recomendado utilizar esses tipos de equipamentos com lâmpadas fluorescentes, devido à redução de sua vida útil com intenso regime de acendimentos e desligamentos, sendo recomendada a utilização de lâmpadas de LED.

Os sensores de Presença são indicados para ambientes externos e internos de residências, para controlar a iluminação de sacadas, corredores, varandas e escadarias (CASTRO, 2015).

Na figura 2.30 é apresentando um tipo de sensor de presença:



**Figura 2.29– Sensor de Presença Infravermelho**

**Fonte: LEROY MERLIN, 2015.**

## **2.6 Eletrodomésticos**

A utilização de eletrodomésticos com eficiência energética traz benefícios importantes no projeto de edificações eficientes, prevenindo o consumo excessivo de energia com consequente economia de recursos naturais além de propiciar a redução do custo operacional.

Órgãos reguladores governamentais têm procurado estabelecer condições para que fabricantes atendam cada vez mais os requisitos de baixo consumo de energia por eletrodomésticos durante toda sua vida útil, utilizando o selo Procel para identificação e garantia que os mesmos foram devidamente testados, obtendo a classificação de A a E, conforme seu grau de eficiência (GREEN QUALY, 2014).

Segundo a CEMIG (2015), nas edificações residenciais, o consumo de energia por eletrodoméstico é dividida conforme mostrado na figura 2.30:





**Figura 2.30– Distribuição do consumo de energia em uma residência**

Fonte: CEMIG, 2015.

A tabela 2.1 mostra uma estimativa do consumo médio mensal de eletrodomésticos encontrados em residências, segundo a Procel:

**Tabela 2.1 – Consumo médio mensal de alguns eletrodomésticos encontrados em residências.**

Aparelhos Elétricos	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Ar-condicionado tipo janela menor ou igual a 9.000 BTU/h	30	8 h	128,80
Chuveiro elétrico - 4500 W	30	32 min	72,00
Computador	30	8 h	15,12
Ferro elétrico automático a seco - 1050 W	12	1 h	2,40
Forno micro-ondas - 25 L	30	20 min	13,98
Geladeira 2 portas	30	24 h	48,24
Lâmpada fluorescente compacta - 11 W	30	5 h	1,65
Lâmpada incandescente - 40 W	30	5 h	6,00
Lavadora de roupas	12	1 h	3,60
Liquidificador	15	15 min	0,80
Notebook	30	8 h	4,80
TV em cores - 29" (tubo)	30	5 h	15,15

TV em cores - 32" (LCD)	30	5 h	14,25
TV em cores - 40" (LED)	30	5 h	12,45
Ventilador de mesa	30	8 h	17,28

**Fonte: Adaptado de PROCEL, 2015**

O programa Energia Inteligente (EI) da CEMIG (2015), cita algumas dicas de uso eficiente da energia nos aparelhos que mais consomem energia em uma residência:

- **Chuveiro Elétrico:**  
Evitar tomar banhos em horário de pico, onde o consumo aumenta muito.  
Em dias quentes, utilizar o chuveiro no modo verão, economizando até 30%.  
Utilizar a energia solar para o aquecimento de água.
- **Geladeira:**  
Não utilizar a parte traseira da geladeira para secar panos ou roupa, pois dificulta a dissipação do calor, diminui a vida útil e aumenta a conta de energia.  
Regular os pés do refrigerador para que a porta feche automaticamente e verificar se as borrachas de vedação das portas estão em bom estado.
- **Iluminação/Lâmpadas:**  
Aproveitar a luz natural.  
Utilizar lâmpadas fluorescentes ou de LED, que duram mais e consomem menos energia.  
Utilizar luminárias espelhadas, onde a luz é quase toda dirigida para o ambiente, não sofrendo tanta absorção da luz como as luminárias pintadas ou esmaltadas.  
Utilizar cores claras em paredes, tetos e pisos, pois cores mais escuras necessitam de lâmpadas mais fortes, ocasionando mais gasto de energia.
- **Televisão:**  
Programar o desligamento automático da TV.  
Televisões de LED são mais econômicas do ponto de vista do consumo de energia, conforme mostrado na tabela 2.4.
- **Computador:**  
Comprar computadores com o selo Energy Star, que gasta menos energia.  
Substituir um computador convencional “desktop” por um “notebook” que exerce as mesmas funções com um menor consumo de energia. Conforme

mostrado na tabela 2.4, um computador desktop mais um monitor LCD consomem cerca 23,3 kWh, enquanto um notebook consome cerca 4,80 kWh.

### 2.6.1 Consumo médio mensal em eletrodomésticos

Para calcular o consumo médio de energia (kWh) de um equipamento, deve-se utilizar a equação 2.6, onde P é potência do equipamento, h é o número de horas utilizadas por dia e d é o número de dias utilizados no mês (PROCEL, 2015).

$$\text{CMM} = \frac{P \cdot h \cdot d}{1000} \quad (2.6)$$

Para obter o consumo mensal em reais, basta multiplicar o consumo médio em kWh pelo valor da tarifa cobrada pela concessionária local.

A CEMIG (2015) cobra suas tarifas por meio de bandeiras tarifárias de cor verde, amarela e vermelha, que é definido pela Aneel, de acordo com as condições de geração energética.

Como podemos observar na figura 2.31, as bandeiras tarifárias funcionam como um semáforo que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores e dá a oportunidade de gerenciar melhor seu consumo de energia.







Figura 2.31– Bandeiras Tarifárias da Cemig

Fonte: CEMIG, 2015.

A bandeira verde sinaliza condições favoráveis de energia e sua tarifa não sofrerá nenhum acréscimo, a bandeira amarela sinaliza condições menos favoráveis de geração

de energia, acionando algumas termelétricas para suprir a demanda, a bandeira vermelha sinaliza que a oferta de energia para atender a demanda dos consumidores ocorre com condições mais caras de geração, acionando muitas termelétricas para suprir essa demanda. O histórico de bandeiras indica que desde janeiro de 2015 a bandeira tarifaria cobrada é a vermelha, indicando condições mais caras de geração (CEMIG, 2015).

Na figura 2.32 é apresentada a tarifa cobrada pela Cemig para uma residência normal:

B1- RESIDENCIAL NORMAL	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 1 Consumo R\$/kWh	 PATAMAR 2 Consumo R\$/kWh
Residencial Normal (Consumo R\$/kWh)	0,50974	0,53474	0,53974	0,55474

**Figura 2.32– Tarifa da Cemig para uma Residência Normal**

**Fonte: CEMIG, 2015.**

Em fevereiro, a ANEEL (2015), autorizou um reajuste tarifário extraordinário de 21,39% para o consumidor residencial, e anualmente autoriza o Reajuste tarifário Ordinário para todas as concessionárias, sendo que em 2015 esse ajuste foi de 5,93% para o consumidor residencial comum. Os principais motivos da revisão foram os aumentos do encargo setoriais e o aumento no custo de compra de energia produzida por Itaipu. Na figura 2.33 é apresentado um exemplo de conta residencial de 100 reais e seu valor após os reajustes feitos pela Aneel:

CONTAS DE ENERGIA	FATURA TOTAL	GERAÇÃO	ENCARGOS SETORIAIS	TRANSMISSÃO	CEMIG DISTRIBUIÇÃO	BANDEIRA	IMPOSTOS
CONTAS DE ENERGIA	R\$ 100,00	R\$ 32,45	R\$ 2,99	R\$ 2,38	R\$ 22,60	R\$ 4,57	R\$ 35,00
Reajuste Extraordinário em 02/03	R\$ 125,75	R\$ 36,18	R\$ 12,19	R\$ 2,38	R\$ 22,60	R\$ 8,38	R\$ 44,01
Reajuste Ordinário em 08/04	R\$ 132,84	R\$ 37,79	R\$ 14,06	R\$ 3,44	R\$ 22,67	R\$ 8,38	R\$ 46,49
VALOR DO AUMENTO	R\$ 32,84	R\$ 5,34	R\$ 11,06	R\$ 1,06	R\$ 0,07	R\$ 3,81	R\$ 11,49

**Figura 2.33– Exemplo de conta residencial de 100 reais após reajustes tarifários**

**Fonte: CEMIG, 2015.**

### 2.6.2 Horário de pico

Horário de pico é o horário definido pela distribuidora de energia e composta por 3 horas diárias consecutivas e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão (LAMBERTS et al., 2010).

