



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MANOEL RUBEM AMORIM

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL: UM ESTUDO DE CASO

FORTALEZA

2020

MANOEL RUBEM AMORIM

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A544e Amorim, Manoel Rubem.

Eficiência energética residencial : um estudo de caso / Manoel Rubem Amorim. – 2020.
116 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

1. Eficiência. 2. Energia. 3. Eusébio. 4. Residência. 5. Auditoria Energética. I. Título.

CDD 621.3

MANOEL RUBEM AMORIM

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. MSc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Alan Batista de Oliveira

À todos que acreditaram na minha caminhada e
que contribuíram para meu aprendizado pessoal
e profissional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Laudenor Diniz Amorim e Gilda Maria da Silva e meus irmãos Laudenor Amorim e Gilda Celeste Amorim por todos os conselhos e apoio necessários à minha formação pessoal e profissional.

À minha companheira Melina, pelo apoio frente à todas as dificuldades enfrentadas durante a minha graduação.

Ao Prof. Raphael Amaral da Câmara pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores do DEE, Fernando Antunes, Wilkley Correia, Laurinda dos Reis, Cícero Cruz, Raimundo Sampaio, José Almeida, René Bascopé, Sérgio Daher, por toda a sua disponibilidade, conversas e oportunidades oferecidas durante minha graduação.

Aos técnicos e ex-técnicos do DEE, Ernande Eugênio Campelo Moraes, Eliézer Brandão, João Gleidson da Rocha Mota, Jorge Antônio Moraes Silveira, Pedro Augusto De Oliveira.

Aos secretários e ex-secretários do DEE, Adely Ribeiro Meira Corrêa, Emiliano Santos e Isabel Moraes, por todas as assistências prestadas.

Ao Doutor em Engenharia Elétrica, Ednardo Moreira Rodrigues, e o Engenheiro Eletricista Alan Batista de Oliveira, pela adequação do *template* utilizado neste trabalho para que o mesmo ficasse de acordo com as normas da biblioteca da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Aos meus amigos do curso de Engenharia Elétrica.

Aos meus colegas de trabalho da Carmehil, meus gestores, Aline, Jean, Antônio Queiroz, Lorentz e Rickardo.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

(Nikola Tesla)

RESUMO

Em uma sociedade cada vez mais tecnológica e desenvolvida, é natural observar o crescimento no consumo de energia, que traz consigo aumento em desperdício. A utilização de recursos e equipamentos obsoletos, o comportamento do consumidor, falta de políticas e incentivos à eficiência energética estão entre os principais tópicos. Ainda mais importante, na indústria, mesmo com a recessão, a produção diminuiu, mas não diminuiu o consumo em larga escala, produz-se menos, consome-se quase o mesmo. O trabalho apresenta então um Estudo de Caso de eficiência energética de uma residência, mostrando os problemas encontrados e propondo soluções adequadas. A forma mais comum de se resolver problemas de eficiência, é por meio de uma auditoria, pois esta, caracterizará a partir da vistoria da instalação, o consumo, a demanda, o faturamento de energia, analisará processos, fluxo energético, dentre outros, visando reduzir gastos e aumentar a durabilidade do sistema de maneira mais otimizada. Após sugestão de ajuste no comportamento dos consumidores e na realização de troca de alguns equipamentos obsoletos, tais como geladeira, freezer, lâmpadas e equipamentos sanitários, verificou-se uma economia mensal significativa, por volta de 100 R\$, além também de uma economia significativa de água.

Palavras-chave: Eficiência. Energia. Eusébio. Residência. Auditoria Energética

ABSTRACT

In an increasingly technological and developed society, it is natural to observe the growth in energy consumption, which brings an increase in waste. The use of obsolete resources and equipment, consumer behavior, lack of incentives and energy efficiency policies are among the main topics. Even more important, in industry, even with the recession, production decreases, but consumption on a large scale does not decrease, less production is produced, almost the same consumption is consumed. The work then presents a case study of energy efficiency of a residence, showing the problems encountered and proposing appropriate solutions. The most common way to solve efficiency problems is through an audit, as this will characterize, from the inspection of the installation, consumption, demand, energy billing, analyze processes, energy flow, among others, aiming reduce expenses and increase system durability in a more optimized way. After suggesting changes in consumer behavior and the replacement of some obsolete equipment, such as refrigerator, freezer, lamps and sanitary equipment, significant monthly savings were found, around 100 R\$, in addition to significant savings of Water.

Keywords: Efficiency. Energy. Eusébio. Residence. Energy Audit

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade per capita	18
Figura 2 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade no mundo	19
Figura 3 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade por setor no mundo	20
Figura 4 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade por setor no Brasil	20
Figura 5 – Matriz Energética Mundial em 2016. Dados IEA (2018)	22
Figura 6 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca da matriz elétrica mundial, geração por fonte	23
Figura 7 – Matriz Energética Brasileira 2017	24
Figura 8 – Matriz Elétrica Brasileira 2018	25
Figura 9 – Comparação da utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo:	25
Figura 10 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	26
Figura 11 – Fluxo de Energia Elétrica BEN 2019 - Valores em TWh	27
Figura 12 – Evolução das Perdas de Energia no Brasil	28
Figura 13 – Participação de renováveis na matriz energética atual do Brasil e do Mundo	29
Figura 14 – Repartição de ‘lixívia e outras renováveis’ na Oferta Interna de Energia	30
Figura 15 – Eficiência de Painéis Fotovoltaicos	31
Figura 16 – The 2018 International Energy Efficiency Scorecard	32
Figura 17 – Etapas dos projetos do PEE Vigência 05/11/2018)	35
Figura 18 – Selo ENERGY STAR	37
Figura 19 – Selos PROCEL e CONPET	39
Figura 20 – Etiqueta ENCE	40
Figura 21 – Esquema simplificado de um sistema organizado de gestão energética	43
Figura 22 – Eficiência Luminosa em lm/W para vários tipos de lâmpadas.	45
Figura 23 – Parâmetros da Luminância	46
Figura 24 – Exemplo de ar Condicionado com o selo PROCEL	48
Figura 25 – Etiqueta ENCE para o mesmo Ar Condicionado	48

Figura 26 – Sistema de Aquecimento a base de coletor solar	51
Figura 27 – Sistema de Aquecimento a Gás	51
Figura 28 – Desenvolvimento de um roteiro prático para uma auditoria energética	54
Figura 29 – Tarifas ENEL-CE	56
Figura 30 – Modelo de Triângulo de Potências	57
Figura 31 – Quadro de Distribuição	60
Figura 32 – Válvula Hydra	62
Figura 33 – Caixa Acoplada	63
Figura 34 – Modelo de Ar Condicionado da Residência Analisada	64
Figura 35 – Quadro de Distribuição	71
Figura 36 – Resistências e Reatâncias de Fios e Cabos Isolados em PVC, XLPE e EPR em condutos fechados	73
Figura 37 – Valores aproximados da corrente de curto-circuito no secundário de transfor- madores	75
Figura 38 – Tela Inicial do <i>software</i> da PROCOBRE	78
Figura 39 – Dados Gerais para o Dimensionamento	79
Figura 40 – Tabela de Custos Média	79
Figura 41 – Resultado Dimensionamento Econômico e Ambiental	80
Figura 42 – Modelo de Caixa Acoplada Mari Louças	84
Figura 43 – Modelo de Caixa Acoplada Harpic Celite	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de Lâmpadas e Tomadas de Uso Geral e Específico	60
Tabela 2 – Tipos de Lâmpadas da Residência e Potências	64
Tabela 3 – Memorial de Consumo de Equipamentos	66
Tabela 4 – Análise Luminotécnica	67
Tabela 5 – Lâmpadas Adotadas	68
Tabela 6 – Potência de Iluminação	68
Tabela 7 – Distribuição de Tomadas Estimada	69
Tabela 8 – Distribuição de Tomadas Adotada	69
Tabela 9 – Distribuição de TUE's Adotada	70
Tabela 10 – Seção por Capacidade de Condução	72
Tabela 11 – Seção por Queda de Tensão	74
Tabela 12 – Seção por Critério de Curto Circuito	76
Tabela 13 – Resultado das Resultado das Seções - Após Critérios da NBR5410	77
Tabela 14 – Comparativo Lâmpadas Fluorescentes e LED	81
Tabela 15 – Substituição das Lâmpadas Fluorescentes por LED	81
Tabela 16 – Substituição Lâmpadas Projeto Luminotécnico	82
Tabela 17 – Descrição de Equipamentos e Consumo Atuais dos Sanitários	83
Tabela 18 – Consumo dos Sanitários após Troca de Equipamentos	83
Tabela 19 – Economia em dinheiro após Troca de Equipamentos	83
Tabela 20 – Retorno de Investimento por Payback Simples	83
Tabela 21 – Consumo de água por chuveiros	85
Tabela 22 – Economia de água por chuveiros	85
Tabela 23 – Comparação da Troca de Geladeira e Freezer	86
Tabela 24 – Consumo de Energia Elétrica por chuveiros	86
Tabela 25 – Economia Proposta - Chuveiros	86
Tabela 26 – Economia Total	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural
DDR	Disjuntor Diferencial Residual
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE,2020	Empresa de Pesquisa Energética
EPIs	Indicadores de Desempenho Energético
ESCOS	Empresas de serviços de conservação de energia
ICA	Internacional Copper Association
IDR	Interruptor Diferencial Residual
IEA,2020	International Energy Agency
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
ktoe	kilotonelada de óleo equivalente
MME	Ministério de Minas e Energia
MWh	Mega-Watt-hora
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Energia
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL EDIFICA	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
PROCOBRE	Instituto Brasileiro do Cobre
PROPEE	Programa de Eficiência Energética
SGen	Sistema de Gestão de Energia
TUE's	Tomadas de Uso Específico
TUG's	Tomadas de Uso Geral

TWh

Tera-Watt-hora

LISTA DE SÍMBOLOS

A_e	Área efetiva da antena
β	Ângulo Sólido da Superfície Iluminada
E	Iluminância
FP	Fator de Potência
I	Intensidade Luminosa
I_{cc}	Corrente curto-circuito presumida em kA
I_p	Corrente de Projeto
η	Eficiência Luminosa
L_c	Comprimento do Circuito
N_{cp}	Número de Condutores em Paralelo
P_c	Potência Consumida
R_c	Resistência do Cabo
S_o	Área de Superfície
S	Potência Aparente
t_e	Tempo de operação do disjuntor
T_i	Temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação.
T_f	Temperatura máxima de curto-circuito suportada pela isolamento do condutor
V_L	Tensão de Linha
X	Reatância do Cabo
ϕ	Ângulo do Fator de Potência
ψ	Fluxo Luminoso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivo Geral	21
1.2	Objetivos Específicos	21
2	ESTUDO DO CENÁRIO ENERGÉTICO	22
2.1	Matriz Energética (visão geral)	22
2.1.1	<i>Matriz Energética Mundial</i>	22
2.1.2	<i>Matriz Energética Brasileira</i>	23
2.2	O uso da energia elétrica no Brasil	24
2.2.1	<i>Oferta</i>	26
2.2.2	<i>Consumo</i>	26
2.2.3	<i>Perdas</i>	27
2.2.4	<i>Participação de renováveis na matriz energética atual do Brasil e do Mundo</i>	28
2.3	Crise Energética	29
3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	31
3.1	Eficiência Energética no Mundo	32
3.2	Eficiência Energética no Brasil	32
3.2.1	<i>Lei de eficiência energética - LEI Nº 10.295, DE 17 DE OUTUBRO DE 2001</i>	33
3.2.2	<i>Empresas de serviços de conservação de energia (ESCOS)</i>	33
3.2.3	<i>Órgãos Reguladores</i>	34
3.2.3.1	<i>Programa de Eficiência Energética - ANEEL</i>	34
3.3	Selos certificadores e Programas do Governo Brasileiro	35
3.3.1	<i>ENERGY STAR</i>	35
3.3.2	<i>Etiqueta ENCE, CONPET e PROCEL</i>	36
3.3.3	<i>PROCEL EDIFICA</i>	39
3.3.4	<i>Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)</i>	40
3.4	ABESCO	41
3.5	ISO 50001: 2018 – Sistema de Gestão de Energia	41
4	GERENCIAMENTO ENERGÉTICO	43
4.1	Auditoria Energética	43

4.1.1	<i>Sistema de Iluminação</i>	44
4.1.2	<i>Força Motriz (Motores, Bombas, Compressores e outros equipamentos)</i> . .	47
4.1.3	<i>Sistemas de Climatização e Refrigeração</i>	47
4.1.4	<i>Sistemas de Ar Comprimido</i>	49
4.1.5	<i>Produção de Água Quente</i>	49
4.1.6	<i>Dimensionamento econômico e ambiental dos condutores</i>	52
4.1.7	<i>Requerimentos para uma auditoria energética</i>	52
4.1.8	<i>Desenvolvimento de um Roteiro Prático para uma Auditoria Energética</i> . .	53
5	GERENCIAMENTO DE CONTAS DE ENERGIA	55
5.1	Análise Tarifária	55
5.2	Fator de Potência	56
6	ESTUDO DE CASO	58
6.1	Apresentação	58
6.2	Vistoria Técnica - Análise	58
6.2.1	<i>Instalação Elétrica</i>	58
6.2.2	<i>Instalação Hidrossanitária</i>	61
6.2.3	<i>Iluminação</i>	63
6.2.4	<i>Condicionadores de Ar</i>	63
6.3	Memorial Descritivo de Consumo	65
7	APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O CASO BASE	67
7.1	Dimensionamento de Cargas e Circuitos	67
7.1.1	<i>Dimensionamento dos Condutores e da Proteção</i>	72
7.1.1.1	<i>Capacidade de Condução</i>	72
7.1.1.2	<i>Critério de Queda de Tensão</i>	72
7.1.1.3	<i>Critério de Curto-Circuito</i>	75
7.1.1.4	<i>Análise Econômica e Ambiental para os Condutores</i>	77
7.2	Análise Luminotécnica	81
7.3	Análise Instalações Hidrossanitárias	82
7.4	Substituição de Equipamentos para redução do consumo	85
7.5	Ajuste do Comportamento dos Consumidores	86
7.6	União dos dados obtidos	88

8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	89
	REFERÊNCIAS	90
	APÊNDICES	93
	APÊNDICE A – Planta Baixa da Residência	93
	APÊNDICE B – Relatório Fotográfico da Vistoria	95
	APÊNDICE C – Dados Complementares Software PROCOBRE	100
	APÊNDICE D – Manual - Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores	108
	ANEXOS	116
	ANEXO A – Conta de Energia - Novembro	116
	ANEXO B – Conta de Energia - Dezembro	117

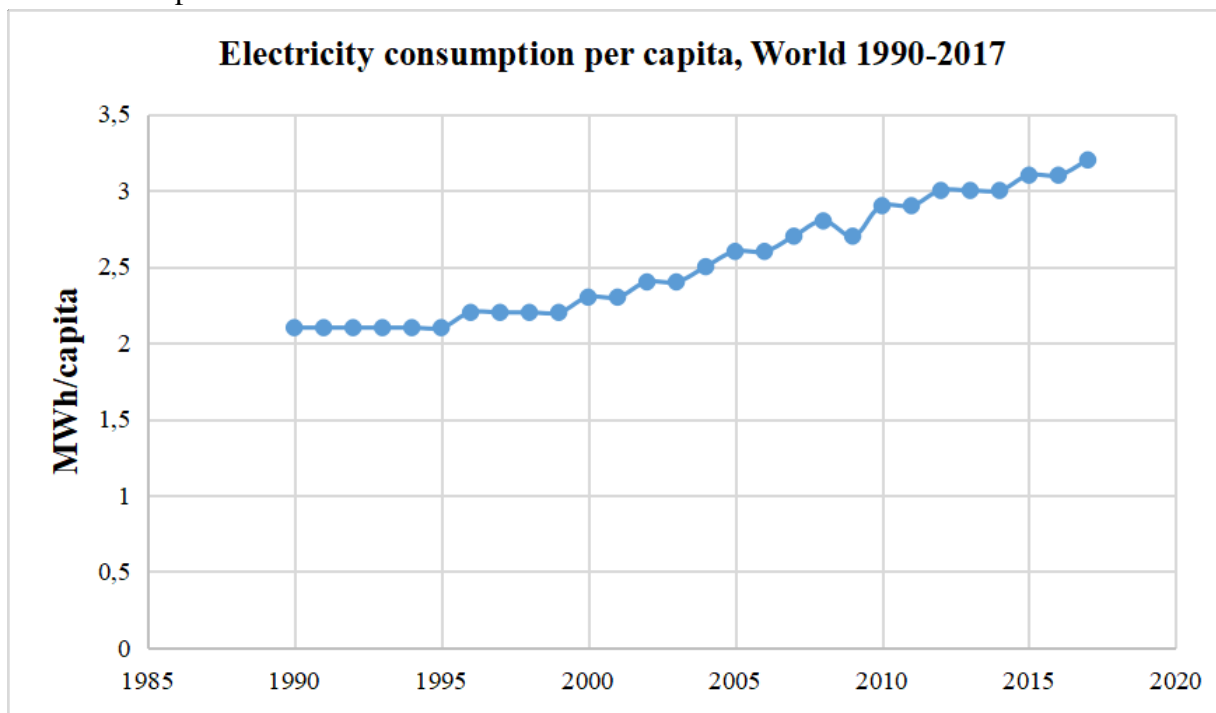
1 INTRODUÇÃO

Eficiência é a capacidade de desempenhar adequadamente uma competência ou de realizar um trabalho de forma satisfatória, utilizando os recursos disponíveis da melhor forma possível, diminuindo custos, tempo, perdas e principalmente, evitando o desperdício.

Logo, eficiência energética está diretamente relacionada à quantidade e a utilização de energia para uma determinada atividade.

Energia é um fator determinante para o desenvolvimento de uma sociedade, dados da International Energy Agency (IEA,2020), presentes na Figura 1, mostram que em 1990 o consumo de energia per capita era de 2,1 Mega-Watt-hora (MWh), já em em 2017, de 3,2 MWh, isto é, um crescimento de 52,38% em 28 anos.

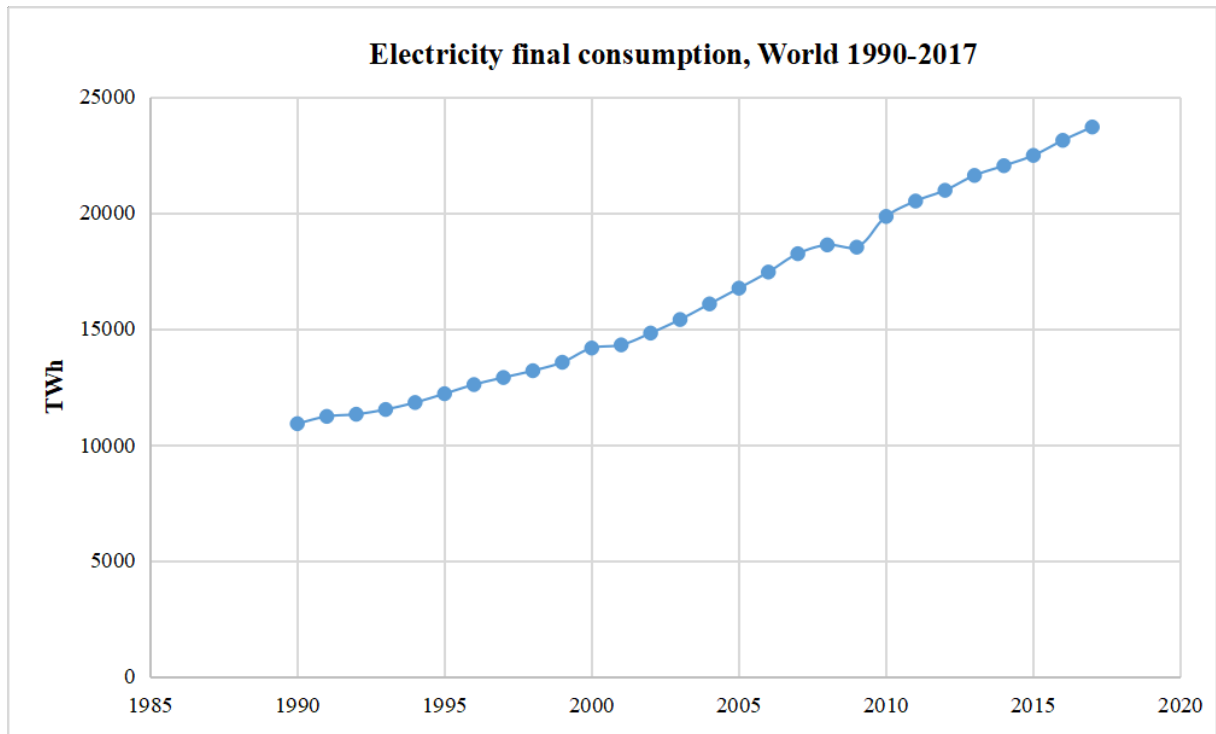
Figura 1 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade per capita



Fonte: (IEA, 2020)

Além desse consumo de energia per capita, temos o panorama da evolução de demanda de energia mostrado na Figura 2, retratam, que em 1990 era de 10.901 Tera-Watt-hora (TWh) e em 2017 era de 23696 TWh, um crescimento de impressionantes 217,37%, este crescimento é devido ao descobrimento de novas tecnologias, processos de manufatura, otimização da produção e a presença massiva da automação industrial.

Figura 2 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade no mundo



Fonte: (IEA, 2020)

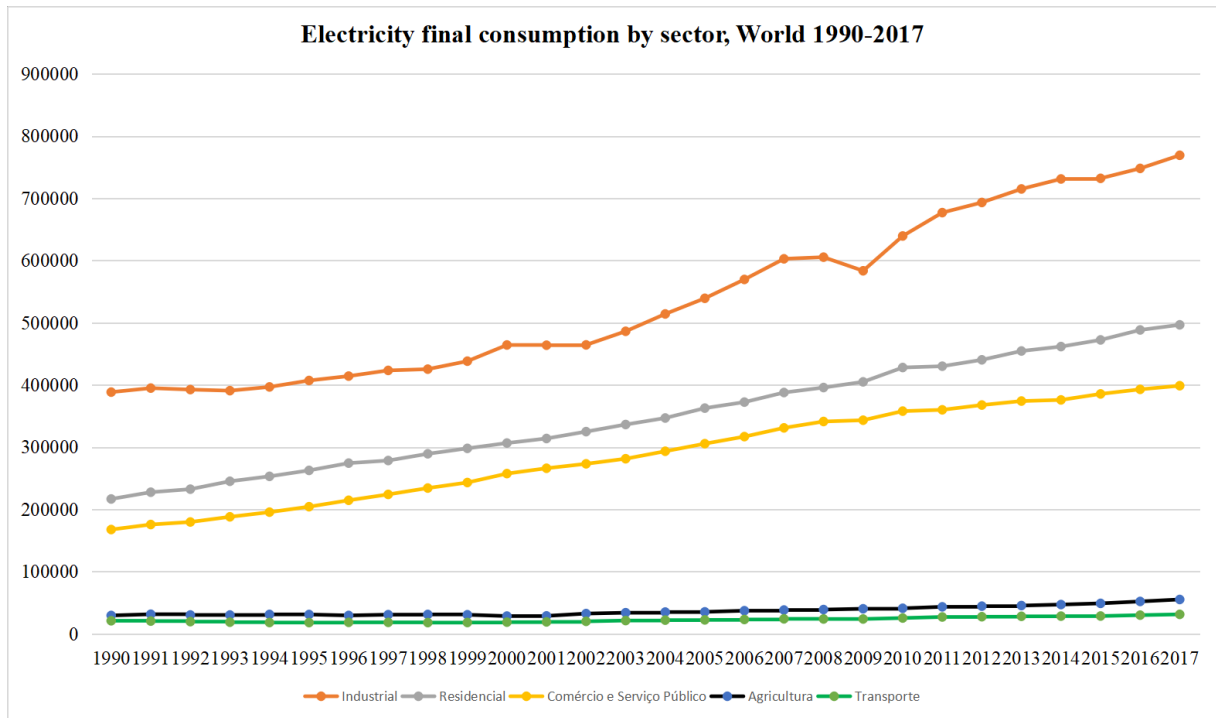
O consumo de energia no mundo por setor é então mostrado na Figura 3, para o mesmo período.

A maior parte dos equipamentos elétricos e eletrônicos, veículos dos sistemas rodoviário, ferroviário e hidroviário, linhas de produção, presentes hoje no mercado são derivadas de um período no qual questões ambientais e eficiência energética não eram levadas em consideração.

Isso significa que o mercado está cheio de oportunidades de trabalho e com graves desperdícios de energia. Tal motivação é a suficiente para um empresário reavaliar seus custos e buscar a melhoria contínua de sua empresa / indústria, além disso, devido às preocupações com o meio ambiente, tais como a extinção de recursos naturais, e a poluição, tornar processos eficientes é a melhor alternativa, além de servir de marketing para a reputação das empresas / indústrias.

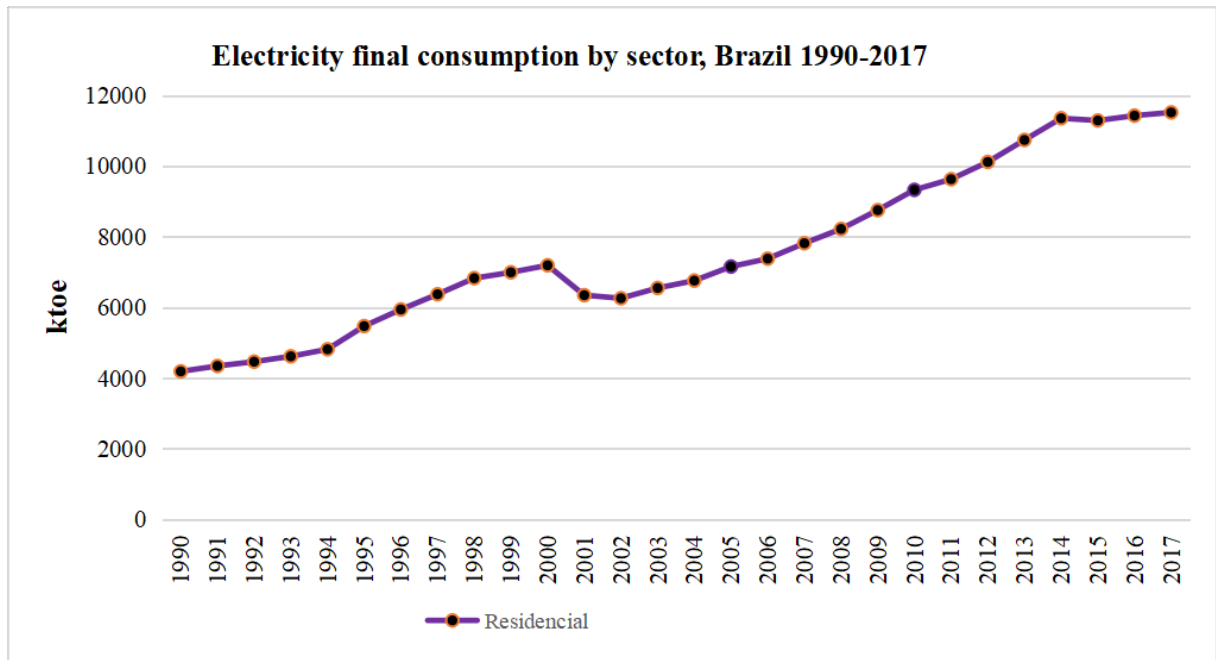
Outra estatística importante de ser analisada é o consumo residencial brasileiro, mostrado na Figura 4, o qual obteve um crescimento de 275,27%, saltando de 4185 kilotonelada de óleo equivalente (ktoe) para 11520 ktoe . Sendo esta categoria o objeto de estudo deste trabalho.

Figura 3 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade por setor no mundo



Fonte: (IEA, 2020)

Figura 4 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca do consumo de eletricidade por setor no Brasil



Fonte: (IEA, 2020)

1.1 Objetivo Geral

Em um contexto de evolução no preço das tarifas de energia, procura por fontes de energia alternativas, preocupação com a redução de insumos e também com as mudanças climáticas geradas pela emissão de gases estufa, este trabalho tem por objetivo geral realizar estudo de eficiência energética em uma residência localizada no Município de Eusébio-CE de modo a demonstrar a economia e os benefícios da realização de uma auditoria energética.

1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar embasamento que justifique o estudo e a importância da eficiência energética.
- Demonstrar por meio de um roteiro prático como realizar uma auditoria energética, com foco especial de uma residência.
- Apresentar os programas, empresas, e órgãos reguladores que tratem de eficiência energética.

2 ESTUDO DO CENÁRIO ENERGÉTICO

2.1 Matriz Energética (visão geral)

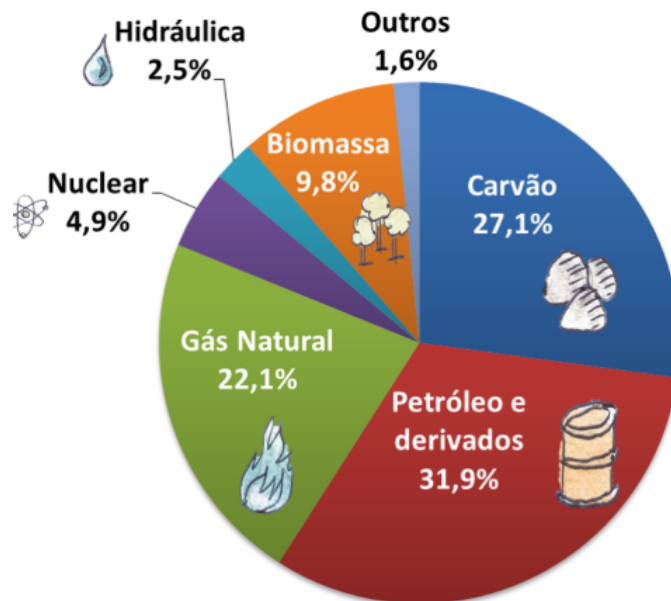
Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE,2020), a energia vem de um conjunto de fontes que formam o que chamamos de matriz energética. Ou seja, ela representa o conjunto de fontes disponíveis em um país, estado, ou no mundo, para suprir a necessidade (demanda) de energia.

Esse conjunto de fontes pode ser representado por diversas situações, a combustão de carvão ou derivados de petróleo em veículos automotores, máquinas a vapor, fissão nuclear, aproveitamento de energia potencial em quedas d'água como força motriz de turbinas, dentre outras.

2.1.1 Matriz Energética Mundial

O mundo possui uma matriz energética composta, principalmente, por **fontes não renováveis**, como o carvão, petróleo e seus derivados e gás natural, conforme mostrado na Figura 5. O setor “outros” no gráfico corresponde às demais fontes de energias renováveis, excluindo hidráulica e biomassa, que somadas correspondem em torno de 14%.

Figura 5 – Matriz Energética Mundial em 2016. Dados IEA (2018)



Matriz Energética Mundial 2016 (IEA, 2018)

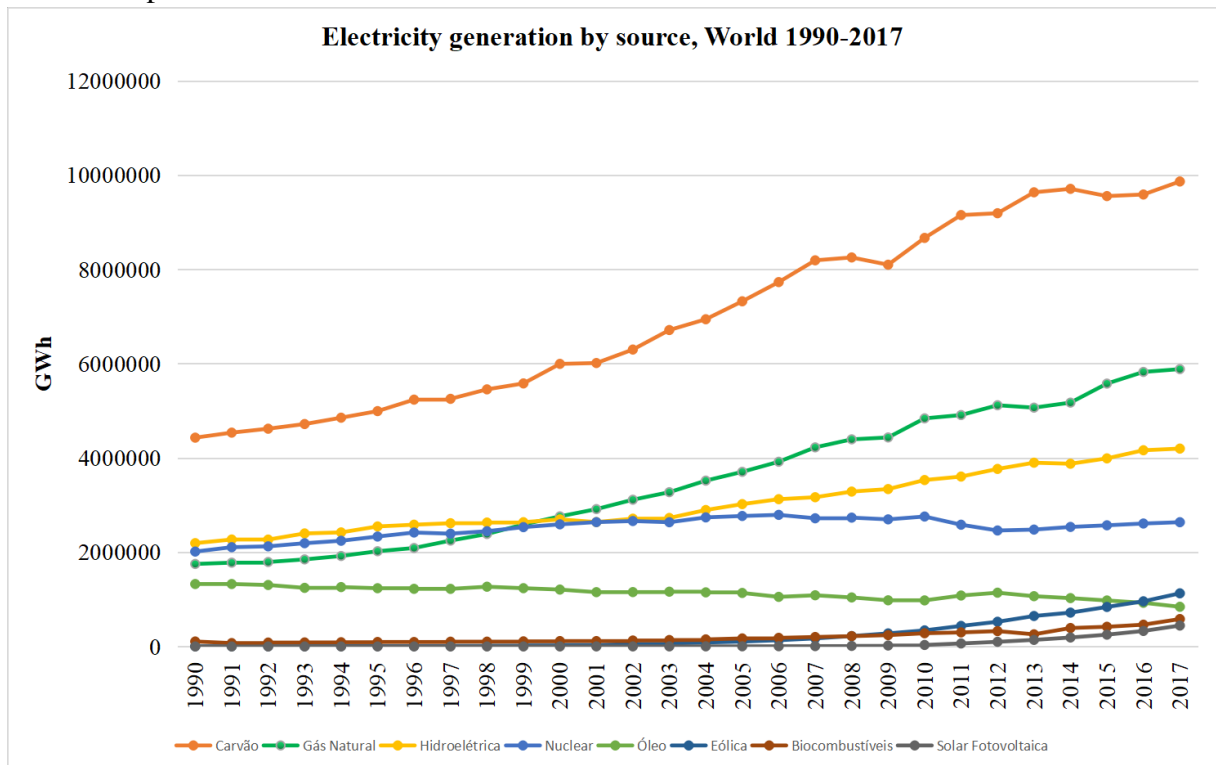
Fonte: (IEA,2018)

A partir destas fontes de energia, pode-se então produzir eletricidade, compondo então a chamada Matriz Elétrica. A geração de energia elétrica no mundo é predominantemente realizada por combustíveis de origem fóssil.

A crescente demanda por energia permitiu que as soluções de geração a Gás e a Diesel se tornassem cada vez mais populares em todo o mundo. (MAN Energy Solutions Brasil, 2020)

A Figura 6 mostra a geração de eletricidade por fonte de energia no período de 1990 a 2017 no mundo.

Figura 6 – Gráfico gerado a partir dos dados da IEA acerca da matriz elétrica mundial, geração por fonte



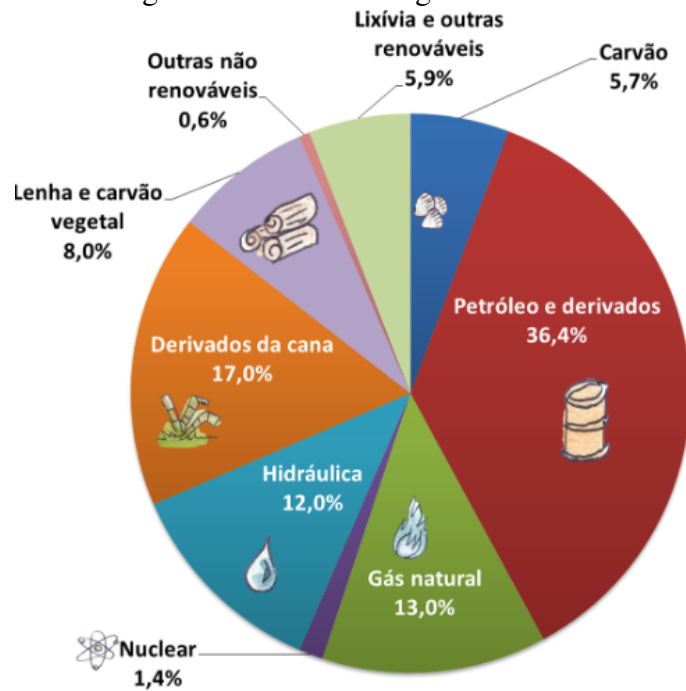
Fonte: (IEA, 2020)

2.1.2 Matriz Energética Brasileira

O Brasil contempla uma realidade diferente da matriz mundial, segundo a EPE, no Balanço Energético Nacional (BEN) de 2018 EPE BEN (2018), somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 42,9%, quase metade da nossa matriz energética como mostrado na Figura 7.

Isto representa um volume importante tratando-se de gases do efeito estufa, devido

Figura 7 – Matriz Energética Brasileira 2017



Matriz Energética Brasileira 2017 (BEN.2018)

Fonte: (BEN, 2018)

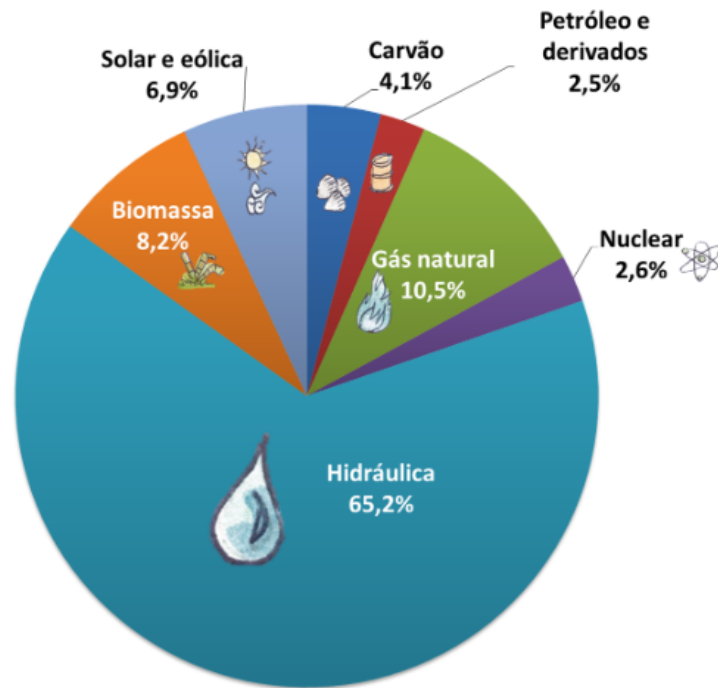
ao fato de que o Brasil emite menos gases estufa por habitante que a maior parte dos países do globo.