O horário de pico da Cemig é compreendido entre 18h e 21h, onde o custo de energia é maior do que no resto do dia.

A CEMIG (2015) destaca que é importante evitar o uso de aparelhos elétricos de grande consumo durante o horário de pico, principalmente chuveiros, ferros elétricos, ar condicionado, entre outros.

Na figura 2.34 é apresentada a curva de fornecimento de energia típica de uma concessionária, onde o maior valor de demanda ocorre geralmente no horário de pico:

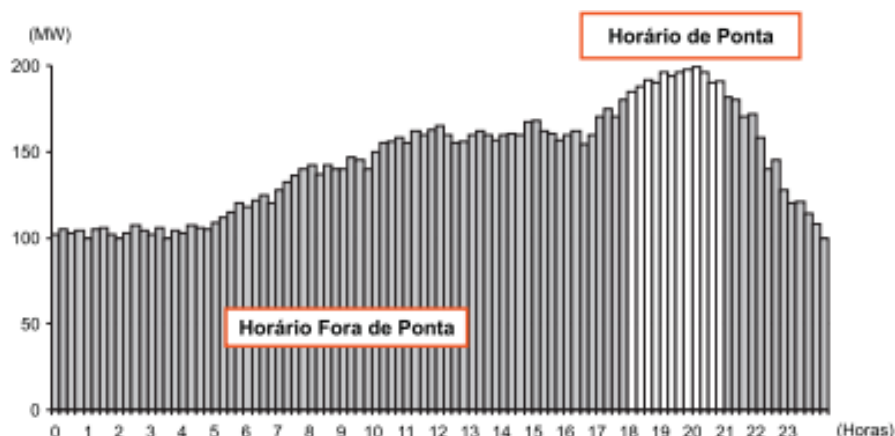


Figura 2.34 – Curva típica de fornecimento de potência de uma concessionária

Fonte: LAMBERTS et al, 2010.

### 2.7 Sistemas de aquecimento solar de água

O aquecimento de água através da energia solar é feito usando painéis coletores que possibilitam o aquecimento da água em temperaturas em torno de 100°C, e são instalados na cobertura de edificações, inclinado de forma a maximizar o ganho energético (LAMBERTS et al., 2010).

Segundo a ABRAVA (2015), a instalação de um sistema de aquecimento solar de água pode reduzir o valor mensal de luz em 30%. Um sistema de aquecimento solar bem dimensionado que forneça aquecimento em pelo menos 75% dos dias dos anos pode trazer o retorno do investimento entre 24 e 36 meses.

“Os sistemas de aquecimento solar de água são basicamente constituídos por coletores solar, reservatório térmico, fonte auxiliar de energia, sistemas de controle e rede de distribuição de água aquecida” (LAMBERTS et al., 2010, P. 36).

Segundo Júnior (2011), o dimensionamento de um sistema de aquecimento tem relação com o número de usuários, adotando 100 litros por pessoa para o cálculo do volume do boiler.

Na figura 2.35 é apresentado um sistema de aquecimento solar de água em uma residência:



**Figura 2.35 – Sistema de aquecimento solar de água**

**Fonte: VIDA SOLAR, 2016.**

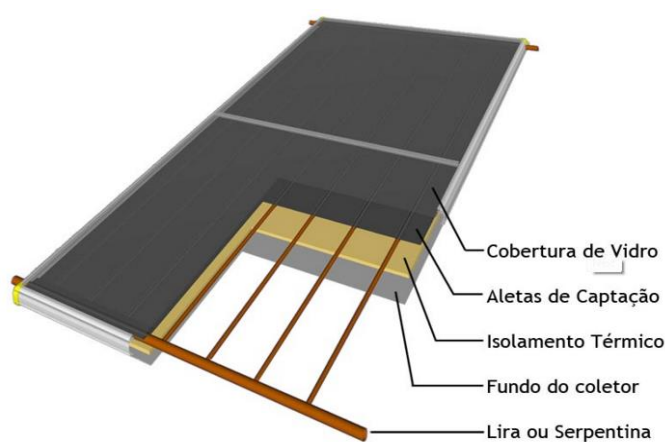
### **2.7.1 Coletores solar de placa plana**

Um coletor solar de placa plana é um dispositivo responsável pela captação da energia solar e conversão desta em energia térmica, sendo composto basicamente por uma placa absorvedora, gabinete isolado termicamente e cobertura de vidro (LAMBERTS et al., 2010).

Segundo Lamberts et al. (2010), nos coletores solares de placa plana a energia solar atravessa a cobertura de vidro, sendo absorvida pela placa coletora, que é construída de cobre ou alumínio e funciona como aleta, transportando o calor do fluido para uma serpentina de tubos de cobre conectadas termicamente a placa por onde circula a água a ser aquecida e distribuída para o reservatório térmico do sistema de aquecimento.

O material utilizado para cobrir a placa coletora deve ter propriedades que façam com que absorção da irradiação solar seja máxima, como tintas especiais escuras.

Na figura 2.36 são apresentados os detalhes construtivos de um coletor solar de placa plana:



**Figura 2.36 – Detalhes construtivos de um coletor solar de placa plana**

**Fonte: VIDA SOLAR, 2016.**

### **2.7.2 Reservatórios térmicos e Sistema de aquecimento auxiliar**

Os reservatórios térmicos também conhecidos como boiler são recipientes que armazenam a água aquecida nos coletores solares. Geralmente possuem formato cilíndrico com corpo interno metálico ou de plástico e uma camada de material isolante como lã de vidro que minimiza a perda de calor da água armazenada.

Lamberts et al. (2010) evidencia que quase todos os sistemas de aquecimento solar de água para residências são por acumulação, pois a potência de aquecimento das placas coletoras é inferior a demanda instantânea de água aquecida, e os períodos de consumo podem ser distintos do período de ganho de energia térmica solar, sendo indispensável um reservatório térmico.

A água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termossifão, onde a água que é aquecida nos coletores solares se expande, ficando menos densa que a água que chega ao coletor para aquecimento, fazendo com que a água mais fria, que é mais densa force a água aquecida para o reservatório térmico.

Um sistema de aquecimento auxiliar é uma fonte auxiliar de calor para períodos de insolação insuficiente e pode ser um aquecedor elétrico, a queima de algum combustível ou uma bomba de calor (LAMBERTS et al., 2010).

Devido ao baixo custo de instalação, a grande maioria dos sistemas de aquecimento auxiliar funciona com resistências elétricas instaladas no interior do reservatório térmico. A figura 2.37 mostra detalhadamente um sistema de aquecimento solar de água, com coletores solares, reservatório térmico e sistema de aquecimento auxiliar por resistência elétrica:

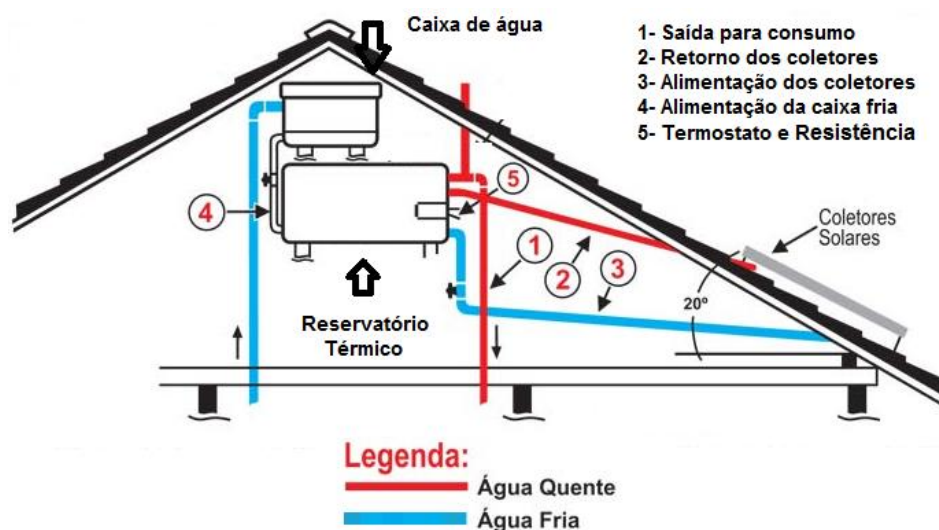


Figura 2.37 – Sistema de aquecimento solar de água detalhado

Fonte: Adaptado de SOLARTEC, 2012.