Como discutido anteriormente, desta matriz se produz energia elétrica, no entanto, o Brasil priorizou a construção de Hidroelétricas em função de suas bacias hidrográficas, levando o país a ter uma matriz elétrica mais renovável que a própria matriz energética, conforme mostrado nas Figuras 8 e 9.

2.2 O uso da energia elétrica no Brasil

Esta Seção tem por objetivo caracterizar a oferta, o consumo, as perdas de energia e também estabelecer uma comparação da participação de energias renováveis na matriz energética do Brasil e do mundo.

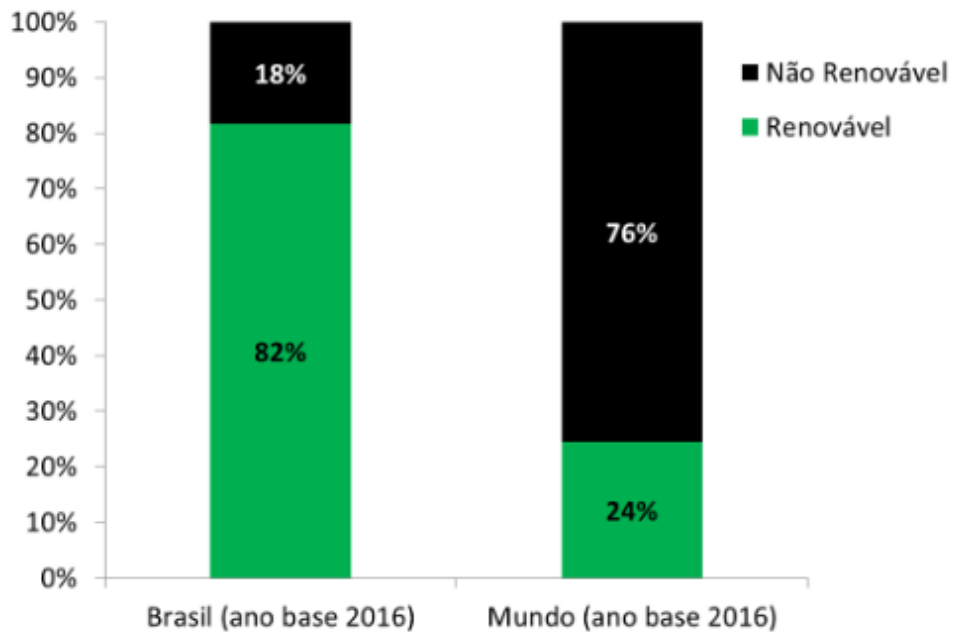
Figura 8 – Matriz Elétrica Brasileira 2018



Matriz Elétrica Brasileira 2017 (BEN, 2018)

Fonte: (BEN, 2018)

Figura 9 – Comparação da utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo:



Fonte: (ABC de Energia EPE, 2020)

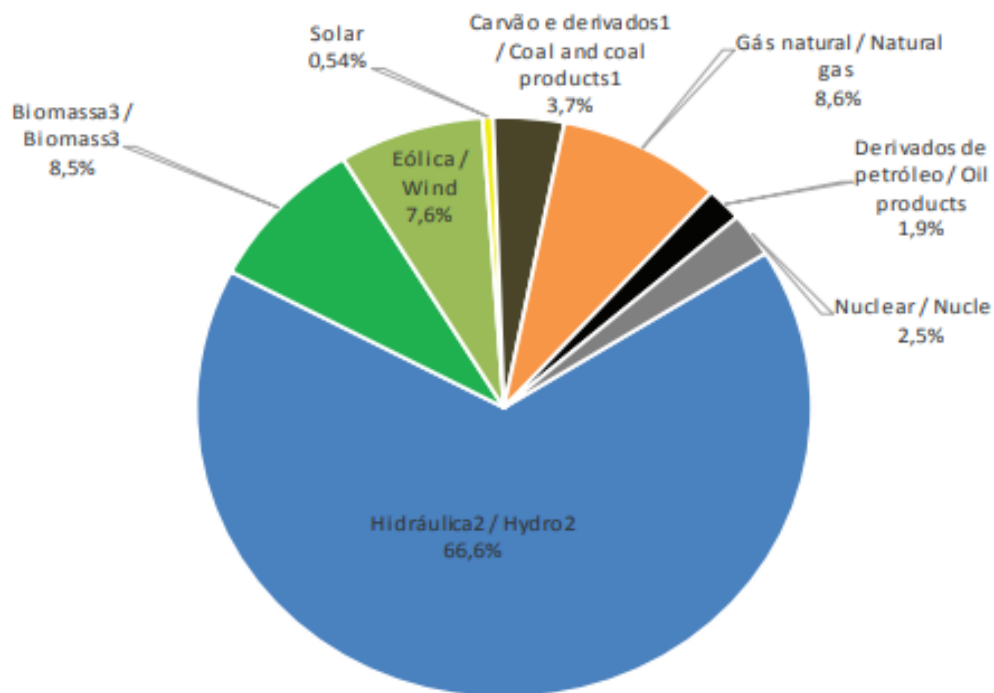
2.2.1 Oferta

Para caracterizar a oferta de energia elétrica no Brasil, pode-se destacar os dados obtidos a partir do (EPE BEN, 2019):

No caso da energia elétrica verificou-se um avanço na oferta interna de 10,7 TWh (1,7%) em relação a 2017. Devido às condições hidrológicas favoráveis, houve aumento de 4,1% da energia hidráulica disponibilizada em relação ao ano anterior. A participação de renováveis na matriz elétrica atingiu 83,3% em 2018. A geração eólica atingiu 48,5 TWh, crescimento de 14,4%. A potência eólica alcançou 14.390 MW, expansão de 17,2%.

Temos que a oferta interna de energia elétrica por fonte pode então ser observada na Figura 10:

Figura 10 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte



Fonte: (BEN, 2019)

2.2.2 Consumo

Nas duas últimas décadas houve forte estímulo a micro e a mini geração distribuída, com destaque para a geração solar fotovoltaica.

De acordo com (EPE BEN, 2019):

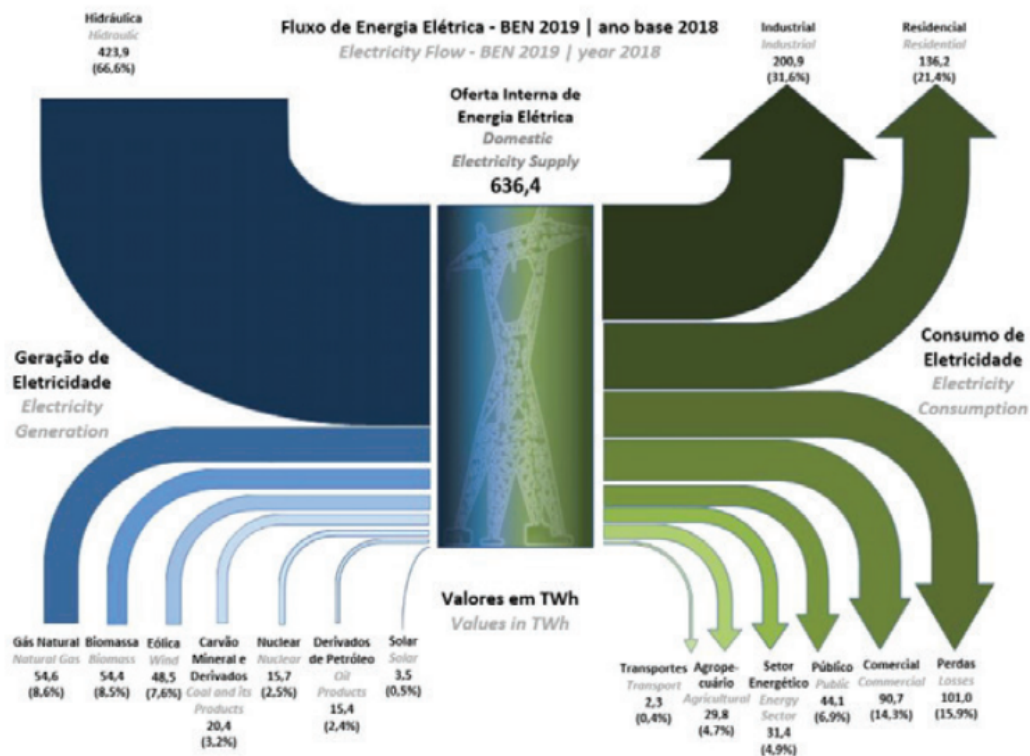
O consumo final de eletricidade no país em 2018 registrou uma progressão de 1,4%. Os setores que mais contribuíram para este aumento em valores absolutos

foram o Residencial que expandiu o seu consumo em 1,8 TWh (+1,3%), seguido pelo Energético que cresceu 1,7 TWh (+5,4%), Industrial 1,2 TWh (+0,6%) e o Agropecuário 1,1 TWh (+3,9%).

:

Ainda, o fluxo de Energia Elétrica (consumo, geração, oferta, entre outros) é então representado na Figura 11.

Figura 11 – Fluxo de Energia Elétrica BEN 2019 - Valores em TWh



Fonte: (BEN, 2019)

2.2.3 Perdas

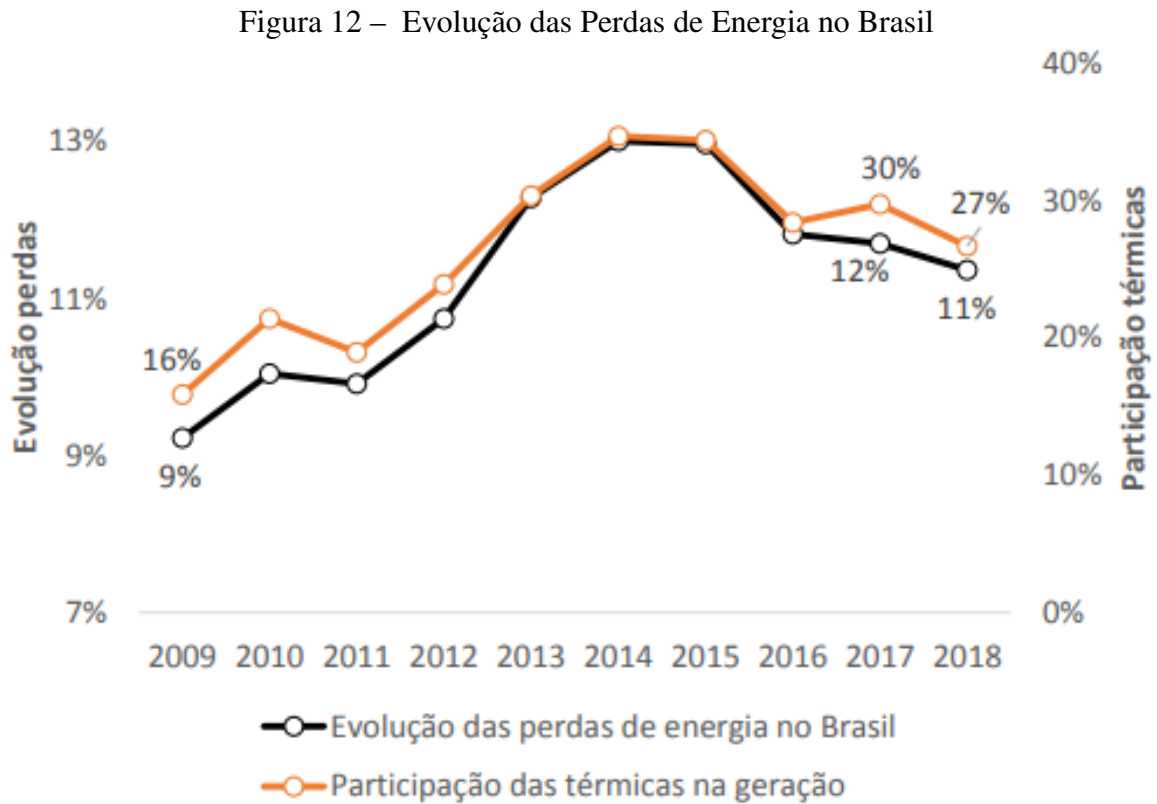
Inevitavelmente ocorrem perdas em um sistema elétrico, segundo a (ANEEL, 2015):

O transporte da energia, seja na Rede Básica ou na distribuição, resulta inevitavelmente em perdas técnicas relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores (efeito joule), perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas etc. As perdas não técnicas ou comerciais decorrem principalmente de furto (ligação clandestina, desvio direto da rede) ou fraude de energia (adulterações no medidor), popularmente conhecidos como “gatos”, erros de medição e de faturamento.

Em complemento, o (BEN, 2019) afirma:

Em 2018, o incremento da geração através das fontes hídrica, eólica e solar, com a consequente redução da geração termelétrica, reduz as perdas nos centros de transformação.

A Figura 12 mostra a evolução das perdas de energia no Brasil de 2009 até o ano de 2018.



Fonte: (BEN, 2019)

A falta de chuvas promove uma grande diminuição na principal geração elétrica brasileira que é hidráulica, o período que se estende de 2012 até 2017 remonta chuvas irregulares nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, o Brasil apresentou níveis críticos de armazenamento nos reservatórios de usinas e também de água potável, o período foi considerado como a pior seca em 100 anos como apresentado na reportagem de André Borges (Maiores represas do país enfrentam seca histórica- Jornal O Estado de São Paulo, 2019). Ao ocorrer a diminuição da geração hidroelétrica, entram na geração termoelétricas a carvão, diesel e gás natural, ciclos termodinâmicos de baixo rendimento quando comparados com a geração provida pelas usinas hidrelétricas.

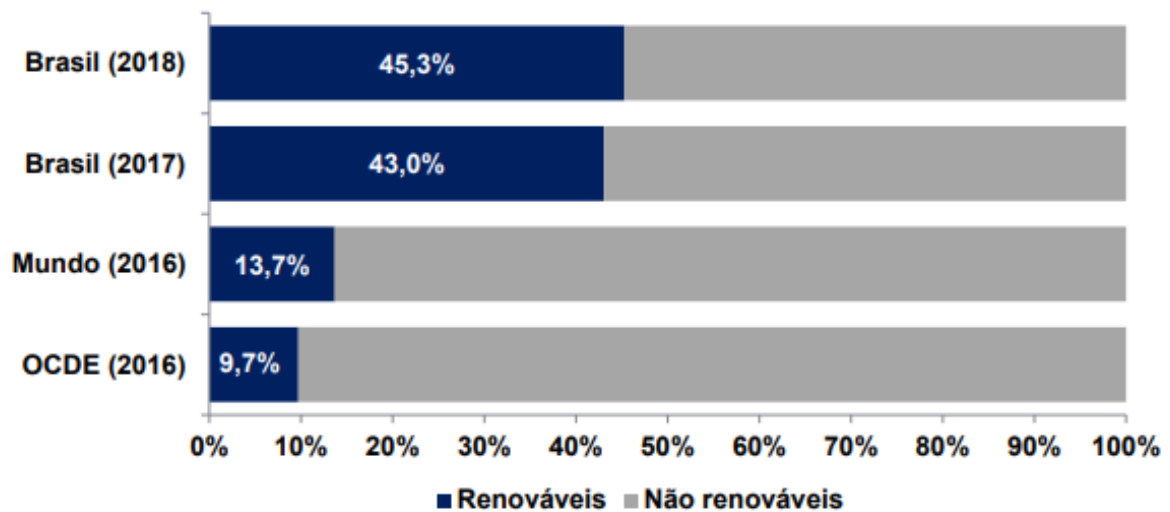
2.2.4 Participação de renováveis na matriz energética atual do Brasil e do Mundo

Dados obtidos a partir do (BEN, 2019), com base na Oferta de Energia interna indicam:

- Incremento da geração hidráulica e eólica;
- Aumento da oferta de lixo e biodiesel;
- Redução da oferta de petróleo e derivados;
- Redução da oferta de gás natural.

A Figura 13 mostra a participação de energias renováveis na matriz energética atual do Brasil e do Mundo.

Figura 13 – Participação de renováveis na matriz energética atual do Brasil e do Mundo



Fonte: (BEN, 2019)

A Figura 14 mostra a Repartição de 'lixívia e outras renováveis' na Oferta Interna de Energia.

2.3 Crise Energética

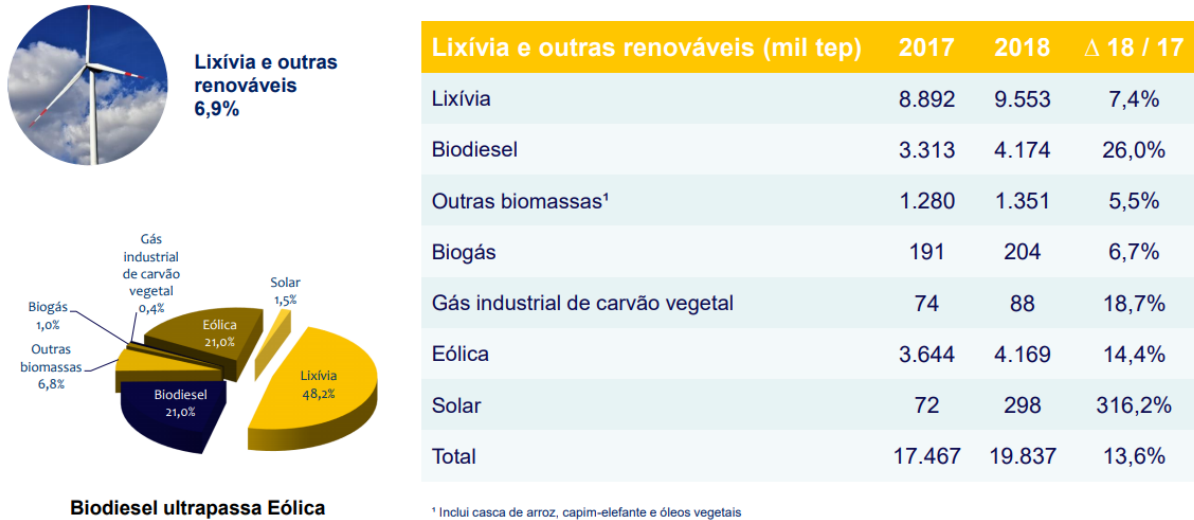
Uma reportagem da (CBN RADIO GLOBO, 2016) mostra que:

Em 2001, o Brasil enfrentou uma grave crise energética. A escassez de chuva, o aumento da demanda e a falta de investimentos em geração e transmissão de energia levaram o governo a tomar medidas drásticas para reduzir o consumo para evitar um apagão. No dia 16 de maio, começou o maior racionamento da história do país, que só terminaria em fevereiro do ano seguinte.