### 2.7.3 Sistemas de controle

A função dos sistemas de controle é garantir que o sistema de aquecimento solar funcione aproveitando o máximo da energia solar disponível e as demandas de aquecimento necessárias sejam atendidas (LAMBERTS et al., 2010).



Ainda segundo Lamberts et al. (2010), o sistema de controle mais comum é o acionamento do sistema de aquecimento auxiliar com um termostato ligado diretamente no reservatório térmico.

Outra utilidade é utilizar o termostato diferencial para comandar uma bomba de circulação de água através do diferencial de temperatura entre o coletor solar e o reservatório térmico.

Na figura 2.38 é apresentado o termostato diferencial Microsol SWP Advanced que possui funções que evitam o superaquecimento e o congelamento na água do coletor solar:



**Figura 2.38 – Termostato Microsol SWP Advanced**

**Fonte: FULL GAUGE, 2015.**

## **2.8 Energia Fotovoltaica e Sistemas Fotovoltaicos**

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2013), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo Lamberts et al. (2010), os sistemas fotovoltaicos são classificados em sistemas isolados e sistemas conectados à rede:

- Os sistemas isolados não possuem conexão com a rede elétrica pública de fornecimento de energia e normalmente necessitam de um banco de baterias

para armazenar a energia gerada. Os sistemas isolados usualmente possuem painel fotovoltaico, regulador de carga, banco de baterias e inversor.



Figura 2.39 – Constituição básica de um sistema fotovoltaico isolado

Fonte: NEO SOLAR, 2015.

- Os sistemas conectados a rede são aqueles conectados a rede elétrica pública, onde a energia gerada é injetada diretamente na rede e não necessitam de banco de baterias. Os sistemas conectados a rede possuem basicamente painel fotovoltaico e inversor que se somam com os componentes de comando e proteção.

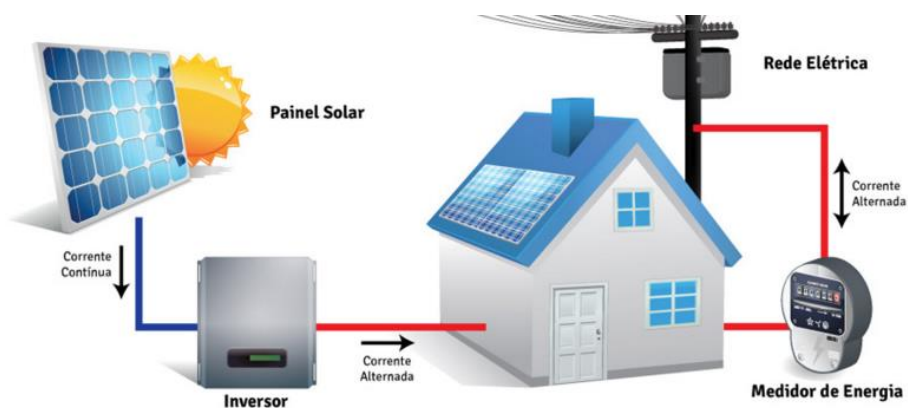


Figura 2.40– Constituição básica de um sistema fotovoltaico conectado a rede

Fonte: REAL SOLAR, 2015.

Ainda segundo Lamberts et al. (2010), as tecnologias necessárias a integração de sistemas fotovoltaicos em edificações já estão bem estabelecidos, e a utilização desses sistemas tem crescido em diversos países, pelo fato de contribuir com a matriz elétrica e reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

Um sistema fotovoltaico é pouco utilizado em residências, escritórios e indústrias brasileiras, devido ao alto custo que gira em torno de 14 mil reais, variando de região para região (REVISTA GALILEU, 2013).

### 2.8.1 Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são dispositivos construídos com material semicondutor que permitem a conversão direta da luz em eletricidade, através do efeito fotovoltaico, que é a criação de tensão elétrica ou corrente elétrica em um determinado material, após sua exposição à luz (LAMBERTS et al., 2010).

De acordo com Villalva e Gazoli (2012), uma célula fotovoltaica é composta tipicamente pela junção de duas camadas de material semicondutor, uma do tipo P e outra N, e quando essas duas camadas são colocadas em contato, formando o que se chama junção semicondutora, os elétrons da camada N onde existe um excedente de elétrons migram para a camada P que apresenta uma falta de elétrons, criando um campo elétrico dentro de uma zona de depleção, também chamada de barreira de potencial, no interior da estrutura da célula.

Na figura 2.41 é ilustrado o efeito fotovoltaico através da junção PN de uma célula fotovoltaica:

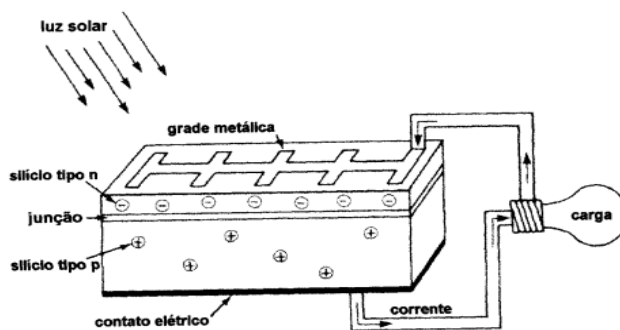


Figura 2.41– Junção pn de uma célula fotovoltaica

Fonte: ALVARENGA, 2015.

Segundo Lamberts et al. (2010), as células fotovoltaicas produzidas comercialmente, destinadas a aplicações terrestres utilizam-se de silício cristalino e filmes finos, sendo que as baseadas em silício cristalino apresentam eficiência de conversão da energia solar em energia elétrica, na faixa de 13 a 18%, e as de filmes finos na faixa de 6 a 11%.

Na figura 2.42 são apresentadas células fotovoltaicas produzidas com silício cristalino (monocristalino e policristalino) e células produzidas com filmes finos (silício amorfo):

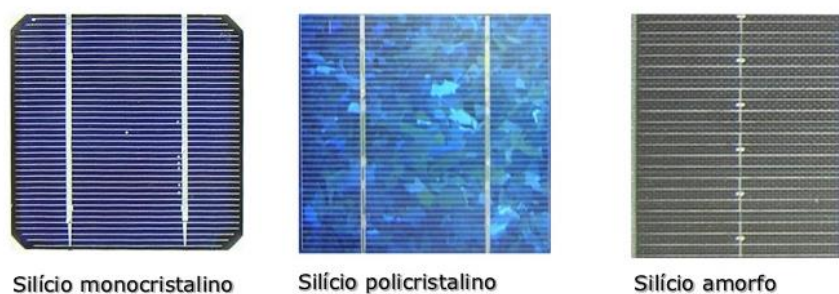


Figura 2.42 – Células fotovoltaicas de silício cristalino e filmes finos

Fonte: ELETROBRAS CEPEL, 2010.

## 2.8.2 Módulos Fotovoltaicos e Painel Fotovoltaico

Módulos Fotovoltaicos são conjuntos de células solares fotovoltaicas interligadas e acondicionadas (LAMBERTS et al., 2010).

Um módulo fotovoltaico é formado por conexões de várias células fotovoltaicas em série e/ou paralelo podendo atingir diferentes valores de tensão ou corrente, permitindo ao projetista dimensionar seu sistema de acordo com o projeto a ser implementado (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

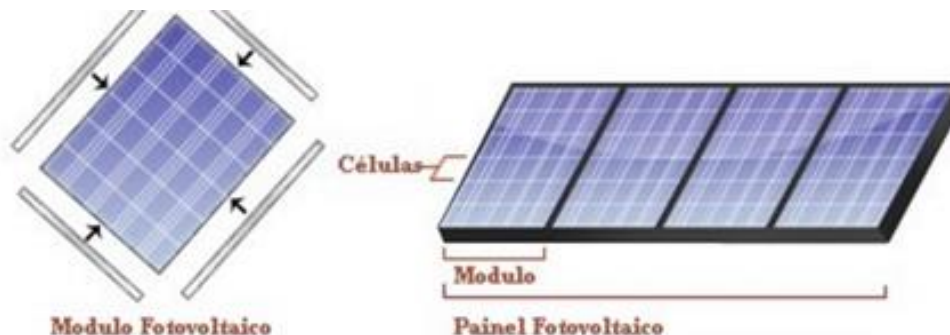


Figura 2.43 – Módulo Fotovoltaico composto por 30 células fotovoltaicas e Painel fotovoltaico

Fonte: ELECTRONICA, 2015.

Como podemos observar na figura 2.43, os painéis fotovoltaicos são constituídos por um arranjo de módulos fotovoltaicos.

### 2.8.3 Reguladores/Controladores de Carga

Os controladores/reguladores de carga são dispositivos eletrônicos destinados controlar e monitorar a carga ou descarga do banco de baterias, protegendo-as de serem sobrecarregadas ou descarregadas profundamente, garantindo que toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos seja armazenada com maior eficácia nas baterias (LAMBERTS et al., 2010).

Os reguladores de carga possuem dispositivos que informam sobre o estado de carga do sistema e alertam o utilizador para que este possa adaptar a instalação às suas necessidades particulares, aumentando assim a vida útil das baterias.

Na figura 2.43 é apresentado um controlador de carga:



Figura 2.43 – Controlador de carga

Fonte: NEO SOLAR, 2016.

### 2.8.4 Baterias

As baterias são utilizadas em sistemas fotovoltaicos para proporcionar fornecimento constante de energia para o consumidor, evitando o desperdício de energia quando o consumo é baixo, permitindo seu armazenamento para uso em momentos que houver

pouca ou nenhuma radiação, no período da noite e nos dias nublados e chuvosos (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Segundo Villalva e Gazoli (2012), a bateria mais utilizada nos sistemas fotovoltaicos é a bateria de chumbo ácido estacionária. A vida útil de uma bateria estacionária está relacionada com o número de ciclos da mesma e a profundidade de descarga, que é a quantidade de carga retirada da bateria num ciclo típico de funcionamento.

A figura 2.44 mostra uma bateria estacionária da Freedom e sua vida útil em relação à descarga:



**Figura 2.44 – Bateria Estacionária Freedom e vida útil em função da descarga**

**Fonte: NEO SOLAR, 2016.**

### 2.8.5 Inversores DC/AC

Inversor é o aparelho que converte a tensão contínua, proveniente do painel fotovoltaico ou do banco de baterias, em tensão alternada, com características adequadas para alimentação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos comuns (LAMBERTS et al., 2010, P. 51).

Quando o inversor detecta a presença de rede, converte a tensão contínua vinda do painel fotovoltaico em tensão alternada, com o mesmo padrão de tensão, frequência e fase da rede elétrica à qual está conectado (LAMBERTS et al., 2010).

Normalmente as edificações no Brasil possuem equipamentos nos quais a tensão de funcionamento é de 127 / 220 VAC 60 Hz, que é a tensão da rede elétrica nacional em baixa tensão.

Na figura 2.45 é apresentado um inversor DC/AC:



**Figura 2.45 – Inversor DC/AC**

**Fonte: ALI EXPRESS, 2016.**

### **2.8.6 Componentes de Proteção**

Pinho; Galdino (2014) cita os seguintes componentes de proteção para um sistema fotovoltaico:

- Chaves seccionadoras sob carga: Possibilita a interrupção do fluxo de corrente em situações emergência e manutenção e serve como atuador para o controle da operação do sistema.



**Figura 2.46 – Chaves seccionadoras sob carga**

**Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.**

- Disjuntores: Protegem os cabos, equipamentos e demais componentes, em casos de corrente elevadas causadas por um curto circuito no sistema, sobrecarga ou falha no aterramento.



**Figura 2.47 – Disjuntores**

**Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.**

- Dispositivo de Proteção contra surtos (DPS): Protege as instalações elétricas e os equipamentos eletrônicos contra surtos (como descarga atmosférica), desviando a alta corrente para terra e limitando as sobretensões transientes.



**Figura 2.48 – Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)**

**Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.**

- Fusíveis: Protegem os cabos, equipamentos e demais componentes em casos de correntes elevadas causadas por um curto circuito no sistema, sobrecarga ou falha no aterramento.





**Figura 2.49 – Fusíveis gPV, apropriados para arranjo fotovoltaico**

**Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.**

### 3 ESTUDO DE CASO

Esta seção mostra um estudo de caso que apresenta estimativas de consumo de energia elétrica em uma residência, com diferentes tipos de usuários que possuem equipamentos eficientes e ineficientes. Mostra também uma análise das instalações elétricas de uma residência, avaliando as instalações elétricas em relação à eficiência energética e propõe um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de água e de um sistema fotovoltaico para uma residência.

#### 3.1 Consumos de Energia elétrica com diferentes usuários

Para realizar a análise do consumo de energia elétrica, foram simulados três tipos diferentes de usuários:

- Usuário 1: O usuário 1 utiliza equipamentos ineficientes, chuveiro elétrico para o aquecimento da água do banho e lâmpadas halógenas para a iluminação.
- Usuário 2: O usuário 2 utiliza equipamentos pouco eficientes, chuveiro elétrico para o aquecimento da água do banho e lâmpadas fluorescentes para a iluminação.
- Usuário 3: O usuário 3 utiliza equipamentos eficientes de etiqueta A, sistema de aquecimento solar de água e lâmpadas de LED para a iluminação.

Todas as simulações das tabelas abaixo são propostas para uma família composta por quatro pessoas. O ar condicionado e o chuveiro elétrico foram estimados utilizando 50% da potência máxima de cada um deles, propondo dias com calor e dias frios.

Os dias e horas utilizadas para cada aparelho foram baseados na tabela de estimativa que a PROCEL fornece sobre o consumo médio mensal de eletrodomésticos encontrados em residências. Alguns equipamentos são idênticos nos três perfis de usuários e foram considerados somente para cálculo do consumo médio final em uma residência com os equipamentos mais utilizados.

As tarifas utilizadas para o cálculo do valor em reais foram baseadas nas tarifas cobradas pela CEMIG em uma residência, multiplicando o kWh pelo valor de R\$ 0,876.

Nas tabelas a seguir é mostrado o consumo médio de energia elétrica de cada um dos usuários, os equipamentos utilizados por cada um deles, as potências e o preço gasto com energia elétrica.

O usuário 1 possui os seguintes equipamentos da tabela 3.1:

**Tabela 3.1 – Consumo médio de energia elétrica para as simulações do Usuário 1**

<b>Equipamento Elétrico</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Uso estimado (dias/mês)</b>	<b>Horas utilizadas (h/dia)</b>	<b>Consumo médio mensal (kWh)</b>	<b>Valor gasto em reais (R\$)</b>
Geladeira Etiqueta E	110	30	24	52,50	45,99
Forno microondas C	2200	30	6 min	6,60	5,79
Ferro Elétrico	1200	4	1	4,80	4,21
Máquina de lavar roupas	270	15	1 (1 ciclo)	4,05	3,55
Computador + Monitor comum	150	25	5	15,00	13,14
Televisão 43” plasma	170	30	5	25,50	22,34
Liquidificador	700	15	6 min	1,05	0,92
Ar condicionado	756	30	5	56,70	49,67
Iluminação D 01	70	30	4	8,40	7,36
Iluminação D 02	70	30	4	8,40	7,36
Iluminação sala estar	140(2x70)	30	3	12,60	11,04
Iluminação Banheiro	70	30	2	4,20	3,68
Iluminação Cozinha	140(2x70)	30	3	12,60	11,04
Iluminação Área de serviço	140(2x70)	30	1	4,20	3,68
Iluminação Externa	280(4x70)	30	2	16,80	14,72
Chuveiro elétrico	5500	30	40 min	55,00	48,18
Roteador	6	30	24	4,32	3,79
Modem	8	30	24	5,76	5,04
<b>TOTAL</b>				<b>298,48</b>	<b>261,50</b>

O usuário 2 possui os seguintes equipamentos da tabela 3.2:

**Tabela 3.2 – Consumo médio de energia elétrica para as simulações do Usuário 2**

<b>Equipamento Elétrico</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Uso estimado (dias/mês)</b>	<b>Horas utilizadas (h/dia)</b>	<b>Consumo médio mensal (kWh)</b>	<b>Valor gasto em reais (R\$)</b>
Geladeira Etiqueta C	95	30	24	45,00	39,42
Forno microondas B	1350	30	6 min	4,05	3,55
Ferro Elétrico	1200	4	1	4,80	4,21
Máquina de lavar roupas	270	15	1 (1 ciclo)	4,05	3,55
Computador + Monitor LCD	120	25	5	12,25	10,74
Televisão 46" LED	95	30	5	14,25	12,49
Liquidificador	700	15	6 min	1,05	0,92
Ar condicionado	593	30	5	44,50	38,99
Iluminação D 01	20	30	4	2,40	2,11
Iluminação D 02	20	30	4	2,40	2,11
Iluminação sala estar	40(2x20)	30	3	3,60	3,16
Iluminação Banheiro	20	30	2	1,20	1,06
Iluminação Cozinha	40(2x20)	30	3	3,60	3,16
Iluminação Área de serviço	40(2x20)	30	1	1,20	1,06
Iluminação Externa	80(4x20)	30	2	4,80	4,21
Chuveiro elétrico	4500	30	40 min	45,00	39,42
Roteador	6	30	24	4,32	3,79
Modem	8	30	24	5,76	5,04
<b>TOTAL</b>				<b>204,23</b>	<b>179,00</b>

O usuário 3 possui os seguintes equipamentos da tabela 3.3:

**Tabela 3.3 – Consumo médio de energia elétrica para as simulações do Usuário 3**

<b>Equipamento Elétrico</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Uso estimado (dias/mês)</b>	<b>Horas utilizadas (h/dia)</b>	<b>Consumo médio mensal (kWh)</b>	<b>Valor gasto em reais (R\$)</b>
Geladeira Etiqueta A	85	30	24	36,60	32,18
Forno microondas A	820	30	6 min	2,46	2,16

Ferro Elétrico	1200	4	1	4,80	4,21
Máquina de lavar roupas	270	15	1 (1 ciclo)	4,05	3,55
Computador + Monitor LCD	120	25	5	12,25	10,74
Televisão 46" LED	95	30	5	14,25	12,49
Liquidificador	700	15	6 min	1,05	0,92
Ar condicionado	537	30	5	40,30	35,31
Iluminação D 01	15	30	4	1,80	1,58
Iluminação D 02	15	30	4	1,80	1,58
Iluminação sala estar	30(2x15)	30	3	2,70	2,37
Iluminação Banheiro	15	30	2	0,90	0,79
Iluminação Cozinha	30(2x15)	30	3	2,70	2,37
Iluminação Área de serviço	30(2x15)	30	1	0,90	0,79
Iluminação Externa	60(4x15)	30	2	3,60	3,16
Aquecimento Solar		30	40 min		0,00
Roteador	6	30	24	4,32	3,79
Modem	8	30	24	5,76	5,04
<b>TOTAL</b>				<b>140,24</b>	<b>123,03</b>

Depois de realizado a estimativa de consumo dos três tipos de usuários, podemos observar que apenas pelas mudanças de equipamentos com diferentes classificações em eficiência energética apresentou-se uma economia de R\$138,47 do usuário 3 em relação ao usuário 1, diminuindo a demanda de energia de 298,48 kWh para 140,24 kWh.

Na tabela 3.4 são apresentados os custos para substituição na iluminação:

**Tabela 3.4 – Custo para substituição das lâmpadas**

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Fluxo Luminoso ( $\phi$ )	Valor mensal gasto com energia (R\$)
Led 15W	13	27,90	362,70	1200	14,40
Fluorescente 20W	13	12,90	167,70	1280	19,20
Incandescente Halógena 70W	13	6,90	89,70	1200	58,88

Pela análise da tabela 3.4, a substituição de lâmpadas halógenas de 70W por lâmpadas de Led de 15W gera um custo de R\$ 362,70 e uma economia mensal de R\$ 44,48 na conta energia elétrica, trazendo um retorno do valor investido em 9 meses, sem perder o conforto proporcionado, e a substituição de lâmpadas halógenas de 70W por lâmpadas fluorescente de 15W gera um custo de R\$ 167,70 e uma economia mensal de R\$ 39,68 na conta energia elétrica, trazendo um retorno do valor investido em 5 meses.

Através de pesquisas realizadas nas lojas especializadas foi constatado que o custo para implementação de um sistema solar de água possui valores que variam de R\$2.000 a R\$4.000, dependendo do número de pessoas na residência, trazendo assim um retorno do valor investido em um tempo que varia de 4 a 8 anos, dependendo do consumo de energia gasto mensalmente com o chuveiro elétrico.

### 3.2 Estudo de caso em uma residência

As estimativas de consumo são propostas para uma residência típica com três estudantes da UFOP. A residência possui três dormitórios, sendo um dormitório com suíte, uma sala de estar, dois banheiros, uma cozinha, uma área de serviço e um corredor.

#### 3.2.1 Coleta de Dados da residência

A residência é alimentada pelo tipo de fornecimento (B), conforme a ND 5.1; 127 Volts, bifásico, a três fios (duas fases e um neutro) pela rede de distribuição da CEMIG.

Na tabela 3.5 é mostrado o quadro de cargas da residência:

**Tabela 3.5 – Quadro de cargas da residência**

Dependência	Dimensão	Iluminação		Equipamentos	
	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de Pontos	Potência Uni. (W)		Potência (W)
Dormitório 01	8,71	1	20	Notebook	35
				TV 22"	45
Dormitório 02	8,88	1	25	Notebook	35
Dormitório 03	17,60	1	20	Notebook	35
				TV 32"	65

Sala de estar	10,85	1	20		
Cozinha	8,25	1	60	Geladeira	85
				Microondas	820
Banheiro 01	3,12	1	15	Chuveiro	5400
Banheiro 02	2,88	1	60	Chuveiro	5400
Corredor	5,58	1	60	Ferro Elétrico	1000
				Roteador	6
				Modem	8
Área de serviço	2,25	1	60	Maquina de Lavar	300
				Roupas	
Varanda 01	2,94	1	60		
Varanda 02	1,98	1	60		
<b>Total</b>	<b>73,04</b>	<b>11</b>	<b>460</b>		<b>13234</b>

Realizou-se uma análise aproximada do consumo mensal, coletando os valores das potências dos equipamentos e horas de utilização. Os valores aproximados do consumo mensal dos equipamentos da residência são apresentados na tabela 3.6:

**Tabela 3.6 – Consumo mensal dos equipamentos da residência**

<b>Equipamento Elétrico</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Uso estimado (dias/mês)</b>	<b>Horas utilizadas (h/dia)</b>	<b>Consumo médio mensal (kWh)</b>	<b>Valor gasto em reais (R\$)</b>
Geladeira	85	30	24	36,60	32,17
Forno microondas	820	15	6 min	1,23	1,07
Ferro Elétrico	1000	5	15 min	1,25	1,09
Máquina de lavar roupas	300	15	1 (1 ciclo)	4,50	3,92
Notebook 1	35	30	8	8,40	7,36
Notebook 2	35	30	8	8,40	7,36
Notebook 3	35	30	1	1,05	0,92
Televisão 22"	45	30	2	2,70	2,37
Televisão 32"	65	30	1	1,95	1,71
Iluminação D 01	20	30	5	3,00	2,63
Iluminação D 02	25	30	5	3,75	3,29
Iluminação D 03	25	30	4	3,00	2,63
Iluminação sala estar	20	30	3	1,80	1,42
Iluminação Banheiro1	15	30	1	0,45	0,40

Iluminação Banheiro2	60	30	1	1,80	1,58
Iluminação Cozinha	60	30	3	5,40	4,74
Iluminação Área de serviço	60	10	1	0,60	0,53
Iluminação Varanda 1	60	5	1	0,30	0,27
Iluminação Varanda 2	60	5	1	0,30	0,27
Iluminação Corredor	60	5	1	0,30	0,27
Chuveiro Elétrico 1	5400	30	25 min	35,00	30,69
Chuveiro Elétrico 2	5400	30	10min	14,00	12,26
Roteador	6	30	24	4,32	3,79
Modem	8	30	24	5,76	5,04
<b>TOTAL</b>				<b>145,86</b>	<b>127,78</b>