Além disso, em entrevista ao programa de rádio Revista Brasil, da rádio EBC (Guilherme Felippo, 2015), afirma que:

O consumo de energia do Brasil cresce todos os anos. Ele tem certa relação ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), mas também ao crescimento vegetativo da população e da renda das pessoas. A necessidade de aumentar

Figura 14 – Repartição de ‘lixívia e outras renováveis’ na Oferta Interna de Energia



Biodiesel ultrapassa Eólica

Fonte: (BEN, 2019)

o parque gerador nacional é uma constante. Para que não falte energia ou que seja equilibrado o fornecimento energético, diversas ações devem ser tomadas, além de torcer para haja chuva. No curto prazo, é o que o governo está fazendo, tentando colocar as termelétricas todas em plenas cargas; torcer para que haja chuva, a situação de reservação dos nossos reservatórios hidrelétricos está chegando quase numa situação dramática; e ter mais eficiência e redução do consumo.

Dadas as situações sofridas nas duas últimas décadas, faz-se necessário não apenas investir em novas fontes, mas buscar melhorar a eficiência energética do que já está funcionando, reduzindo perdas, consumo e realizando a substituição de máquinas e equipamentos para equipamentos mais modernos e eficientes.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A energia é utilizada por equipamentos e sistemas transformadores de energia, principalmente para conversão em energia elétrica e movimento (transporte). Entretanto, nem toda parte da energia é aproveitada, parte é perdida para o ambiente, a forma mais comum é a transformação em calor.

A partir dos conceitos estabelecidos em (Energia Reativa - COELBA, 2020) pode-se utilizar o seguinte exemplo:

Uma lâmpada possui potência ativa (o que realmente é transformado em trabalho útil pelo filamento, reator ou driver etc e maior a quantidade de energia absorvida); potência reativa (energia necessária para o fluxo magnético de indutores e capacitores que fornecem a energia reativa que os equipamentos indutivos absorvem).

Isto é, no funcionamento de uma lâmpada comum de 20W, estes 20W são o consumo ativo de energia da lâmpada, mas na verdade a lâmpada consome este valor dividido pelo seu fator de potência (indicador da eficiência com a qual a energia está sendo usada, o qual é definido pela razão entre a potência ativa e a potência aparente), além disso temos as perdas por efeito Joule (calor) causada pelo aquecimento de resistências dos componentes.

Da mesma forma isso acontece para outros equipamentos, tais como automóveis que possuem rendimento baixo, menos de 30%, painéis solares com rendimento abaixo de 20%, salvo exceções de aplicação militar e aeroespacial.

A Figura 15 mostra alguns valores comuns para painéis fotovoltaicos comerciais.

Figura 15 – Eficiência de Painéis Fotovoltaicos

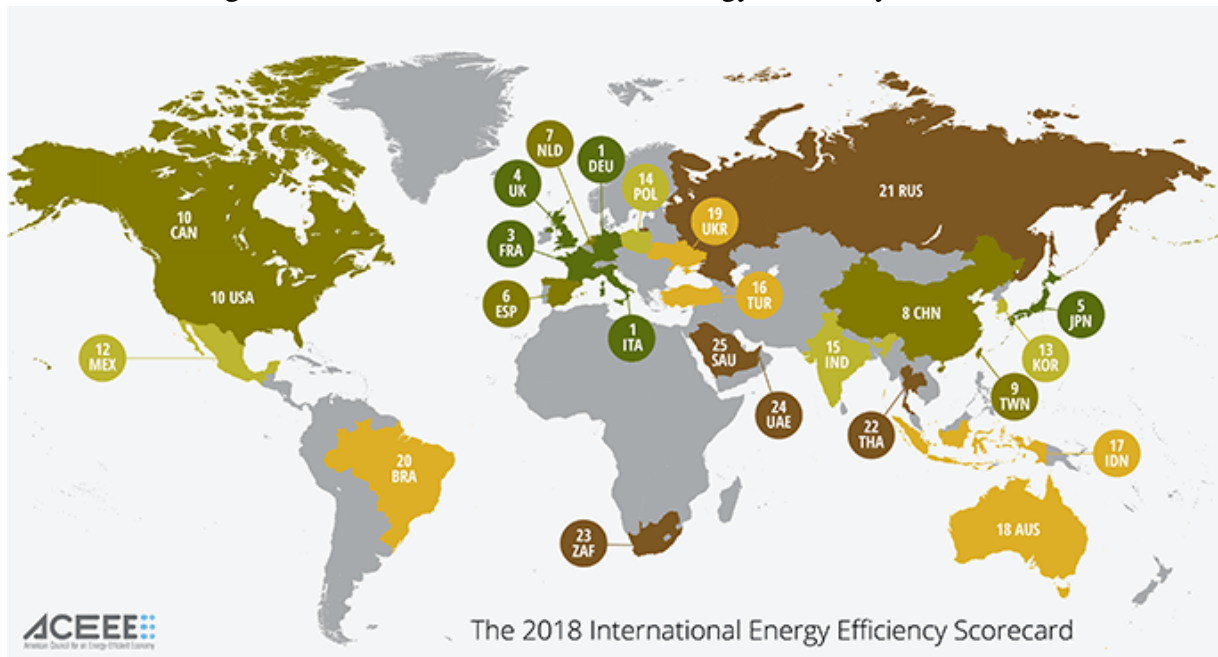
eficiência	percentual do total de painéis produzidos	de uma forma simples
>=18%	~ 10%	OS PAINÉIS MAIS EFICIENTES
17-17.9%	~ 30%	ACIMA DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
16-16.9%	~ 30%	EFICIÊNCIA OK
15-15.9%	~ 20%	ABAIXO DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
<15.0%	~ 10%	OS PAINÉIS MENOS EFICIENTES

Fonte: (Portal Solar, 2020)

3.1 Eficiência Energética no Mundo

Dados obtidos da ACEEE (2020) American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) em 2018, na Figura 16, retratam uma tabela de desempenho de eficiência energética no mundo incluindo Austrália, Brasil, Canadá, China, França, Alemanha, Índia, Indonésia, Itália, Japão, México, Holanda, Polônia, Rússia, Arábia Saudita, África do Sul, Coreia do Sul, Espanha, Taiwan, Tailândia, Turquia, Reino Unido e os Estados Unidos.

Figura 16 – The 2018 International Energy Efficiency Scorecard



Fonte: (ACEEE, 2020)

Foram analisados 35 indicadores diferentes de eficiência energética para cada economia classificada no relatório incluindo edifícios, indústria, transporte e esforço nacional, que medem indicadores gerais ou transversais do uso de energia em nível nacional. No *ranking* temos o Brasil ocupando a 20ª posição, Alemanha ocupando a 1ª posição e a África do Sul ocupando a última dos países analisados.

3.2 Eficiência Energética no Brasil

Este tópico tem o propósito de apresentar como a eficiência energética é abordada no Brasil, abordando então, a Lei de Eficiência Energética, Empresas de serviços de conservação de energia (ESCOS), os Órgãos reguladores, bem como os principais programas e selos

certificadores responsáveis por sua aplicação.

3.2.1 Lei de eficiência energética - LEI Nº 10.295, DE 17 DE OUTUBRO DE 2001

Nos anos de 2001 e 2002 o Brasil vivenciou uma crise energética chamada frequentemente de “Apagão”, tal crise ocorreu principalmente devido à falta de chuvas, o que acarretou em diminuição grave dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas, e da falta de planejamento e investimentos nos setores de geração, transmissão e distribuição de energia.

Além disso o país passava por um forte crescimento industrial, devido ao inchamento populacional, o que claramente aumentou bastante o consumo de energia. Isto levou o Brasil a tratar mais seriamente programas de conservação e uso de energia, o que levou a criação da Lei de Eficiência Energética.

A Lei de eficiência energética Nº 10.295 (Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/10/2001, Página 1 , 2001) trata da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, de modo a alocar recursos de maneira eficiente e preservando o meio ambiente; o poder executivo estabelece valores mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou importados, estes valores também levam em consideração a vida útil dos equipamentos.

A lei também aborda um Programa de Metas para evolução destes requisitos e obriga os fabricantes e consumidores a adotarem medidas para seu cumprimento. Além disso, informa que o Poder executivo desenvolverá mecanismos de modo a promover a eficiência energética nas edificações construídas no País.

3.2.2 Empresas de serviços de conservação de energia (ESCOS)

Empresas de serviços de conservação de energia (ESCOS) são Empresas de Engenharia, especializada em Serviços de Conservação de Energia, ou melhor, em promover a eficiência energética e de consumo de água nas instalações de seus clientes. (ABESCO, 2020b)

Devido a grande necessidade deste insumo, a energia deve ser administrada de forma a possuir um fornecimento confiável, pois sua falta compromete gravemente a produção e em grande escala o PIB de um país.

A (ABESCO, 2020b) também informa:

A principal diferença entre uma ESCO e uma empresa de consultoria e/ou engenharia tradicional é que ela conhece e tem expertise em redução de custos

com energia. Além disso, pode dividir os riscos com o Cliente no aporte dos investimentos e assume o compromisso com o cliente nos resultados do projeto, podendo compromissar sua remuneração com o sucesso dos resultados obtidos na redução dos custos do consumo de energia.

A (ESCOMASTER-Eficiência Energética, 2020) informa que uma ESCO é especializada em:

- Identificar oportunidades,
- Estudar alternativas,
- Avaliar soluções técnicas, ambientais e financeiras,
- Desenvolver projetos,
- Gerenciar e implantar obras,
- Instalar e realizar medições,
- Propor diretrizes econômicas e tarifárias.

3.2.3 Órgãos Reguladores

No Brasil, o órgão regulador responsável pela fiscalização e legislação de programas acerca de eficiência energética é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Ainda, a assessoria de imprensa da ANEEL, publicou:

De acordo com a Lei nº 9.991/2000, alterada pela Lei nº 13.280/2016, as distribuidoras devem aplicar, anualmente, no mínimo 0,4% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, no âmbito do Programa de Eficiência Energética – PEE regulado pela ANEEL. As concessionárias também devem destinar 0,1% para as ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel. Os projetos do PEE podem ser apresentados à ANEEL a qualquer tempo por meio de arquivos eletrônicos. Os proponentes devem observar as diretrizes estabelecidas nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE). (ANEEL, 2018)

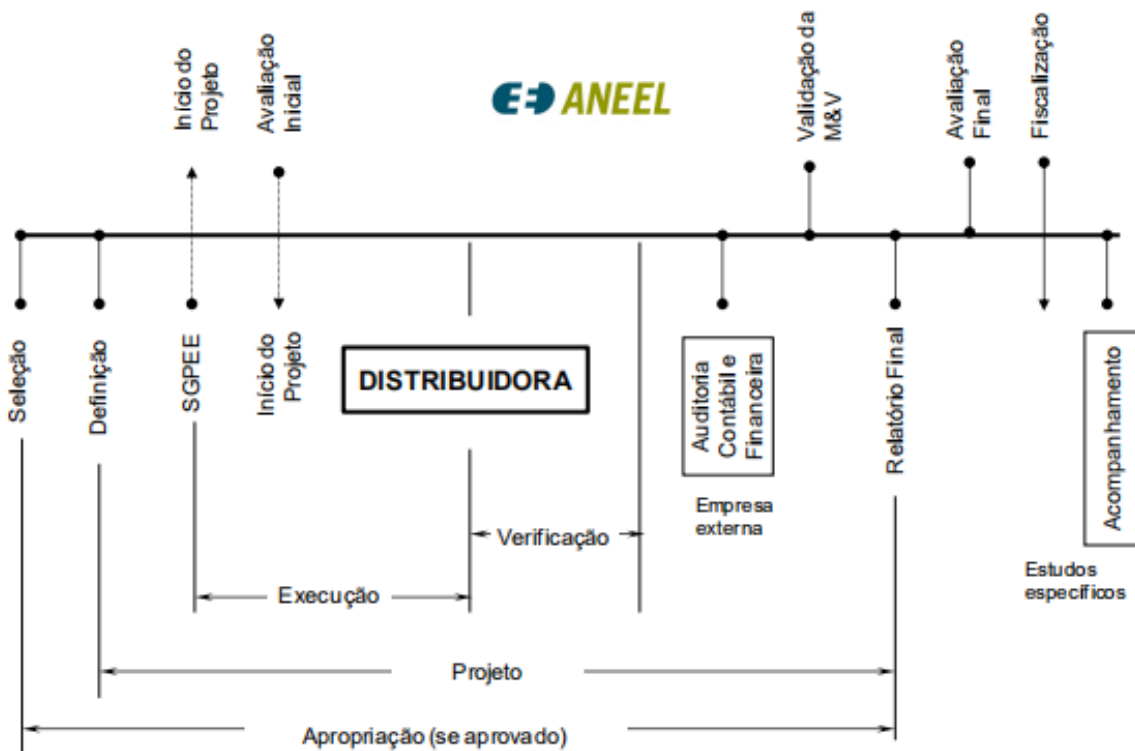
3.2.3.1 Programa de Eficiência Energética - ANEEL

A ANEEL define o objetivo Programa de Eficiência Energética (PROPEE), como:

O objetivo do PEE é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica. (ANEEL, 2019)

O Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da EPE, 2020, elabora planos de longo e médio prazos para o setor de energia, tais como o Plano Nacional de Energia (PNE) e o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), estes servem para indicar metas de eficiência energética, tendo o PEE como a principal fonte de recursos. As etapas do PEE são mostradas na figura 17.

Figura 17 – Etapas dos projetos do PEE Vigência 05/11/2018)



Fonte: (ANEEL, 2019)

3.3 Selos certificadores e Programas do Governo Brasileiro

São os mecanismos, procedimentos, regulamentos criados para estabelecer controles dos níveis de eficiência energética de equipamentos, elétricos, ou não, residências, entre outros.

3.3.1 ENERGY STAR

O selo ENERGY STAR, símbolo de eficiência energética confiável e que tem o respaldo do governo americano, é usado para identificar alta eficiência e um desempenho energético superior em produtos comerciais. (Kyocera, 2020)

As ferramentas e os recursos ENERGY STAR ajudam as empresas a identificar abordagens econômicas para então gerenciar o uso de energia em seus prédios e fábricas. Essas ferramentas permitem que o setor privado economize energia, aumente os lucros e fortaleça sua competitividade cada vez mais desde propriedades comerciais, como hospitais, escolas e escritórios, até instalações industriais.

O site do selo ENERGY STAR (2020) traz algumas informações acerca de suas ferramentas:

A popular ferramenta on-line do programa, ENERGY STAR Portfolio Manager®, foi usada para medir e rastrear a energia, água e / ou resíduos e materiais de mais de 270.000 propriedades comerciais, compreendendo 26 bilhões de pés quadrados de área útil em todo os Estados Unidos em 2018. Para edifícios elegíveis, a ferramenta calcula uma pontuação de 1 a 100, que se tornou o padrão do setor para classificar o desempenho energético de uma instalação. Estudos constataam que os edifícios certificados pela ENERGY STAR exigem um prêmio de até 16% nos preços de venda e nas taxas de aluguel. As ferramentas ENERGY STAR para plantas industriais incluem Indicadores de Desempenho Energético (EPIs) específicos do setor, que fornecem às empresas as informações necessárias para tomar decisões inteligentes sobre investimentos.

Ainda informa sobre a certificação energética de residências:

As casas com certificação ENERGY STAR são pelo menos 10% mais eficientes em termos de energia do que as casas construídas para codificar e alcançam uma melhoria de 20% em média, proporcionando aos proprietários melhor qualidade, desempenho e conforto. Os compradores de casas têm mais casas com consumo eficiente de energia, com noventa por cento das maiores construtoras do país construindo novas casas e apartamentos certificados pela ENERGY STAR e ajudando a contribuir com quase 2 milhões de casas construídas a partir de 2018. Além disso, em 2018, 83.000 proprietários reformaram suas casas residências existentes para melhorar a eficiência energética por meio do programa Home Performance with ENERGY STAR. ENERGY STAR (2020)

A Figura 18 mostra o selo ENERGY STAR:

3.3.2 *Etiqueta ENCE, CONPET e PROCEL*

A **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)** faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e é concedida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Presta informações sobre a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional e contribui para a racionalização de energia no país estimulando o consumidor a fazer uma compra mais consciente. Os equipamentos, veículos, edifícios têm obrigação de satisfazer níveis mínimos de segurança e de desempenho, classificando-os do nível mais eficiente,

Figura 18 – Selo ENERGY STAR



Fonte: (ENERGY STAR, 2020)

“A” até o menos eficiente “E”, as informações a mais na etiqueta variam conforme o objeto de análise.

O **Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica** é um programa de governo, coordenado pelo MME e executado pela Eletrobras.

Foi instituído em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável. Procel (2006)

O Procel atua na identificação de equipamentos e eletrodomésticos por meio do selo Procel, promove eficiência energética na construção civil por meio de recomendações e softwares simuladores.

Lista de Programas disponibilizados dos simuladores do Procel e Parceiros para construção Civil. Procel (2006):

- **3E Plus Insulation Thickness Program** - Programa para determinação de isolamento térmico para qualquer aplicação.

- **AirMaster+** Simulador que possibilita a obtenção de informações sobre estimativas em sistemas de ar comprimido, sistemas existentes e expansões futuras e avaliar os benefícios provindos de medidas de eficiência energética.
- **Auto Avaliação-Micro e Pequenas Empresas** - Auto Avaliação do uso eficiente de energia elétrica e água em micro e pequenas empresas
- **BDmotor** - Programa para avaliação de comparação e dimensionamento de motores.
- **BEP - Operação otimizada de bombas em paralelo** - Este programa permite determinar a melhor opção de operação em paralelo de um conjunto de bombas em função da vazão e pressão desejados.
- **Convert** - Utilitário para conversão entre unidades.
- **CWSAT - Chilled Water System Analysis Tool** Ferramenta para avaliação do potencial de economia em sistemas de água gelada (chillers)
- **DIALux** -Software para cálculo luminotécnico com interface parecida com o CAD.
- **Dimensol** - Para dimensionamento de sistemas de aquecimento solar de água, permitindo ao usuário avaliar as economias e realizar análises de investimento do sistema
- **Domus - Eletrobras** - É um software de simulação higrótérmica e energética de edificações voltado a profissionais de engenharia e de arquitetura.

O Procel atua também na Iluminação pública, no poder público disponibilizando ferramentas e treinamentos, na Indústria e no Comércio visando otimizar a cadeia produtiva.

O Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET) é um:

Programa do Governo Federal, criado em 1991, por decreto presidencial, para promover o desenvolvimento de uma cultura antidesperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil, garantindo um país melhor para as gerações futuras. O programa é vinculado ao Ministério de Minas e Energia, executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras, e sua atuação é orientada por diversos Marcos Legais. CONPET (2012)

Os principais objetivos do Programa são:

Racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência

energética no uso final da energia. O CONPET tem, ainda, o objetivo de conscientizar os consumidores sobre a importância do uso racional de energia para o desenvolvimento sustentável e melhor qualidade de vida. CONPET (2012)

A Figura 19 mostra os selos CONPET e PROCEL:

A Figura 20 mostra um exemplo de Etiqueta ENCE:

Figura 19 – Selos PROCEL e CONPET



Fonte: (SAGE INTELIGÊNCIA ENERGÉTICA, 2020)

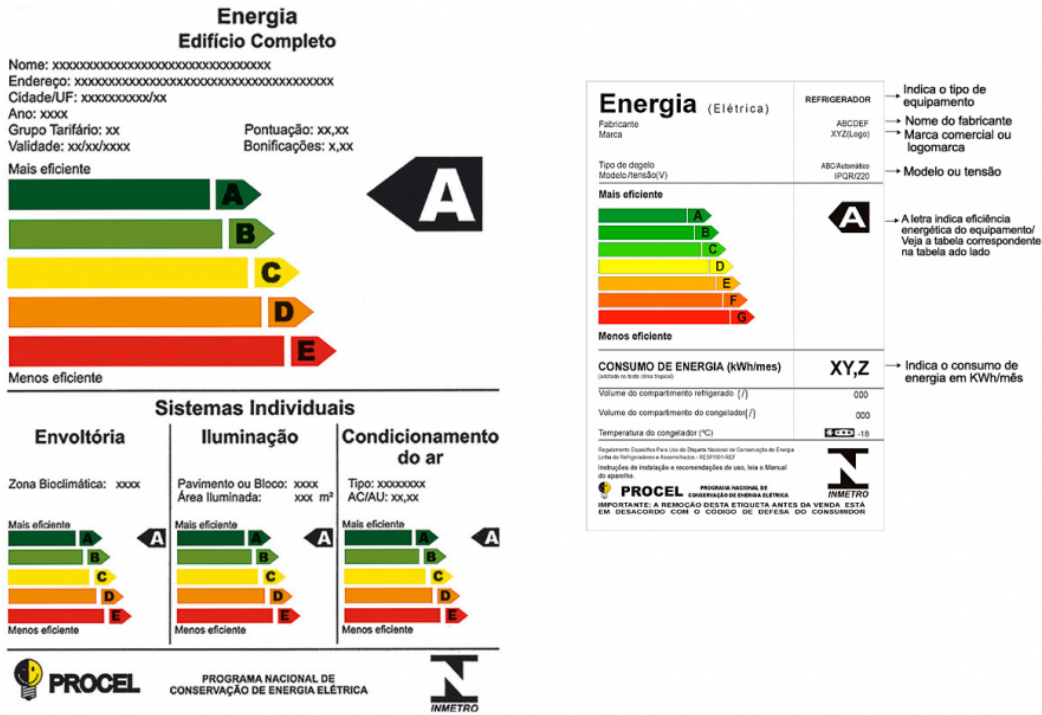
3.3.3 PROCEL EDIFICA

Informações encontradas no Procel (2006) retratam que:

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) tem por objetivo desenvolver atividades com vistas à divulgação e ao estímulo à aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações, apoiar a viabilização da Lei de Eficiência Energética (10.295/2001), por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações - PBE Edifica, e contribuir com a expansão, de forma energeticamente eficiente, do setor de edificações do país, reduzindo os custos operacionais na construção e utilização dos imóveis.

O site também informa acerca do selo Procel Edificações:

Figura 20 – Etiqueta ENCE



Fonte: (SAGE INTELIGÊNCIA ENERGÉTICA, 2020)

O Selo Procel Edificações, estabelecido em novembro de 2014, é um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País.

Para obtenção do selo, o Procel recomenda que a edificação comece a ser eficiente desde seu projeto base, pois já nesta etapa é possível realizar diversas ações de economia e eficiência energética. O selo avalia envoltória, iluminação, condicionamento de ar, sistema de aquecimento de água, a depender do tipo de unidade analisada, se é comercial ou habitacional, por exemplo. Os selos são emitidos pela Eletrobras após avaliação em órgão certificado pelo Inmetro com gabarito de eficiência energética em edificações.

3.3.4 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

O PBE é coordenado e regulamentado pelo Inmetro e possui parceria com o CONPET, foi criado em 1984, principalmente por causa da crise do petróleo na década de 70. O programa fornece informações sobre o desempenho de diversos produtos em relação à sua eficiência energética.

Fazem parte do PBE programas de Avaliação da Conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à sua eficiência energética. O PBE possui atualmente 38 programas, em diferentes níveis de implementação.

Algumas categorias são avaliadas há mais de 20 anos, como refrigeradores e condicionadores de ar, já outras são mais recentes, como lavadoras, fogões, fornos a gás, coletores solares, lâmpadas, televisores, chuveiros elétricos e ventiladores de teto. Novos programas estão em funcionamento, veículos leves, edificações comerciais, públicas e residenciais, transformadores, sistema fotovoltaicos e ventiladores de mesa. PBE EDIFICA (2007)

O PBE possui uma etiqueta que evidencia que os níveis de desempenhos estabelecidos pelas normas e regulamentos, como os critérios são variáveis, por vezes ela recebe nomes diferentes, como a já mencionada etiqueta ENCE que trata da eficiência energética.

3.4 ABESCO

Assim como a ANEEL é órgão responsável pela eficiência energética no país, há uma representante no segmento energético brasileiro, a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO):

Fundada em 1997 e atualmente com mais de 90 associados, a ABESCO é uma entidade civil, sem fins lucrativos que representa oficialmente o segmento de eficiência energética brasileiro, formado por empresas de diversas áreas. O objetivo da ABESCO é fomentar e promover ações e projetos para o crescimento do mercado energético beneficiando não somente seus associados, mas também a sociedade, contribuindo assim, para o desenvolvimento do país. ABESCO (2020b)

Além disso, a organização defende que:

Partindo do princípio de que as mudanças nos hábitos de consumo da sociedade e o uso de programas e políticas de conservação, bem como o uso racional de energia deveriam fazer parte de nosso dia a dia, a ABESCO, congrega e fomenta ações para as ESCOSs, que buscam oferecer às empresas e à sociedade em geral, um serviço especializado em projetos de eficiência, minimizando custos e maximizando os resultados nos lucros. ABESCO (2020b)

3.5 ISO 50001: 2018 – Sistema de Gestão de Energia

A International Organization for Standardization (ISO) é uma organização internacional independente e não governamental.

A partir de seus membros, reúne especialistas para compartilhamento de conhecimento e assim, desenvolver Normas Internacionais voluntárias, baseadas em consenso e relevantes para o mercado, que apoiam a inovação e fornecem soluções para os desafios globais. ISO (2020)

A norma informa:

A redução da emissão de gases de efeito estufa e o aumento da segurança energética e da produtividade, se mostravam demasiadamente pontuais e muitas vezes efêmeros. Em função disso, passou a ser demandado um mecanismo mais sofisticado de promoção do uso racional da energia, que garantisse que os benefícios decorrentes da eficiência energética fossem percebidos de forma permanente e continuada. (ABNT NBR ISO 50001, 2018)

A ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia (SGEn) foi criada em 2011 com o intuito principal de:

Estabelecer requisitos mínimos e específicos que garantam a melhoria contínua do desempenho energético da organização que a adotar. O atendimento destes requisitos leva a organização a buscar continuamente a redução de seu consumo de energia, o aumento da eficiência energética de seus processos e o melhor e mais adequado uso da energia necessária para viabilizar as suas atividades. Os resultados diretos da aplicação da norma incluem a redução dos custos de produção e o aumento da segurança energética. Indiretamente, são reduzidas as emissões de gases do efeito estufa e, assim, atenuadas as mudanças climáticas.

Quadro de exigências da ISO 50.001 para as organizações ABESCO (2020a):

- Desenvolver uma política para o uso mais eficiente da energia;
- Fixar metas e objetivos para atender a essa política;
- Usar dados para melhor compreender e tomar decisões sobre o uso de energia;

Além também de:

- Medir os resultados;
- Rever como a política funciona;
- Melhorar continuamente a gestão da energia.

Como as demais normas de sistema de gestão ISO, a certificação ISO 50.001 não é obrigatória. ABESCO (2020a)

4 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

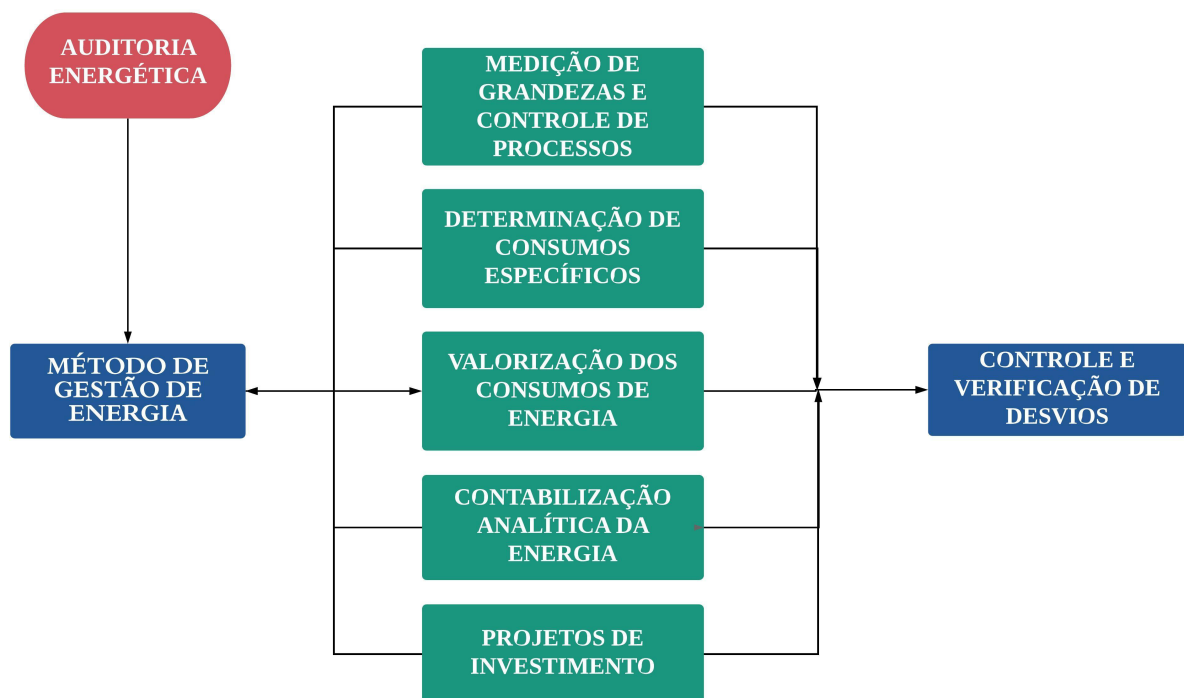
Este capítulo abordará os principais tópicos relacionados ao gerenciamento energético de uma instalação, contendo os pontos mais importantes a serem analisados em uma auditoria energética, o desenvolvimento prático de um roteiro após a explicação de cada tópico e também inclui os requerimentos necessários para a realização de uma auditoria energética.

4.1 Auditoria Energética

Toda caminhada começa com seu primeiro passo, não seria diferente para o gerenciamento energético, toda análise de eficiência energética começa por uma auditoria. A auditoria estudará desde a produção de energia até a sua distribuição e consumo. A partir do balanço energético é que se pode propor melhorias. Para realizar uma auditoria, é importante dividir a instalação em vários setores que serão discutidos neste capítulo, estes setores dependem do tipo de instalação (residencial, comercial, ou industrial). Os tópicos serão discutidos de forma abrangente a seguir e posteriormente serão selecionados os aplicáveis ao estudo de caso.

A Figura 21 mostra um esquema simplificado de um sistema organizado de gestão energética:

Figura 21 – Esquema simplificado de um sistema organizado de gestão energética



4.1.1 Sistema de Iluminação

Este é um dos primeiros sistemas a serem analisados, ainda que as lâmpadas de LED estejam com fácil acesso no mercado, ainda há muitas residências, indústria (parte comercial) e comércios que utilizam iluminação fluorescente ou até mesmo incandescente . O LED já é utilizado no mercado de maneira forte há cerca de 30 anos, principalmente em lanternas de automóveis, luzes de painéis, equipamentos de alta fidelidade etc. Lâmpadas LED são mais econômicas, ordem de 80% em relação à lâmpadas incandescentes e 30% em relação às fluorescentes, são sustentáveis, possuem maior durabilidade, funcionam em baixa tensão, possuem baixa emissão de calor.

Muitos consumidores, ao escolher uma lâmpada, cometem erros, como buscar potências maiores para se obter uma melhor iluminação, o que não necessariamente é verdade. Ao se observar uma ficha técnica de um equipamento de iluminação, muitos fatores devem ser levados em consideração, tais como: potência, fator de potência, tensão, vida útil, faixa de angulação, fluxo luminoso, temperatura de tor e índice de restituição cromática.

O fatores acima mencionados proporcionam não só informações acerca da capacidade luminosa, como também mostram a melhor forma de uso do equipamento em relação ao posicionamento e também características importantes sobre a cor da luz, de forma a evitar cansaço e ofuscamento. Isto significa que para um sistema de iluminação eficiente, não basta escolher apenas a lâmpada, mas estudar sua aplicação, escolher as luminárias corretas, aproveitar o máximo de iluminação natural fornecendo o melhor desempenho possível.

Conceitos Básicos

- **Luz**

A luz é uma onda eletromagnética a qual é captada pelo olho humano e permite a visualização de objetos.

- **Iluminância**

Corresponde a densidade de luz que é refletida sobre determinada superfície em certa direção e distância. Sua unidade de medida é o Lux. Já o Lux corresponde a uma unidade de iluminamento ou iluminância, ou seja, um lúmen para cada superfície de um metro quadrado.

A iluminância pode ser calculada por:

$$E = \frac{\psi}{S_o} \quad (lux) \quad (4.1)$$

Sendo: F = Fluxo Luminoso e So = área de superfície da qual a luz incide

- **Fluxo Luminoso**

É a quantidade de Radiação Total emitida em todas as direções por uma fonte de luz.

- **Eficiência Luminosa**

É o parâmetro que indica o quão eficiente se trata a conversão de energia. É dada pela relação entre o fluxo luminoso a potência em watts consumida pela fonte luminosa. A eficiência luminosa pode ser afetada pelo tipo de vidro difusor da luminária.

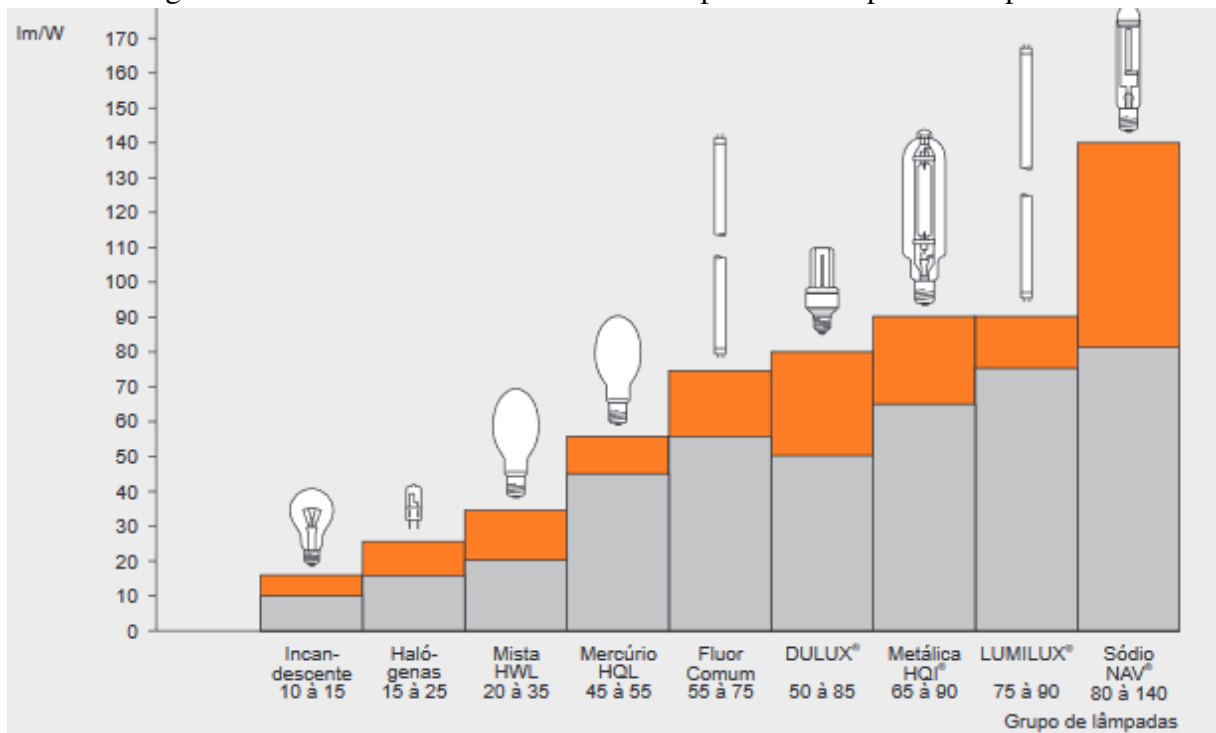
A eficiência luminosa pode ser calculada por:

$$\eta = \frac{\psi}{P_c} \quad (\text{lúmens/W}) \quad (4.2)$$

,onde ψ = fluxo luminoso e η = Potência Consumida em Watts.

A Figura 22 mostra a Eficiência Luminosa em lm/W para vários tipos de lâmpadas:

Figura 22 – Eficiência Luminosa em lm/W para vários tipos de lâmpadas.



Fonte: (OSRAM, 2005)

- **Intensidade Luminosa**

É a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção. Sua unidade é cd (candela). Seu cálculo é dado pelo limite entre o fluxo luminoso em um ângulo

sólido e o valor desse ângulo sólido quando tende a zero, isto é:

$$I = \frac{d\psi}{d\beta} \quad (cd) \quad (4.3)$$

,onde ψ = fluxo luminoso e β = valor desse ângulo sólido quando este tende a zero.

- **Luminância**

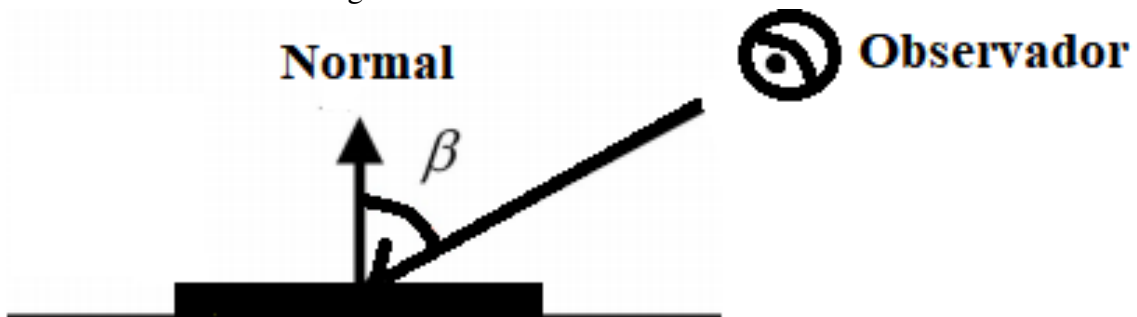
Densidade da intensidade luminosa irradiada numa dada direção, com área tendendo a zero, dada por:

$$L = \frac{I}{S_o \cdot \cos(\beta)} \quad (cd/m^2) \quad (4.4)$$

Sendo: β = ângulo da superfície iluminada e a normal, I = Intensidade Luminosa e S_o = Área da superfície iluminada

A Figura 23 ilustra as variáveis descritas:

Figura 23 – Parâmetros da Luminância



Fonte: (autor próprio)

- Tipos de Luminárias quanto à direção de fluxo luminoso: principalmente caracterizadas por iluminação direta, indireta e difusas

A G-light (2019) traz então os seguintes conceitos:

- **Iluminação Indireta** A proposta da luz indireta é iluminar uniformemente, sem que a luminária esteja direcionada diretamente para o lugar pretendido. Nesse caso a lâmpada deve estar direcionada a superfícies que refletem o fluxo luminoso e se espalhem no ambiente. Esse tipo de iluminação propõe um espaço mais intimista e confortável visualmente.
- **Luz Direta** Ao contrário da iluminação indireta, a luz direta é direcionada exatamente sobre a superfície que precisa de iluminação. A luz direta é aquela que se utiliza para focar algo. O fluxo luminoso desse tipo de iluminação é voltado especificamente para o objeto ou espaço de destaque. Podem-se utilizar lâmpadas desse tipo para compor um canto de estudos, por exemplo.