### 3.2.2 Análise do Sistema de Iluminação

Foi realizada a medição da Iluminância (lux) nos cômodos da residência a fim de verificar se as lâmpadas utilizadas eram adequadas para cada cômodo. Os valores encontrados são detalhados na tabela 3.7:

**Tabela 3.7 – Iluminância dos cômodos**

Área Iluminada	Área (m <sup>2</sup> )	Potência (W)	Iluminância (lux)	
			Medido	Recomendado
Sala de estar	10,85	20	88	100 – 150 - 200
Cozinha	8,25	60	64	100 – 150 - 200
Dormitório 01	8,71	20	107	100 – 150 - 200
Dormitório 02	8,88	25	110	100 – 150 - 200
Dormitório 03	17,60	25	47	100 – 150 - 200
Corredor	5,58	60	85	75 – 100 - 150
Banheiro 01	3,12	15	158	100 – 150 - 200
Banheiro 02	2,88	60	102	100 – 150 - 200
Área de Serviço	2,25	60	142	100 – 150 - 200
Varanda 01	2,94	60	89	75 – 100 - 150
Varanda 02	1,98	60	131	75 – 100 - 150



Como observado na tabela 3.7, alguns cômodos não possuem a iluminância recomendada pela NBR 5413, como o dormitório 03 que está muito abaixo, sendo necessária assim a realização de um cálculo luminotécnico para a adequação e substituição das lâmpadas. O aparelho utilizado para medir o nível de luminosidade nos locais da residência foi o luxímetro digital apresentado na figura 3.1:



**Figura 3.1 – Luxímetro Digital**

**Fonte: BAGAREL, 2016.**

Os cálculos para a adequação e substituição das lâmpadas serão apresentados a seguir. O fator de utilização e o fator de depreciação foram estimados em 100% apenas para fins de cálculo, sendo necessário um cálculo mais aprofundado para melhor determinar a iluminância, o que não é o objetivo deste presente trabalho. Caso seja necessário valores de iluminância maiores pode-se colocar uma luminária para direcionar a luz necessária para determinada atividade.

$$\varphi = \frac{S \times E}{u \times d} \quad (3.1)$$

(S) Área do Local

(E) Iluminância em [lux]

( $\varphi$ ) Fluxo Luminoso total [lm]

(u) fator de utilização

(d) fator de depreciação

Para o dormitório 03 temos:

$$S = 17,60 \text{ m}^2;$$

$$E = 150 \text{ lux (Iluminância média para quartos em geral)}$$

$$u = 1,00$$

$$d = 1,00$$

$$\varphi = \frac{S \times E}{u \times d} = 2640 \text{ lumens} \quad (3.2)$$

Para a iluminação do dormitório 03 seria necessária uma lâmpada de 2640 lumens, um pouco menos que o dobro da lâmpada que está no dormitório, que possui 1480 lumens. Uma lâmpada fluorescente de 35 W, mais uma luminária para direcionar a luz quando necessário um maior fluxo luminoso para realizar outras atividades como leitura e escrita, atenderiam bem a necessidade do dormitório.

Para a sala de estar temos:

$$S = 10,85 \text{ m}^2;$$

$$E = 150 \text{ lux (Iluminância média para salas de estar em geral)}$$

$$u = 1,00$$

$$d = 1,00$$

$$\varphi = \frac{S \times E}{u \times d} = 1628 \text{ lumens} \quad (3.3)$$

Para a iluminação da sala de estar seria necessária uma lâmpada com 1628 lumens. A troca da lâmpada fluorescente de 20W por uma lâmpada de LED de 20W atenderia bem as necessidades da sala.

Para a cozinha temos:

$$S = 8,25 \text{ m}^2;$$

$$E = 150 \text{ lux (Iluminância média para cozinhas em geral)}$$

$$u = 1,00$$

$$d = 1,00$$

$$\varphi = \frac{S \times E}{u \times d} = 1238 \text{ lumens} \quad (3.4)$$

Para a iluminação da cozinha seria necessária uma lâmpada com 1238 lumens. Em nível de comparação, a lâmpada da cozinha é uma incandescente de 60W que se substituída por uma lâmpada de LED de 16W, alcança o fluxo luminoso desejado para o ambiente com menos da metade da potência, gerando economia na conta de energia elétrica. Calculando o retorno do investimento temos:

**Tabela 3.10 – Custo para substituição das lâmpadas**

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Fluxo Luminoso ( $\varphi$ )	Valor mensal gasto com energia (R\$)
Led 16W	1	29,99	29,99	1600	1,27
Incandescente 60w	1	4,90	4,90	800	4,74

Colocando uma lâmpada de LED de 16W, economiza-se R\$3,47 por mês na conta de energia, trazendo um retorno do valor investindo em 9 meses e aumentando a vida útil da lâmpada do ambiente.

Para o banheiro 02 temos:

$$S = 2,88 \text{ m}^2;$$

$$E = 150 \text{ lux (Iluminância média para banheiros em geral)}$$

$$u = 1,00$$

$$d = 1,00$$

$$\varphi = \frac{S \times E}{u \times d} = 432 \text{ lumens} \quad (3.5)$$

Para o banheiro 02, uma lâmpada incandescente de 60W atende aos lumens desejados para o ambiente, porém, se substituída por uma lâmpada de LED de 10W, gera uma economia na conta de energia elétrica com um mesmo fluxo luminoso desejado para o ambiente. Calculando o retorno do investimento temos:

Tabela 3.8 – Custo para substituição das lâmpadas

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Fluxo Luminoso ( $\phi$ )	Valor mensal gasto com energia (R\$)
Led 10W	1	16,90	16,90	850	0,27
Incandescente 60w	1	4,90	4,90	800	1,58

Como a luz do banheiro é pouco utilizada diariamente, colocando uma lâmpada de LED de 10W economiza-se R\$1,31 por mês na conta de energia, trazendo um retorno do valor investindo em 1 ano e 1 mês, além de aumentar a vida útil da lâmpada do ambiente.

### 3.2.3 Dimensionamento sistema de aquecimento solar de água na residência

Como visto na seção 2.7, para o cálculo do volume do boiler adota-se 100 litros por pessoa, sendo necessário um boiler de 300 litros para a residência proposta.

O número de placas coletoras utilizadas depende da área da placa coletora e da especificação do fabricante.

A empresa Heliotek disponibiliza no mercado o reservatório térmico de baixa pressão HELIOTEK MK300 300L da figura 3.2 que pode ser aplicado na residência:



Figura 3.2 – Reservatório térmico HELIOTEK MK300 300L

Fonte: ENERGY SHOP, 2016.

Segundo a empresa Heliotek as placas coletoras MC EVOLUTION PRO 15 que possuem área de 1,5m<sup>2</sup> aquecem 100 litros de água por placa coletora, sendo necessárias então, três placas coletoras para a residência. A placa MC EVOLUTION PRO 15 é apresentada na figura 3.3:



**Figura 3.3 – Coletor Solar MC EVOLUTION PRO 15 HELIOTEK**

**Fonte: ENERGY SHOP, 2016.**

Os custos para aquisição de um sistema de aquecimento solar de água sem incluir a mão de obra são apresentados na tabela 3.9:

**Tabela 3.9 – Custo para aquisição de um sistema solar de água**

	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Reservatório térmico HELIOTEK MK300 300L	1	1.864,94	1.864,94
Coletor Solar MC EVOLUTION PRO 15 HELIOTEK	3	658,04	1.974,12
<b>TOTAL</b>			<b>3839,06</b>

Para esse conjunto de reservatório térmico mais placas coletoras em específico, tem-se o retorno do valor investido de seis a oito anos após a instalação na residência, sendo viável o investimento para um retorno em longo prazo.

### 3.2.4 Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para a residência

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico autônomo foi realizado o levantamento do consumo de energia na residência, a fim de obter o consumo mensal e diário de energia elétrica.