- **Luz Difusa** Ao mesmo tempo decorativa e funcional, a lâmpada difusa é a mais versátil de todas. São lâmpadas que enfeitam, mas não deixam a desejar no fluxo luminoso. A luz difusa é aquelas que possuem uma espécie de filtro, geralmente em acrílico ou vidro. Este filtro é chamado de difusor. Este filtro costuma reter 20% da luz, mas não agride a vista, gerando menos sombras no ambiente e uma sensação de conforto, isto é iluminar com uniformidade e intensidade.

Para que todo o sistema de iluminação mantenha suas características, é necessária a sua manutenção, como realizar a troca de lâmpadas queimadas, impedir a obstrução de luz por sujeira em luminárias ou bloqueio por móveis.

4.1.2 Força Motriz (Motores, Bombas, Compressores e outros equipamentos)

A participação de motores, bombas, compressores e outros equipamentos similares no mundo corresponde a maior parte do consumo de eletricidade, logo qualquer auditoria energética deve tratar de observar estes componentes.

A conversão de energia de um motor elétrico nunca é ideal, isto é, 100%.

Existe uma série de perdas que ocorrem no interior da máquina durante este processo:

- perdas no enrolamento, ou no cobre: estator e rotor;
- perdas no ferro (perdas por histerese e correntes parasitas), ou em vazio;
- perdas mecânicas (atrito e ventilação);
- perdas suplementares (fator de potência, qualidade da rede, manutenção etc.).

Logo, deve-se fazer um levantamento da eficiência destes equipamentos e observar os custos de suas trocas por modelos mais eficientes.

4.1.3 Sistemas de Climatização e Refrigeração

Da mesma forma que o item anterior, deve-se realizar a substituição de equipamentos condicionadores de ar ineficientes. O projeto de instalação de um ar condicionado de proporcionar simultaneamente conforto térmico, eficiência energética e economia, aparelhos ineficientes são um dos maiores vilões da conta de energia de empresas e residências. As Figuras 24 e 25 demonstram um ar condicionado com selo do PROCEL e etiqueta ENCE letra A (mais eficiente).

Figura 24 – Exemplo de ar Condicionado com o selo PROCEL



Fonte: (autor próprio)

Figura 25 – Etiqueta ENCE para o mesmo Ar Condicionado



Fonte: (autor próprio)

4.1.4 *Sistemas de Ar Comprimido*

O Manual Prático- Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido (ELETROBRÁS/PROCEL/EFFICIENTIA/FUPAI, 2005), traz informações acerca dos índices (*benchmarks*) mais usuais de sistemas de ar comprimido, isto é:

Normalmente, são os de custo específico de ar comprimido, eficiência do compressor e consumo específico:

O custo específico relaciona a quantidade de energia elétrica consumida e seu respectivo preço para produzir um metro cúbico de ar comprimido.

A eficiência de compressão está relacionada à quantidade de energia elétrica (kWh) que o compressor consome para produzir 1 metro cúbico de ar comprimido na pressão de operação do sistema.

O consumo específico ou a necessidade de ar comprimido do produto final corresponde à quantidade de ar comprimido necessária para a produção de uma unidade ou um quilo de produto.

As melhorias podem ser procuradas ainda segundo o Manual:

- a) Obtendo valores de referências (benchmark), que podem ser valores históricos ou de outras empresas com sistema semelhante.
- b) Estabelecendo metas de redução.
- c) Estabelecendo as ações necessárias para converter uma oportunidade identificada em melhoria concreta ou realizada.
- d) Levantamento da relação custo/benefício para cada ação. Considerando custos de investimento, manutenção e operacionais, e ciclo de vida da medida.

4.1.5 *Produção de Água Quente*

A produção de água quente de uma habitação pode ser realizada de diversas formas, exemplos comuns são: aquecedores a gás, eletricidade, energia solar, caldeiras, bombas de calor, entre outros. O consumo de energia é variável devido à eficiência energética dos sistemas, o hábito de consumo, estados dos equipamentos e localização, entre outros fatores.

Uma caldeira é mais utilizada quando se pretende ter instalado um sistema de aquecimento central numa habitação, bastante útil em locais frios, e principalmente em indústrias possui reguladores, programadores, depósitos de acumulação e tubulação para circulação da água, além de radiadores para aquecimento do ambiente.

Aquecedores a gás estão cada vez mais comuns no mercado Brasileiro, substituindo chuveiros elétricos sua capacidade é correspondente a vazão que o aparelho permite, tendo ainda

alguns modelos a possibilidade de trabalhar com água pré-aquecida ou instalação de um Kit Solar com um esquentador convencional.

O aquecimento utilizando energia solar térmica tem por base a instalação de coletores solares que permite o aproveitamento eficiente e de forma gratuita da energia solar, convertendo-a em calor. O sistema é composto por coletores e um depósito que armazena a água quente para uso futuro.

As Figuras 26 e 27 trazem o conjunto de equipamentos utilizados nos sistemas de coleta solar e de aquecimento a gás.

Figura 26 – Sistema de Aquecimento a base de coletor solar



Fonte: (BRO ENERGY, (2018))

Figura 27 – Sistema de Aquecimento a Gás



Fonte: (Soluções Industriais, 2020)

4.1.6 Dimensionamento econômico e ambiental dos condutores

Durante muito tempo o desenvolvimento de sociedades ignorou o meio ambiente, ocorrendo diversas transformações nos métodos de produção e de consumo, explorando cada vez mais os recursos naturais do planeta. Ciência e Tecnologia aliadas a uma atividade industrial intensa produzem graves impactos, em curto, médio e longo prazos.

Não foi muito diferente para instalações elétricas, sempre primando por critérios técnicos de segurança em seus dimensionamentos e funcionamento. O dimensionamento econômico e ambiental visa não só economizar energia durante a via útil da instalação, bem como diminuir os níveis de gases estufa, como o CO₂ emitido pelos condutores.

No Brasil o dimensionamento técnico de baixa tensão é realizado pela (ABNT NBR 5410, 2004), tratando do seu funcionamento, sua segurança e da conservação de bens em instalações novas ou existentes e também em reformas. Posteriormente, em 2011 foi publicada a norma (ABNT NBR 15920, 2011), que trata dos cálculos da corrente nominal, condições de operação e otimização econômica das seções dos cabos de potência. aplicada em dimensionamentos que utilizam cabos isolados em PVC até 6 kV e em EPR e XLPE até 63,5 kV. A norma busca minimizar os custos no processo inicial e durante o funcionamento da instalação (perdas por efeito Joule). A seção 7.1.1.4 trará um *software* desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Cobre (PROCOBRE) que traz em sua programação todos os elementos existentes no manual de cálculo disposto no Apêndice D.

4.1.7 Requerimentos para uma auditoria energética

A relação a seguir, adaptada de (KENNEY, 1984), apresenta dados requeridos para uma auditoria de um modo geral, incluindo empresas e indústrias.

- a) Consumos mensais de água, energia elétrica e combustíveis, ao longo de um ano;
- b) Plantas, desenhos e esquemas detalhados das instalações (as built, se possível);
- c) Balanços energéticos e de material, atualizados, para cada unidade;
- d) Temperaturas e pressão nos pontos relevantes, valores medidos e de projeto;
- e) Características elétricas dos equipamentos e valores medidos associados;
- f) Considerações sobre as especificações do produto, de caráter energético;
- g) Considerações ambientais e de locação da empresa;
- h) Perspectivas de alterações no processo.

Dada a quantidade de itens necessária, percebe-se que apenas uma parte se encontra aparente para o auditor, muitas outras requerem consultas a fabricantes, responsáveis pelos setores, muitas vezes não se possui desenhos, memoriais estruturais e de instalação elétrica, hidrossanitária, devendo então ser feito todo um levantamento do local analisado.

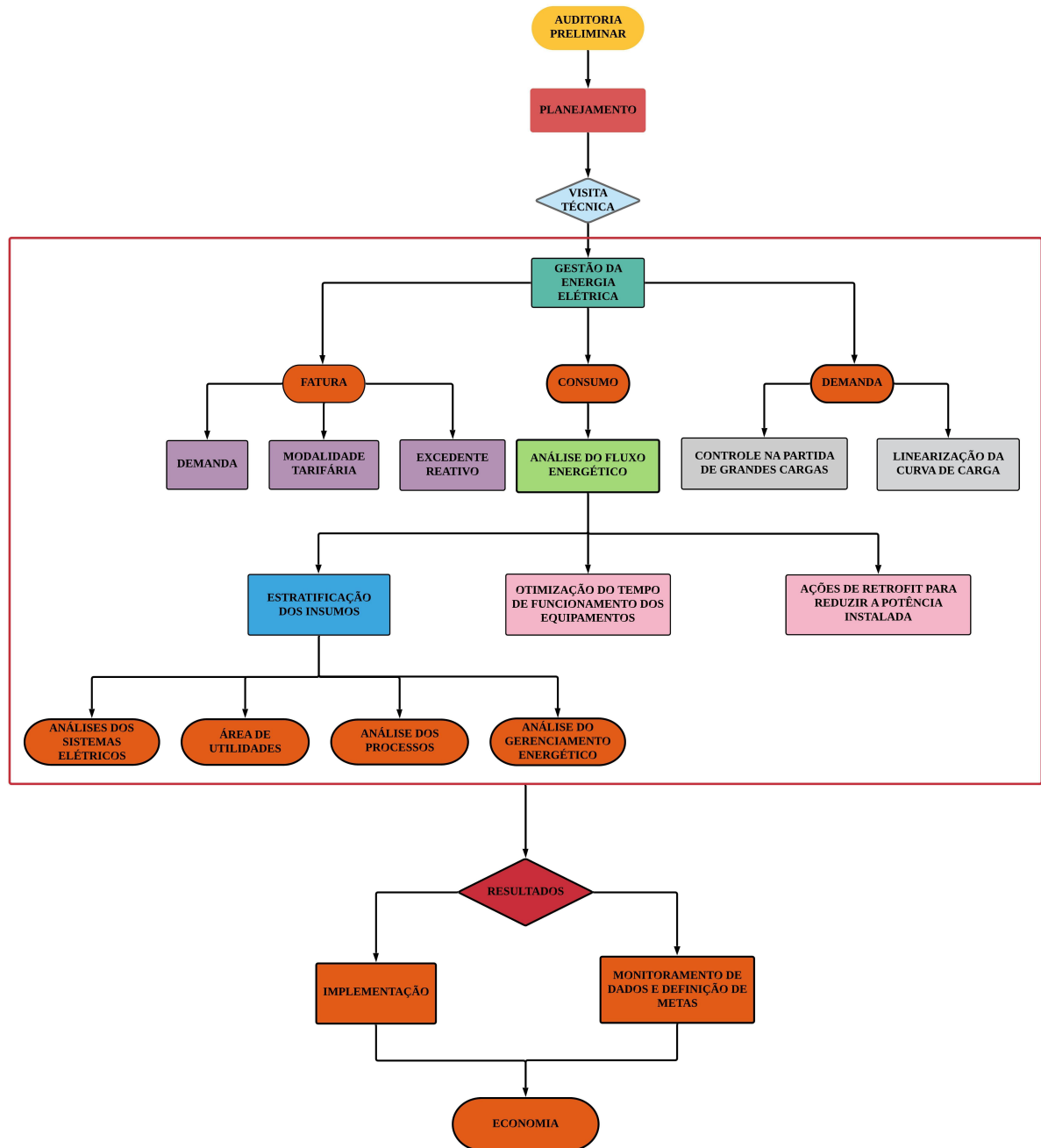
Outra barreira são os equipamentos necessários para uma auditoria, um dos principais motivos de se contratar ESCOS, pois além de imparciais, as ESCOS são munidas de equipamentos adequados à medição, tais como tacômetros, luxímetros, amperímetros, voltímetros, analisadores de gases, wattímetros, termovisores, entre outros.

4.1.8 Desenvolvimento de um Roteiro Prático para uma Auditoria Energética

A partir das informações anteriores, foi estabelecido um roteiro prático para o desenvolvimento de uma auditoria energética, o qual é encontrado na Figura 28.

O roteiro aborda as principais fases de uma auditoria energética (planejamento, visita técnica, gestão de energia elétrica, exposição dos resultados obtidos, a implementação de mudanças e a economia gerada) de modo a facilitar a realização da auditoria e a produção do relatório técnico.

Figura 28 – Desenvolvimento de um roteiro prático para uma auditoria energética



Fonte: (autor próprio)

5 GERENCIAMENTO DE CONTAS DE ENERGIA

As contas de energia revelam mais que apenas os valores cobrados, elas trazem um histórico anual de consumo do consumidor de eletricidade, e outras informações técnicas (ex: fator de potência, potência, demanda) e também econômicas (bandeira tarifária, impostos incidentes, valor do kWh, multas aplicadas, entre outras).

5.1 Análise Tarifária

A partir de 2015, as contas de energia passaram a trazer um sistema de bandeiras tarifárias, nas cores, verde, amarelo e vermelha, tais bandeiras indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade, isto é:

Bandeira verde: Mostra que existem condições favoráveis para a geração de energia, não ocorrendo quaisquer acréscimos sobre a tarifa.

Bandeira amarela: Mostra que existem condições de geração menos favoráveis, por causas variáveis (a mais comum é a falta de chuvas, levando ao acionamento de termelétricas). A tarifa sofre um determinado acréscimo para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

Bandeira vermelha: Mostra que existem condições de geração mais severas, a tarifa sofre um maior acréscimo para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

A Figura 29 mostra as tarifas vigentes de 22 de abril de 2019 a 21 de abril de 2020 englobando as três situações mencionadas.

Figura 29 – Tarifas ENEL-CE

Tarifas

FORNECIMENTO EM BAIXA TENSÃO		VIGENCIA dez/19		
		R\$/kWh		
RESIDENCIAL BAIXA RENDA - B:	VERDE	AMARELA	VERMELHA	
0 A 30 kWh	0,25145	0,25813	0,27221	
31 a 100 kWh	0,43105	0,44252	0,46665	
101 a 220 kWh	0,64657	0,66377	0,69997	
ACIMA 220 kWh	0,71841	0,73753	0,77774	
B1 - RESIDENCIAL NORMAL	0,75351	0,77262	0,81284	
SUB-GRUPO - OUTROS		R\$/kWh		
B2 - R U R A L	0,41370	0,42751	0,45656	
B2 - RURAL IRRIGANTE 8,5 hora	0,11170	0,11543	0,12327	
B2 - SERV PUBLICOS IRRIGACAO	0,37016	0,38396	0,41302	
B3 - AGUA, ESG. E SANEAMENT	0,66309	0,68220	0,72242	
B3 - DEMAIS CLASSES (Com, Ind)	0,75351	0,77262	0,81284	
B4a - ILUMINACAO PUBLICA	0,41443	0,43354	0,47376	
B4b - ILUMINACAO PUBLICA	0,45210	0,47121	0,51143	

Tarifas fixadas pela resolução ANEEL Nº 2.530, de /2019, com aplicação a partir de 22/04/2019, tarifas constantes na tabela 1 GA e tabela 2 GB

Fonte: (ENEL, 2019)

5.2 Fator de Potência

O fator de potência é um dos itens mais importantes numa indústria e em um comércio, pois ocorrem multas quando seu valor é baixo, pelo chamado “excedente reativo”. Um alto fator de potência indica que está havendo uma alta eficiência na conversão de energia, já um baixo fator de potência indica problema nas eficiência energética da instalação.

Ainda hoje é comum se realizar a correção do baixo fator de potências nas instalações, pois consegue-se reduzir perdas de energia, evita-se superaquecimento e oscilações de tensão, melhorando a qualidade da energia.

Alguns conceitos básicos:

Potência Ativa: É o resultado de conversão de energia para trabalho útil, é o que faz lâmpadas acenderem, transformadores e motores funcionarem.

Potência Reativa: Não realiza trabalho útil, entretanto é utilizada para geração de campo eletromagnético em cargas indutivas.

Potência Aparente: A composição de potência ativa e reativa forma a potência aparente, isto é, a potência total que uma determinada fonte pode fornecer.

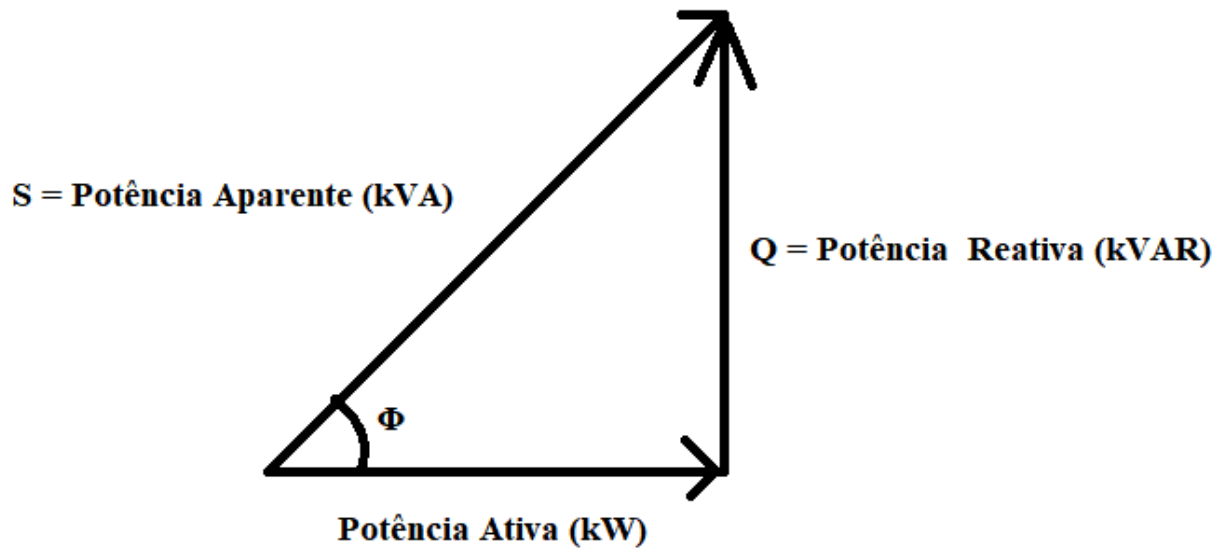
O modelo de cálculo do fator de potência para cargas lineares, é dado por:

$$FP = \cos(\phi) = \frac{P}{S} \quad (5.1)$$

Sendo ϕ é o ângulo entre as potências e o fator de potência definido como $\cos \phi$, razão entre as potência ativa e aparente.

A Figura 30 mostra o chamado "Triângulo das Potências", método bastante útil para visualizar e determinar o fator de potência.

Figura 30 – Modelo de Triângulo de Potências



Fonte: (autor próprio)

É importante estabelecer que até o presente momento, consumidores residenciais não pagam por excedente reativos, ficando o mesmo restrito às classes comercial e industrial.

6 ESTUDO DE CASO

O Estudo de Caso deste trabalho é analisar a Eficiência Energética em uma Residência. O imóvel localiza-se no bairro Lagoinha na cidade de Eusébio no estado do Ceará, tendo objetivo de detalhar os pontos positivos e negativos encontrados, para no capítulo seguinte propor melhorias para os problemas encontrados.

A residência possui 308,6 m^2 foi dividida em 19 cômodos, e atualmente contém 2 moradoras, os ambientes estão representados em planta baixa no Apêndice A, já o Apêndice B traz algumas fotos do ambiente. O índice de consumo de energia alto, em média acima de 400 reais mensais, foi uma das motivações para a realização do trabalho, além de queixas da proprietária quanto à qualidade de energia recebida, altos índices de falha no fornecimento, bem como problemas no uso diário (relacionados com má divisão de circuitos).

Além disso esta seção aborda um memorial descritivo de consumo e compara as situações encontradas com as normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

6.1 Apresentação

Segundo a (ABNT NBR 13752, 1996), vistoria é dada por: Constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem.

Uma vistoria pode caracterizar o estado de conservação de uma edificação, a sua tipologia, idade, falhas, etc.

A partir de uma vistoria, é redigido um relatório com todas as informações adquiridas, de modo que os dados sejam expostos, servindo de base para estudos específicos.

6.2 Vistoria Técnica - Análise

Esta seção tem por objetivo descrever o estado dos mais importantes itens da residência analisada, tais como instalações hidrosanitária e elétrica, iluminação e refrigeração.

6.2.1 Instalação Elétrica

Em determinadas áreas da residência apresenta-se instalação elétrica com fios aparentes, tais como área de serviço, e os banheiros da suíte 4 e do corredor, que apresentam instalação

incorreta dos chuveiros elétricos, pois segundo a (ABNT NBR 5410, 2004), os chuveiros elétricos devem ser conectados diretamente à rede, o que inadequa tomadas, afinal, tomadas são usadas para a ligação de aparelhos elétricos de forma provisória, além do chuveiro elétrico ser um equipamento de alta potência.

Outro problema identificado foi em relação à seção dos cabos, que para os chuveiros foi encontrada com seção de 4 mm^2 e para algumas tomadas encontrou-se valores de $1,5 \text{ mm}^2$ e $2,5 \text{ mm}^2$. De acordo com (ABNT NBR 5410, 2004), circuitos de força devem ter seção mínima de $2,5 \text{ mm}^2$. A seção 7.1.1 trará a configuração de instalação de acordo com a (ABNT NBR 5410, 2004) e a seção 7.1.1.4 trará a análise econômica destes condutores.

Embora não se tenha tido acesso ao memorial elétrico da instalação, observou-se divisão inadequada de circuitos terminais, a Figura 31 mostra uma baixa divisão de circuitos terminais, apenas 7, dos quais apenas 5 são para Tomadas de Uso Específico (TUE's), as quais englobam os 2 chuveiros elétricos e os 3 condicionadores de ar da residência, e o restante iluminação e Tomadas de Uso Geral (TUG's). Entretanto, todo o resto da residência está carregado em 2 outros circuitos terminais, misturando as partes de força e de iluminação, o que também é inadequado pela (ABNT NBR 5410, 2004). Além disso, segundo o **item 9.5.3.2** da (ABNT NBR 5410, 2004):

Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas.

Tanto a área de serviço quanto a cozinha não possuem circuitos independentes de tomadas.

Em relação à segurança da instalação, nenhuma das áreas molhadas possuem Interruptor Diferencial Residual (IDR) ou Disjuntor Diferencial Residual (DDR), conforme a (ABNT NBR 5410, 2004), no **item 5.1.3.2.2 alínea d**: Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

A Figura 31 traz o quadro de distribuição encontrado na instalação e a Tabela 1, mostra o apurado de iluminação e tomadas da instalação.

Figura 31 – Quadro de Distribuição



Fonte: (autor próprio)

Tabela 1 – Quantidade de Lâmpadas e Tomadas de Uso Geral e Específico

Cômodo	Nº Lâmpadas	Nº TUG's	Nº TUE's
Área de Serviço	1	1	1
Closet Suíte 4	1	0	0
Corredor	2	0	0
Cozinha	3	17	0
Depósito	1	0	0
Despensa	1	1	1
Escritório	1	0	0
Externo	7	3	0
Sala	3	5	0
Suíte 1	1	3	1
Suíte 2	1	2	0
Suíte 3	2	10	1
Suíte 4	1	7	1
WC Suíte 1	1	1	0
WC Suíte 2	1	1	0
WC Suíte 3	1	2	0
WC Suíte 4	1	1	1
WC Corredor	1	1	1
WC Social	1	1	0

Fonte: (próprio autor)

6.2.2 Instalação Hidrossanitária

No mercado existem dois tipos frequentes de instalação sanitária em banheiros, a Válvula Hydra e a Caixa Acoplada. Ambos modelos oferecem vantagens e desvantagens, sendo descritos a seguir:

- **Válvula Hydra**

Mais comum em instalações antigas, a Válvula Hydra é conectada diretamente a tubulação de água, liberando água ao ser acionada e posteriormente, bloqueia o fluxo quando fechada.

Vantagens:

- A água liberada vem em bastante quantidade, tendo então força suficiente para a retirada de objetos sólidos.
- Pode ser instalada em qualquer bacia convencional

Desvantagens:

- Em situações de falta de água, ou fechamento de registro geral para alguma manutenção, o sistema fica parado.
- Em algumas situações de manutenção da válvula, é necessária a quebra da parede.
- Ocorrem mais situações de manutenção na válvula do que na caixa acoplada.
- Consumo de água é bastante elevado, enquanto a válvula estiver sendo pressionada, vaza-se bastante água.

- **Caixa Acoplada**

É a instalação mais utilizada no momento.

Vantagens:

- Variedade de modelos, cores e formatos que podem ser perfeitamente integrados ao design do banheiro.
- O funcionamento é simples e de fácil manutenção, por muitas vezes pode ser realizada a troca de componentes isolados.
- Não necessita quebra de alvenaria para manutenção.
- Caixas modernas possuem 2 sistemas de descarga, de acordo com (Celite, 2020b):

A nova geração de bacias sanitárias com caixa acoplada vem com uma opção bem inteligente, que economiza ainda mais água. Trata-se do duplo acionamento, de três ou seis litros, para resíduos líquidos ou sólidos, respectivamente.

- Economia de até 60% utilizando o sistema com os dois tipos de acionamento.

Desvantagens:

- Pressão da água não se equipara à válvula Hydra, ocorrendo em muitos casos de não se conseguir retirar todos os dejetos em apenas uma única descarga.

As Figuras 32 e 33 mostram ambos tipos de acionamento.

Na residência, de modo positivo de todos os banheiros, apenas 1 não estava com caixa acoplada, o banheiro social do corredor, o qual contém válvula Hydra, vide Figura 32. No entanto, os banheiros das suítes 2,3 e 4 apresentam caixa acoplada sem os 2 modos de acionamento.

Figura 32 – Válvula Hydra



Fonte: (autor próprio)

Figura 33 – Caixa Acoplada



Fonte: (autor próprio)

6.2.3 Iluminação

A Tabela 1 trouxe a quantidade de lâmpadas da instalação, já a Tabela 2, retrata os tipos de lâmpadas utilizados.

Percebe-se que a maior parte das lâmpadas são compostas por LED, entretanto ainda há uma boa presença de lâmpadas fluorescentes, cerca de 30% das lâmpadas, as quais merecem atenção, afinal, a iluminação representa sempre uma carga expressiva na instalação.

6.2.4 Condicionadores de Ar

Aparelhos de ar condicionado geralmente são grandes vilões no consumo de energia. Todos os aparelhos encontrados são de modelos iguais: Split LG Smart Inverter, 9.000 Btu/h Frio - LG US-Q092WSG3.

A Figura 34 mostra o Modelo de Ar Condicionado encontrado nos cômodos da Residência Analisada. O modelo de ar condicionado está de acordo com bons graus de eficiência energética, possuindo etiqueta ENCE letra A (mais eficiente).

Dados da Ficha Técnica do Produto:

Tabela 2 – Tipos de Lâmpadas da Residência e Potências

Nº Lâmpada	LED	Fluorescentes	Potência LED	Potência Fluorescente
Área de Serviço	1	0	9,5 W	0
Closet Suíte 4	1	0	9,5 W	0
Corredor	1	1	9,5 W	15 W
Cozinha	1	2	9,5 W	15 W
Depósito	0	1	0	15 W
Despensa	1	0	9,5 W	0
Escritório	0	1	0	15 W
Externo	7	0	9,5 W	0
Sala	3	0	9,5 W	0
Suíte 1	1	0	9,5 W	0
Suíte 2	1	0	9,5 W	0
Suíte 3	2	0	9,5 W	0
Suíte 4	0	1	0	15 W
WC Suíte 1	1	0	9,5 W	0
WC Suíte 2	1	0	9,5 W	0
WC Suíte 3	0	1	0	15 W
WC Suíte 4	0	1	0	15 W
WC Corredor	0	1	0	15 W
WC Social	1	0	9,5 W	0

Fonte: (próprio autor)

Figura 34 – Modelo de Ar Condicionado da Residência Analisada



Fonte: (autor próprio)

Potência (W): 815

Ciclo: Frio

Desumidificação [l/h]: 0.83

Consumo mensal (kWh/mês): 17,1

Classificação Energética: A

Conexões: 1/4- 3/8"
 Controle Remoto Sem fio: Sim
 Timer: Até 24h
 Jet Mode (Resfriamento Rápido): Sim
 Área do Ambiente: 15 m²
 Capacidade (Refrigeração) [BTU/h]: 9000
 Alimentação Elétrica [V/Hz/ph]: 220/60/1
 Corrente (Refrigeração) [A]: 4.6
 CCE [W/W]: 3.24
 Gás Refrigerante: R-410A
 Comprimento / Desnível Max. [m]: 15/5
 Modo SLEEP (Até 7 horas): Sim
 Função ENERGY SAVING: Sim
 Modo Soft Dry (Suavemente Seco): Sim

6.3 Memorial Descritivo de Consumo

Para realizar uma auditoria energética eficaz, também é importante analisar como a energia elétrica está sendo de fato utilizada, isto é, os equipamentos utilizados (potência e eficiência), e o tempo médio de utilização afim de se obter o padrão médio de consumo.

A lista seguir retrata individualmente cada equipamento da residência, sendo posteriormente lançados os dados de consumo apenas dos equipamentos utilizados com frequência, agrupados em uma tabela.

- **Chuveiro Elétrico**
- **Geladeira**
- **Freezer**
- **Sanducheiras**
- **Panificadora**
- **Panela Elétrica de Arroz**
- **Batedeira**
- **Espremedores de Frutas**
- **Omeleteira**
- **Grill**

- **Torradeira**
- **Pipoqueira**
- **Cafeteira**
- **Forno Elétrico**
- **Filtro de Água**
- **Microondas**
- **Liquidificador**
- **Máquina de Lavar**
- **Televisão**
- **Portão Eletrônico**
- **Cortador de Grama**
- **Condicionadores de Ar**

A Tabela 3 traz o Memorial de Consumo em valores médios dos equipamentos utilizados na residência.

Tabela 3 – Memorial de Consumo de Equipamentos

Equipamento	Consumo Diário (h)	Consumo Mensal (h)	Consumo Diário (min)
Chuveiro Elétrico	1	30	60
Geladeira	24	720	1440
Freezer	24	720	1440
Sanducheiras	0,08	2,5	5
Espremedores de Frutas	0,08	2,5	5
Torradeira	0,1	3	6
Pipoqueira	0,00	1	0,03
Cafeteira	0,08	2,5	5
Forno Elétrico	0,08	2,5	5
Filtro de Água	24	720	1440
Microondas	0,25	7,5	15
Liquidificador	0,17	5	10
Máquina de Lavar	5	150	300
Televisão	6	180	360
Portão Eletrônico	0,07	2	4
Cortador de Grama	0,27	8	16
Condicionadores de Ar	12	360	720
Total	97,18	2916,50	5831,03

Fonte: (próprio autor)

7 APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O CASO BASE

7.1 Dimensionamento de Cargas e Circuitos

Esta seção tem por objetivo refazer a distribuição de cargas e circuitos baseando-se na norma (ABNT NBR 5410, 2004).

A seção também apresenta a carga de iluminação calculada a partir dos valores médios de *lux* encontrados na (ABNT NBR 5413, 1992).

A Tabela 4 determina o total de lúmens para cada cômodo da residência, e posteriormente na Tabela 5 são escolhidas lâmpadas LED de alto fator de potência para a instalação.

Tabela 4 – Análise Luminotécnica

Cômodo	Área (m²)	Perímetro (m)	Lux Médio	Total de Lúmens
Área de Serviço	30,55	22,3	300	9165
Closet Suíte 4	12,15	14,1	150	1822,5
Corredor	7,7	16,2	150	1155
Cozinha	23	31,6	300	6900
Depósito	1,83	5,59	150	274,5
Despensa	2,12	6,9	150	318
Escritório	14,63	15,67	500	7315
Externo	74,3	71,4	150	11145
Sala	42,51	29,9	300	12753
Suíte 1	14,81	15,7	300	4443
Suíte 2	10,56	13	300	3168
Suíte 3	14,56	16,27	300	4368
Suíte 4	14,8	15,7	300	4440
WC Suíte 1	3,56	8,2	200	712
WC Suíte 2	1,68	5,62	200	336
WC Suíte 3	3,56	8,2	200	712
WC Suíte 4	4,58	9,1	200	916
WC Corredor	4,58	9,1	200	916
WC Social	1,81	5,4	200	362

Fonte: (próprio autor)

A Tabela 6 traz a potência de iluminação gerada.

Tabela 5 – Lâmpadas Adotadas

Cômodo	Adotado (W)	Nº de Lâmpadas	Referência do Modelo
Área de Serviço	7 x 12	7 x 1311 lm	7014403
Closet Suíte 4	2 x 9,5	1 x 820 lm + 1 x 1055 lm	G24466 + LEDB9,5WMVS
Corredor	1 x 12	1 x 1311 lm	7014403
Cozinha	4 x 12 + 2 x 9,5	4 x 1311 lm + 2 x 820 lm	7014403 + G24466
Depósito	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466
Despensa	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466
Escritório	6 x 9,5 + 1 x 9,5	6 x 1055 lm + 1 x 820 lm	LEDB9,5WMVS + G24466
Externo	8 x 12 + 1 x 9,5	8 x 1311 lm + 1 x 820 lm	7014403 + G24466
Sala	9 x 12 + 1 x 9,5	9 x 1311 lm + 1 x 1055 lm	7014403 + LEDB9,5WMVS
Suíte 1	3 x 12 + 1 x 9,5	3 x 1311 lm + 1 x 820 lm	7014403 + G24466
Suíte 2	3 x 9,5	3 x 1055 lm	LEDB9,5WMVS
Suíte 3	3 x 12 + 1 x 9,5	3 x 1311 lm + 1 x 820 lm	7014403 + G24466
Suíte 4	4 x 9,5	4 x 1055 lm	LEDB9,5WMVS
WC Suíte 1	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466
WC Suíte 2	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466
WC Suíte 3	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466
WC Suíte 4	1 x 9,5	1 x 1055 lm	LEDB9,5WMVS
WC Corredor	1 x 9,5	1 x 1055 lm	LEDB9,5WMVS
WC Social	1 x 9,5	1 x 820 lm	G24466

Fonte: (próprio autor)

Tabela 6 – Potência de Iluminação

Cômodo	Área (m²)	Potência de Iluminação			
		Atual (W)	Estimado (VA)	Adotado (W)	Adotado (VA)
Área de Serviço	30,55	1 x 9,5	460	84	91,30
Closet Suíte 4	12,15	1 x 9,5	160	19	20,65
Corredor	7,7	1 x 9,5 + 1 x 15	100	12	13,04
Cozinha	23	1 x 9,5 + 2 x 15	340	67	72,83
Depósito	1,83	1 x 15	100	9,5	10,33
Despensa	2,12	1 x 9,5	100	9,5	10,33
Escritório	14,63	1 x 15	220	66,5	72,28
Externo	74,3	7 x 9,5	1120	105,5	114,67
Sala	42,51	3 x 9,5	640	117,5	127,72
Suíte 1	14,81	1 x 9,5	220	45,5	49,46
Suíte 2	10,56	1 x 9,5	160	28,5	30,98
Suíte 3	14,56	2 x 9,5	220	45,5	49,46
Suíte 4	14,8	1 x 15	220	38	41,30
WC Suíte 1	3,56	1 x 9,5	100	9,5	10,33
WC Suíte 2	1,68	1 x 9,5	100	9,5	10,33
WC Suíte 3	3,56	1 x 15	100	9,5	10,33
WC Suíte 4	4,58	1 x 15	100	9,5	10,33
WC Corredor	4,58	1 x 15	100	9,5	10,33
WC Social	1,81	1 x 9,5	100	9,5	10,33
Potência Total (W)	705				
Potência Total (VA)	766,30				

Fonte: (próprio autor)

Dando continuidade à distribuição de cargas, a Tabela 7, traz a distribuição estimada das cargas de TUG's e a Tabela 8 traz a distribuição adotada, já a Tabela 9, dispõe a distribuição de TUE's adotada para a instalação.

Por fim, é realizado então o término do memorial elétrico da instalação com a Figura 35 que mostra a distribuição dos circuitos terminais e o equilíbrio de fases da instalação detalhadamente.