Para fins de cálculo, o chuveiro elétrico não foi contabilizado no consumo mensal, pois o uso de chuveiros em sistemas fotovoltaicos não é viável e foi proposto o dimensionamento do sistema de aquecimento solar de água na residência. Os cálculos do levantamento do consumo de energia são apresentados a seguir:

$E_c$  = Energia consumida em watts-hora diariamente [Wh]

O valor de energia consumido mensalmente foi de 96,86kWh, assim temos como consumo médio:

$$E_c = \frac{96860Wh}{30} = 3229Wh \quad (3.6)$$

Para o dimensionamento do banco de baterias foram levados em conta os seguintes aspectos segundo Villalva e Gazoli (2012):

- Quanta energia é necessária para o consumo diário.
- Quantos dias o banco de baterias deve ser capaz de alimentar o consumo caso não haja produção de energia em dias chuvosos ou nublados.
- Qual é a profundidade de descarga permitida para as baterias.

Foi determinada uma tensão de operação de 24V, que é a recomendada para sistemas maiores, sendo associado um conjunto de duas baterias de 12V em série. A energia necessária armazenada no banco de baterias é calculada a seguir:

$$E_a = \frac{E_c}{P_d} \times N_d \quad (3.7)$$

$E_a$  = Energia armazenada no banco de baterias [Wh].

$E_c$  = Energia consumida [Wh].

$P_d$  = Profundidade de descarga permitida (20%, 50%, 80%).

Nd = Número de dias de armazenamento caso não haja produção de energia.

Considerando uma profundidade de descarga de 50%, que é a quantidade de carga retirada da bateria num ciclo de funcionamento, e que a bateria seja capaz de suprir o consumo dos equipamentos por 2 dias temos:

$$E_a = \frac{3229}{0,5} \times 2 = 12916 \text{ Wh} \quad (3.8)$$

A capacidade do banco de baterias é determinada pela fórmula:

$$C_{\text{banco}} = \frac{E_a}{V_{\text{banco}}} \quad (3.9)$$

Cbanco = Capacidade de carga do banco de baterias em ampère-hora [Ah].

Ea = Energia armazenada no banco de baterias [Wh].

Vbanco = Tensão do banco de baterias [V].

$$C_{\text{banco}} = \frac{12916}{24} = 539 \text{ Ah} \quad (3.10)$$

Foi determinada a quantidade dos conjuntos de baterias ligadas em paralelo para suprir a capacidade desejada, assim temos:

$$N_{\text{bp}} = \frac{C_{\text{banco}}}{C_{\text{bat}}} \quad (3.11)$$

Nbp = Número de conjuntos de baterias ligados em paralelo.

Cbanco = Capacidade de carga do banco de baterias em ampère-hora [Ah].

Cbat = Capacidade de carga de cada bateria em ampère-hora [Ah].

Foi considerada a utilização de baterias com capacidade de carga de 165Ah, assim temos:

$$N_{\text{bp}} = \frac{539}{165} = 3,26 \quad (3.12)$$

Como o número de baterias encontrado foi de 3,26, seriam necessários 4 conjuntos de baterias ligadas em paralelo, totalizando 8 baterias estacionárias.

A figura 3.4 mostra um exemplo de bateria estacionária de 150Ah/165Ah:



**Figura 3.4 – Bateria estacionária Freedom DF2500 150Ah/165Ah**

**Fonte: NEO SOLAR, 2016.**

Para o cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos será utilizado o índice solarimétrico ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$ ) da região de Ouro Preto, que é a quantidade de Watts que incidirá em uma hora numa área de um metro quadrado por dia.

Para nível de cálculo foi considerado um índice Solarimétrico de  $5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$  e uma eficiência de projeto de 90%, considerando perdas na geração de energia e na transmissão de potência.

O cálculo da potência total necessária das placas fotovoltaicas é apresentado abaixo:

$$P_t = \frac{3229}{5} = 645,8 \text{ W} \quad (3.13)$$

Calculando com a eficiência do projeto de 90%, temos:

$$P_t = \frac{645,8}{0,90} = 718 \text{ W} \quad (3.14)$$

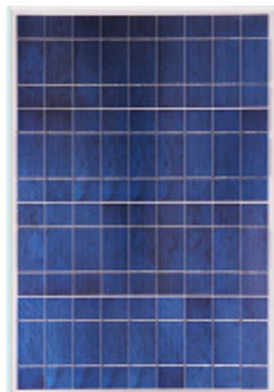
Considerando a utilização de módulos solares Yingli Solar 95W, o número de módulos necessários para a residência é dado por:

$$N = \frac{718}{95} = 7,56 \quad (3.15)$$



Pelos cálculos realizados, o sistema da residência será composto por 8 módulos fotovoltaicos, sendo que para o módulo solar Yingli Solar YL095P-17B 2/3 serão utilizados 2 módulos em série, visto que a tensão de operação é de 12 V por módulo e a tensão de operação do sistema é de 24 V.

A figura 3.5 mostra um exemplo do módulo solar estimado:



**Figura 3.5 – Módulo solar Yingli Solar YL095P-17B 2/3**

**Fonte: MINHA CASA SOLAR, 2016.**

Para o dimensionamento do controlador de carga devemos levar em conta a tensão de operação e a corrente elétrica fornecida pelos módulos. Os 8 módulos fotovoltaicos possuem 2 módulos em série e 4 conjuntos de módulos em paralelo resultando em uma corrente total de  $4 \times 5,84 = 23,36\text{A}$ .

Segundo Villalva e Gazoli (2012), a corrente máxima fornecida pelos módulos pode ser corrigida com um fator de segurança de 30% para garantir que a corrente máxima do controlador especificado não exceda em nenhuma hipótese.

Assim temos que o controlador de carga deve operar em uma tensão de 24V e suportar uma corrente de  $23,36 \times 1,3 = 30\text{A}$ .

A figura 3.6 mostra um exemplo de um controlador de carga que atende aos valores estimados para a residência:



**Figura 3.6 – Controlador de carga ViewStar VS3024BN 30A (12/24V)**

**Fonte: NEO SOLAR, 2016.**

Para o dimensionamento do inversor foi realizada a soma das potências individuais de cada equipamento, resultando em uma potência total de 2894W. A residência funciona sobre tensão de 127V e frequência de 60Hz, assim o inversor deve possuir uma tensão de entrada de 24V, que é a tensão de operação do sistema e uma saída em 127V/60Hz.

A figura 3.7 mostra um exemplo de um inversor que atende aos valores estimados para a residência:



**Figura 3.7 – Inversor CTP 3000W off Grid 24V/110V**

**Fonte: ALI EXPRESS, 2016.**

Os custos para aquisição de um sistema fotovoltaico para a residência sem incluir a mão de obra são apresentados na tabela 3.10:

**Tabela 3.10 – Custo para aquisição de um sistema fotovoltaico**

	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Bateria estacionária Freedom DF2500 150Ah/165Ah	8	969,00	7.752,00
Módulo solar Yingli Solar YL095P-17B 2/3	8	589,00	4.712,00
Controlador de carga ViewStar VS3024BN 30A	1	799,00	799,00
Inversor CTP 3000W off Grid 24V/110V	1	1.384,93	1.384,93
<b>TOTAL</b>			14.647,93

Como podemos ver na tabela 3.10, o custo para instalação de um sistema fotovoltaico ainda é muito elevado, obtendo um retorno do valor investido de 14 a 15 anos. Deve-se sempre levar em conta fatores como o potencial da área onde será instalado o sistema, prédio alto ou previsões de construções ao redor que ultrapassem o tamanho da residência, o tempo de recuperação do valor investido, o tempo de vida útil dos equipamentos utilizados, as condições climáticas da região e a não responsabilidade da companhia que fornece energia elétrica caso algum item estrague.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo de caso mostram que para utilização eficiente da energia na iluminação, a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas ou LED é uma alternativa que proporciona uma redução dos gastos com energia elétrica com um rápido tempo de retorno do valor investido na compra dessas lâmpadas.

Ainda na iluminação, o cálculo luminotécnico se mostrou importante para avaliar o nível de luminosidade ideal para cada cômodo da residência, avaliando se havia alguma lâmpada com uma potência desnecessária para o ambiente, constatando que a troca de lâmpadas incandescentes por LED atingia as necessidades de iluminância de cada cômodo com uma menor potência.

Para os eletrodomésticos foi verificado que os programas brasileiros em eficiência energética são importantes na hora de realizar a compra de algum equipamento, visto que através do estudo de caso foi constatado que a escolha de equipamentos mais eficientes tem uma grande contribuição na redução de gastos com energia elétrica.

Como fonte alternativa de energia foi proposta à implementação de um sistema de aquecimento solar de água, que através do estudo de caso mostrou-se uma grande alternativa, com um retorno do valor investido em um tempo que depende do consumo com energia elétrica do chuveiro.

Também foi proposto um sistema fotovoltaico de geração de energia que por sua vez, apresentou um alto custo de investimento, com um longo tempo de retorno do valor investido. Como dito no estudo de caso, para instalação de sistemas fotovoltaicos deve sempre ser levado em conta fatores como o potencial da área onde será instalado o sistema, prédio alto ou previsões de construções ao redor que ultrapassem o tamanho da residência, o tempo de recuperação do valor investido, o tempo de vida útil dos equipamentos utilizados, as condições climáticas da região e a não responsabilidade da companhia que fornece energia elétrica caso algum item estrague.

Os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos com o presente estudo, sendo importante para o melhor entendimento de Eficiência Energética no âmbito residencial.

#### **4.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros pode-se fazer um gerenciamento dos sistemas dimensionados, como um monitoramento da temperatura da água de um boiler, nível de radiação que chega nas placas fotovoltaicas, energia gerada pelos módulos fotovoltaicos , nível de carga de bateria da bateria, enviando esses dados para uma central de gerenciamento e assim identificar o problema caso o sistema não esteja funcionando adequadamente.

## REFERÊNCIAS

ALIEXPRESS. Loja Virtual. Disponível em: <[http://pt.aliexpress.com/store/product/Inversor-3000w-Off-Grid-12v-Ou-24v-110v-220v-Senoidal-Pura-CTP-3000W/216570\\_32480601306.html?storeId=216570/](http://pt.aliexpress.com/store/product/Inversor-3000w-Off-Grid-12v-Ou-24v-110v-220v-Senoidal-Pura-CTP-3000W/216570_32480601306.html?storeId=216570/)>. Acesso em 20 jan. 2016.

ALVARENGA, Carlos Alberto. **O Módulo Fotovoltaico para gerador solar de eletricidade**. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br/files/Modulo-Fotovoltaico-Solenerg.pdf/>>. Acesso em 10 jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (ABESCO). Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/>>. Acesso em 01 dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BORTONI, E. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas, SP: UNIFEI, 2012.

BRASIL. Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário oficial da República federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 de out. 2001. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm/)>. Acesso em 02 dez. 2015.

CASTRO, D. F. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS**. 2015. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CLARITEK. Temperatura de cor e sua aplicação. Disponível em: <<http://claritek.com.br/blog/tag/ambiente/>> Acesso em 11 dez. 2015.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/>>. Acesso em 09 dez. 2015.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). Tarifas. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras\\_tarif%C3%A1rias.aspx/](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx/)>. Acesso em 17 dez. 2015.

DASOL. Aquecimento Solar. Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br/2015/07/aquecimento-solar-uma-economia-de-ate-30-na-conta-de-luz/>>. Acesso em 27 dez. 2015.

DUALIBE, Paulo. **Capacitores: Instalação e Correção de Fator de Potência**. Rio de Janeiro, RJ: CEFET/RJ, 2000. Disponível em: <<http://www.uff.br/lev/downloads/apostilas/Capacitores.pdf/>>. Acesso em 09 dez. 2015.

ECOCASA. Iluminação – Tipo de lâmpadas. Disponível em: <[http://www.ecocasa.pt/energia\\_content.php?id=1/](http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=1/)> Acesso em 14 dez. 2015.

ELECTRONICA. Pannel Solar Fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/pannel-solar-fotovoltaico/>>. Acesso em 15 fev. 2016

ELETROBRAS CEPEL. Módulo Fotovoltaico. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/afermartins/casasolar2011/>>. Acesso em 17 jan. 2016.

EMPALUX. Informações Luminotécnicas. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=1/>> Acesso em 14 dez. 2015.

ENERGY SHOP. Loja Virtual. Disponível em: <<http://www.energyshop.com.br/>>. Acesso em 10 jan. 2016.

ENERGY STAR. Selo Energy Star. Disponível em: <<https://www.energystar.gov/>>. Acesso em 17 dez. 2015.

FLC. Produtos. Disponível em: <<http://www.flc.com.br/>>. Acesso em 07 dez. 2015

FULL GAUGE. Termostato. Disponível em: <<http://www.fullgauge.com.br/produto-microsol-swp-advanced/>>. Acesso em 03 jan. 2016.

GREEN QUALY. Consumo Eficiente de Energia. Disponível em: <<http://greenqualy.com/tecnologia/consumo-eficiente-de-energia/>> Acesso em 15 dez. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://www2.inmetro.gov.br/pbe/>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

IWASHITA, Juliana. Crise do petróleo. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/colunistas/juliana-iwashita/1278-os-regulamentos-de-eficiencia-energetica-se-pagam.html/>>. Acesso em 07 dez. 2015.

JÚNIOR, R. C. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: consumo e geração de energia**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

LAMBERTS, R. et al. **Projeto casa eficiente: Demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar**. Florianópolis, SC: UFSC/LabEEE, 2006.

LEROY MERLIN. Loja Virtual. Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/lampadas/>> Acesso em 14 dez. 2015.

LUME ARQUITETURA. **Reatores: A importância do equipamento auxiliar**. 2015. Disponível em: <<http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/Reatores.pdf/>>. Acesso em 16 dez. 2015.

LUMIDEC. **Lumidec Iluminação: Informações Técnicas**. 2015. Disponível em: <[http://www.lumicenteriluminacao.com.br/arquivos/info\\_tecnicas\\_lumidec.pdf](http://www.lumicenteriluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumidec.pdf)>. Acesso em 11 dez. 2015.

MENDES, M. D. C. **Elaboração de critérios para o desenvolvimento de edificações eficientes**. 2014. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

MINHA CASA SOLAR. Loja Virtual. Disponível em: <<https://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br/>>. Acesso em 02 fev. 2016

NEO SOLAR. Loja Virtual. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/bateria-estacionaria-freedom-df4001-240ah-220ah.html/>>. Acesso em 27 jan. 2016.



OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático da OSRAM**. 2011. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2015.

OSRAM. Produtos. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em 10 dez. 2015.

PEREIRA, F. A. S.; OLIVEIRA, M. A. S. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. **Publindústria, Portugal**, 2011.

PINHO, J.; GALDINO, A. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESEB, 2014.

PÓVOA, M. C. B. L. **Fatores de Influência na Eficiência Energética**. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Resultados Procel 2015**. São Paulo: PROCEL, 2015. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel\\_procel2015\\_web.pdf?1/](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel_procel2015_web.pdf?1/)>. Acesso em 08 dez. 2015.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Selo PROCEL. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D/>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

REAL SOLAR. Sistema Fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.realwatt.com.br/como-funciona.php/>>. Acesso em 02 fev. 2016

REVISTA GALILEU. Painéis Solares. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI334255-17770,00-COMPENSA+INSTALAR+UM+PAINEL+SOLAR.html/>>. Acesso em 20 jan. 2016.

SALUM, Luciano Jorge Barreto. **Energia Eficaz**. Rio de Janeiro, MG: CEMIG, 2005.

SINDICO NET. Sensores de presença. Disponível em: <<http://www.sindiconet.com.br/6915/Informese/Economia-de-energia/Minuterias-e-sensores-de-presena/>>. Acesso em 18 dez. 2015.

SOLARTEC. Instalação Aquecedor Solar. Disponível em: <<http://www.solartec.com.br/instalacao-de-aquecedor-solar//>>. Acesso em 15 fev. 2016

VIDA SOLAR. Aquecedor solar de água. Disponível em: <<http://www.vidasolar.com.br/funcionamento-do-aquecedor-solar-de-agua/>>. Acesso em 28 dez. 2015.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo: Editora Érica, 2012.

WEG S.A. Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.weg.net/eficiencia-energetica/>>. Acesso em 01 dez. 2015.

WEG S.A. **Manual para Correção do Fator de Potência**. 2015. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf/>>. Acesso em 09 dez. 2015.