Tabela 7 – Distribuição de Tomadas Estimada

Dependência	Perímetro (m)	Potência de T.U.G		
		Estimada (100VA)	Estimada (600 VA)	Estimada (1000 VA)
Área de Serviço	22,3	5	2	0
Closet Suíte 4	14,1	3	0	0
Corredor	16,2	0	0	1
Cozinha	31,6	9	2	0
Depósito	5,59	0	0	1
Despensa	6,9	0	0	1
Escritório	15,67	4	0	0
Externo	71,4	15	0	0
Sala	29,9	6	0	0
Suíte 1	15,7	4	0	0
Suíte 2	13	3	0	0
Suíte 3	16,27	4	0	0
Suíte 4	15,7	4	0	0
WC Suíte 1	8,2	0	1	0
WC Suíte 2	5,62	0	1	0
WC Suíte 3	8,2	0	1	0
WC Suíte 4	9,1	0	1	0
WC Corredor	9,1	0	1	0
WC Social	5,4	0	1	0

Fonte: (próprio autor)

Tabela 8 – Distribuição de Tomadas Adotada

Dependência	Perímetro (m)	Potência de T.U.G		
		Adotada (100VA)	Adotada (600 VA)	Adotada (1000 VA)
Área de Serviço	22,3	5	2	0
Closet Suíte 4	14,1	1	0	0
Corredor	16,2	0	1	1
Cozinha	31,6	9	2	0
Depósito	5,59	0	0	1
Despensa	6,9	0	0	1
Escritório	15,67	4	0	0
Externo	71,4	5	0	1
Sala	29,9	6	0	0
Suíte 1	15,7	4	0	0
Suíte 2	13	3	0	0
Suíte 3	16,27	4	0	0
Suíte 4	15,7	4	0	0
WC Suíte 1	8,2	0	1	0
WC Suíte 2	5,62	0	1	0
WC Suíte 3	8,2	0	1	0
WC Suíte 4	9,1	0	1	0
WC Corredor	9,1	0	1	0
WC Social	5,4	0	1	0
Potência Total (VA)			15100	

Fonte: (próprio autor)

Tabela 9 – Distribuição de TUE's Adotada

Dependência	Descrição	Fator de Potência	Potência (W)	Potência (VA)
Área de Serviço	Máquina de Lavar	0,7	500	714,29
Closet Suíte 4	0	0	0	0
Corredor	0	0	0	0
Cozinha	0	0	0	0
Depósito	0	0	0	0
Dispensa	0	0	0	0
Escritório	0	0	0	0
Externo	0	0	0	0
Sala	0	0	0	0
Suíte 1	Ar Condicionado	0,8	790	987,5
Suíte 2	Ar Condicionado	0,8	790	987,5
Suíte 3	Ar Condicionado	0,8	790	987,5
Suíte 4	Ar Condicionado	0,8	790	987,5
WC Suíte 1	Chuveiro Elétrico	1	4600	4600
WC Suíte 2	Chuveiro Elétrico	1	4600	4600
WC Suíte 3	Chuveiro Elétrico	1	4600	4600
WC Suíte 4	Chuveiro Elétrico	1	4600	4600
WC Corredor	0	0	0	0
WC Social	0	0	0	0
Potência Total (W)			21560,7	
Potência Total (VA)				23064,28571

Fonte: (próprio autor)

Figura 35 – Quadro de Distribuição

Circuitos Terminais		Descrição	Potência (W)	Fator de Potência	Potência (VA)	Divisão de Circuitos		
Nº	Tipo					R	S	T
1	Iluminação	Área de Serviço	226,48	0,92	246,17	246,17	-	-
		Closet Suíte 4						
		WC Suíte 4						
		WC Social Corredor						
		Suíte 4						
	Escritório							
2	Iluminação	Cozinha	226,97	0,92	246,71	-	246,71	-
		Suíte 2						
		WC Suíte 2						
		Despensa						
		Corredor						
		Suíte 1						
		WC Suíte 1						
		Suíte 3						
	WC Suíte 3							
3	Iluminação	Área Externa	241,98	0,92	263,02	-	-	263,02
		Sala						
		Depósito						
		WC Social						
4	TUG's	Área de Serviço	2125	0,8	1700,00	1700	-	-
5	TUG's	Cozinha	2625	0,8	2100,00	2100	-	-
6	TUG's	Closet Suíte 4	2625	0,8	2100,00	-	-	2100
		WC Suíte 4						
		WC Social Corredor						
		Escritório						
		Suíte 4						
	Suíte 2							
7	TUG's	WC Suíte 2	3125	0,8	2500	-	2500	-
		Despensa						
		WC Suíte 3						
		Corredor						
8	TUG's	Suíte 1	3750	0,8	3000	-	3000	-
		WC Suíte 1						
		Suíte 3						
		Corredor						
9	TUG's	Área Externa	4625	0,8	3700	-	3700	-
		Sala						
		Depósito						
		WC Social						
10	TUE	Máquina de Lavar	500	0,7	714,29	714,29	-	-
11	TUE	Ar Condicionado	790	0,8	987,5	-	-	987,5
12	TUE	Ar Condicionado	790	0,8	987,5	-	-	987,5
13	TUE	Ar Condicionado	790	0,8	987,5	-	-	987,5
14	TUE	Ar Condicionado	790	0,8	987,5	-	-	987,5
15	TUE	Chuveiro Elétrico	4600	1	4600	4600	-	-
16	TUE	Chuveiro Elétrico	4600	1	4600	-	-	4600
17	TUE	Chuveiro Elétrico	4600	1	4600	-	-	4600
18	TUE	Chuveiro Elétrico	4600	1	4600	4600	-	-
19	Reserva	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	2200
20	Reserva	Reserva	1760	0,8	2200	2200	-	-
21	Reserva	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	2200
22	Reserva	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	2200
Subtotal			48670,428	-	47720,19	16160,46	16021,71	15538,02

Fonte: (próprio autor)

7.1.1 Dimensionamento dos Condutores e da Proteção

Conforme (ABNT NBR 5410, 2004), foram adotados os 3 critérios de dimensionamento para se obter a seção dos condutores da instalação.

7.1.1.1 Capacidade de Condução

Método de instalação utilizado B1 (Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria) e cabos em PVC 70 °C, utilizando então a Tabela 36 (Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D) da norma (ABNT NBR 5410, 2004), obtém-se a Tabela 10:

Tabela 10 – Seção por Capacidade de Condução

Circuitos Terminais		Potência (W)	Fator de Potência	Potência (VA)	Corrente Disjuntor (A)	(Fase/Neutro) (mm ²)	Terra (mm ²)
Nº	Tipo						
1	Iluminação	226,48	0,92	246,17	6,00	1,50	1,50
2	Iluminação	226,97	0,92	246,71	6,00	1,50	1,50
3	Iluminação	241,98	0,92	263,02	6,00	1,50	1,50
4	TUG's	2125	0,8	1700,00	10,00	2,50	2,50
5	TUG's	2625	0,8	2100,00	10,00	2,50	2,50
6	TUG's	2625	0,8	2100,00	10,00	2,50	2,50
7	TUG's	3125	0,8	2500	16,00	2,50	2,50
8	TUG's	3750	0,8	3000	16,00	2,50	2,50
9	TUG's	4625	0,8	3700	20,00	2,50	2,50
10	TUE	500	0,7	714,29	16,00	6,00	6,00
11	TUE	790	0,8	987,5	16,00	6,00	6,00
12	TUE	790	0,8	987,5	16,00	6,00	6,00
13	TUE	790	0,8	987,5	16,00	6,00	6,00
14	TUE	790	0,8	987,5	16,00	6,00	6,00
15	TUE	4600	1	4600	25,00	6,00	6,00
16	TUE	4600	1	4600	25,00	6,00	6,00
17	TUE	4600	1	4600	25,00	6,00	6,00
18	TUE	4600	1	4600	25,00	6,00	6,00
19	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	-
20	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	-
21	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	-
22	Reserva	1760	0,8	2200	-	-	-

Fonte: (próprio autor)

7.1.1.2 Critério de Queda de Tensão

A (ABNT NBR 5410, 2004) afirma em seu item 6.2.7.1 que:

Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão

nominal da instalação: a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s); b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado; c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição; d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

A fórmula para calcular a queda de tensão é dada por:

$$\Delta V = \frac{(\sqrt{3}) * I_p * L_c * (R_c * \cos(\arccos(FP)) + X * \sin(\arccos(FP)))}{(10 * N_{cp} * V_L)} \quad (\%) \quad (7.1)$$

Sendo I_p = Corrente de Projeto; L_c = Comprimento do Circuito; R_c = Resistência do Cabo; FP = Fator de Potência; N_{cp} = N° de Condutores em Paralelo; V_L = Tensão de Linha; X = Reatância do Cabo

A Tabela 11 traz os valores das seções pelo critério de queda de tensão. Os valores de resistência e reatâncias aplicados na equação 7.1 foram retirados da Figura 36

Figura 36 – Resistências e Reatâncias de Fios e Cabos Isolados em PVC, XLPE e EPR em condutos fechados

seção (mm ²)	R_{cc} (A)	condutos não-magnéticos (B) circuitos FN/FF/3F	
		R_{ca} (3)	X_L (4)
(1)	(2)		
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,094
240	0,075	0,094	0,098
300	0,060	0,078	0,097
400	0,047	0,063	0,096
500	0,037	0,052	0,095
630	0,028	0,043	0,093
800	0,022	0,037	0,089
1000	0,018	0,033	0,088

Fonte: (Prysmian Group, 2017)

Nota: Foi adotado como comprimento para a fórmula, o maior comprimento de circuito da instalação: 21 metros.

Tabela 11 – Seção por Queda de Tensão

Circuitos		Corrente (A)	Queda de Tensão (%)	(Fase/Neutro) (mm ²)
Terminais				
Nº	Tipo			
1	Iluminação	6,00	0,77	1,50
2	Iluminação	6,00	0,77	1,50
3	Iluminação	6,00	0,77	1,50
4	TUG's	10,00	0,79	2,50
5	TUG's	10,00	0,79	2,50
6	TUG's	10,00	0,79	2,50
7	TUG's	16,00	1,26	2,50
8	TUG's	16,00	1,26	2,50
9	TUG's	20,00	1,57	2,50
10	TUE	16,00	0,53	6,00
11	TUE	16,00	0,53	6,00
12	TUE	16,00	0,53	6,00
13	TUE	16,00	0,53	6,00
14	TUE	16,00	0,53	6,00
15	TUE	25,00	0,82	6,00
16	TUE	25,00	0,82	6,00
17	TUE	25,00	0,82	6,00
18	TUE	25,00	0,82	6,00
19	Reserva	-	-	-
20	Reserva	-	-	-
21	Reserva	-	-	-
22	Reserva	-	-	-

Fonte: (próprio autor)

7.1.1.3 Critério de Curto-Circuito

O item 5.3.5.1 da norma (ABNT NBR 5410, 2004) informa que: as correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas em todos os pontos da instalação julgados necessários, sendo esta tendo determinação efetuada por cálculo ou medição.

A Figura 37 mostra os valores aproximados da corrente de curto-circuito no secundário de transformadores.

Figura 37 – Corrente de curto-circuito no secundário de transformadores

P _n (kVA)	I _{ko} (kA)	
	220/127 V	380/220 V
15	0,8	0,4
16	0,8	0,5
25	1,2	0,7
30	1,6	0,8
45	2,4	1,2
50	2,5	1,5
63	3,1	1,8
75	3,8	2,2
80	4	2,3
100	5	3
112,5	5,6	3,2
150	7,6	4,4
160	8	4,7
200	10	6
225	11	6,5
250	12	7
300	15	9
315	16	9
400	20	12
500	25	14
630	31	18
750	37	22
800	40	23
1000	50	28

Fonte: (Revista Eletricidade Moderna)

O transformador em via pública que alimenta a residência possui potência de **150 kVA**, logo possui uma corrente de curto-circuito no valor de **4,4 kA**, devido ao padrão trifásico da instalação.

A Equação 7.2 mostra o procedimento de cálculo da seção por este método:

$$Secção = \frac{(\sqrt{t_e}) * I_{cc}}{(0,34 * \sqrt{\log \frac{234+T_f}{234+T_i}})} \quad (mm^2) \quad (7.2)$$

Sendo: t_e = Tempo de operação do disjuntor; I_{cc} = Corrente curto-circuito presumida em kA; T_f = Temperatura máxima de curto-circuito suportada pela isolação do condutor; T_i = Temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação.

Os resultados obtidos estão disponibilizados na Tabela 12.

Tabela 12 – Seção por Critério de Curto Circuito

Circuitos Terminais		Corrente Circuito(A)	Seção Cabo (Fase/ Neutro) (mm ²)	Seção Critério de Curto (mm ²)
Nº	Tipo			
1	Iluminação	1,12	1,50	3,86
2	Iluminação	1,12	1,50	3,86
3	Iluminação	1,20	1,50	3,86
4	TUG's	7,73	2,50	3,86
5	TUG's	9,55	2,50	3,86
6	TUG's	9,55	2,50	3,86
7	TUG's	11,36	2,50	3,86
8	TUG's	13,64	2,50	3,86
9	TUG's	16,82	2,50	3,86
10	TUE	3,25	6,00	3,86
11	TUE	4,49	6,00	3,86
12	TUE	4,49	6,00	3,86
13	TUE	4,49	6,00	3,86
14	TUE	4,49	6,00	3,86
15	TUE	20,91	6,00	3,86
16	TUE	20,91	6,00	3,86
17	TUE	20,91	6,00	3,86
18	TUE	20,91	6,00	3,86
19	Reserva		-	-
20	Reserva		-	-
21	Reserva		-	-
22	Reserva		-	-

Fonte: (próprio autor)

A Tabela 13 traz o Resultado final das seções considerando a (ABNT NBR 5410, 2004).

Tabela 13 – Resultado das Resultado das Seções - Após Critérios da NBR5410

Circuitos		Corrente Circuito(A)	Seção (mm ²)
Terminais			
Nº	Tipo		
1	Iluminação	1,12	4,00
2	Iluminação	1,12	4,00
3	Iluminação	1,20	4,00
4	TUG's	7,73	4,00
5	TUG's	9,55	4,00
6	TUG's	9,55	4,00
7	TUG's	11,36	4,00
8	TUG's	13,64	4,00
9	TUG's	16,82	4,00
10	TUE	3,25	6,00
11	TUE	4,49	6,00
12	TUE	4,49	6,00
13	TUE	4,49	6,00
14	TUE	4,49	6,00
15	TUE	20,91	6,00
16	TUE	20,91	6,00
17	TUE	20,91	6,00
18	TUE	20,91	6,00
19	Reserva	-	-
20	Reserva	-	-
21	Reserva	-	-
22	Reserva	-	-

Fonte: (próprio autor)

7.1.1.4 Análise Econômica e Ambiental para os Condutores

Manter as instalações elétricas bem conservadas, além de ser uma questão de segurança também são questões de economia e sustentabilidade. O desperdício gerado por aquecimento (efeito Joule) exige uma compensação no fornecimento de energia, consumindo-se mais, cujo gasto é repassado ao consumidor ainda que o mesmo não o tenha utilizado propriamente. A consequência dessa geração adicional de energia contribui para o aumento de emissão e gases estufa, como o CO₂.

Logo, considerando manter as características da instalação, a redução de perdas é necessária, o que consequentemente indica aumentar a seção nominal dos condutores. Idealmente, o melhor momento de se fazer essa aplicação é quando o projeto ainda está sendo realizado, afinal, após a instalação estar completamente realizada, não só fica mais difícil realizar manutenções, como também os custos adicionais não são mais marginais, tornando-se um investimento bastante caro. É natural observar que se objetiva ganhos ambientais no tempo de operação do cabo em detrimento às emissões realizadas em sua fabricação.

A ABNT, define várias observações quanto à espessura de fios, tempo de uso e

como manter a segurança nas instalações elétricas, no entanto, visando facilitar o trabalho dos projetistas, o PROCOBRE desenvolveu um *software* que possibilita o dimensionamento econômico para todos os tipos de instalações elétricas de baixa tensão, até 1000V.

A Empresa de mídia digital e negócios VOLTIMUM (2020) descreve o PROCOBRE como:

O PROCOBRE é uma rede de instituições latino-americanas cuja missão é a promoção do uso do cobre, impulsionando a pesquisa e o desenvolvimento de novas aplicações e difundindo sua contribuição ao melhoramento da qualidade de vida e o progresso da sociedade. O PROCOBRE faz parte da Internacional Copper Association (ICA), com sede em Nova Iorque, encarregada de liderar a promoção do cobre mundialmente.

A Figura 38 apresenta a primeira tela após a inicialização do *software*, todos os dados de cálculo encontram-se na programação do *software*, permitindo o usuário alterar valores de custos, tipos de instalações, comprimentos de circuitos, valores de tarifas e capitalizações, etc.

Figura 38 – Tela Inicial do *software* da PROCOBRE



Fonte: (próprio autor)

A Figura 39 apresenta os dados gerais utilizados para o dimensionamento econômico e ambiental do estudo de caso.

Figura 39 – Dados Gerais para o Dimensionamento

Dados Gerais sobre a instalação

Data : 28/03/2020

Descrição : DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL - ESTUDO DE CASO - EUSEBIO

Preço da energia ativa (R\$/kWh) : 0,75

Aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação (%) : 3

Preço da variação anual da demanda (R\$/W/ano) : 0

Taxa de capitalização (%) : 3

Vida econômica da instalação (anos) : 25

Emissões de CO2 no momento da geração por unidade de energia elétrica (kg-CO2/kWh) : 0,081

Emissões de CO2 no momento da produção do cobre por quilo de cobre (kg-CO2/kg-Cu) : 4,09

Nota: para saber mais sobre o significado de cada parâmetro indicado nesta tela, consulte o [Manual Técnico](#), páginas 12, 13, 18, 19 e 21.

Fonte: (próprio autor)

A Figura 40 apresenta uma Tabela de Custos Média para os condutores da instalação. O custo total de instalação de um condutor, inclui o custo do próprio cabo, das suas terminações, dos elementos de linha elétrica (eletroduto, eletrocalha, bandeja, etc.) e da mão de obra de montagem.

Figura 40 – Tabela de Custos Média

Nome : Pré-Determinada

Seção	Custo Cabo	Custo Instalação
1,5	1,96	5,87
2,5	2,99	8,96
4	4,44	13,32
6	6,38	19,13
10	10,75	32,25
16	17,01	51,03
25	26,62	79,85
35	37,03	111,1
50	53,92	161,76
70	79,52	238,55
95	101,87	305,62
120	131,25	393,74
150	164,01	492,02
185	196,47	589,4
240	260,36	781,09
300	329,89	989,68
400	439,86	1319,58

A : 4,2818

Sair

Fonte: (próprio autor)

Após todos os dados serem colocados no *software*, o programa gera relatórios para exportação em formato de documento ou em formato de planilha.

O Apêndice C traz o relatório detalhado para cada circuito da instalação, já a Figura 41 traz os resultados obtidos após o dimensionamento.

Figura 41 – Resultado Dimensionamento Econômico e Ambiental

Circuito	Seção Técnica (STEC)			Seção Econômica e Ambiental			Economia de investimento (RS)	Tempo de retorno do investimento (anos)	Economia de energia (kWh)	Ganho ambiental (redução de CO2) (kg-CO2)		
	Seção nominal (mm ²)	CI (RS)	CJ (RS)	CT (RS)	Seção nominal (mm ²)	CI (RS)					CJ (RS)	CT (RS)
1 - ILUMINACÃO	4	497	53	550	4	497	53	550	0	0	0	0
2 - ILUMINACÃO	4	497	53	550	4	497	53	550	0	0	0	0
3 - ILUMINACÃO	4	639	68	707	4	639	68	707	0	0	0	0
4 - TUGs	4	497	844	1.341	6	714	562	1.277	64	19	375	22
5 - TUGs	4	497	1.318	1.816	6	714	879	1.593	222	12	586	36
6 - TUGs	4	355	942	1.297	6	510	628	1.138	159	12	418	26
7 - TUGs	4	391	1.491	1.882	10	946	597	1.543	340	16	1.193	73
8 - TUGs	4	320	1.661	1.981	10	774	664	1.438	542	11	1.329	82
9 - TUGs	4	639	4.898	5.538	10	1.548	1.959	3.507	2.030	8	3.919	247
10 - TUE	6	714	141	855	6	714	141	855	0	0	0	0
11 - TUE	6	459	141	600	6	459	141	600	0	0	0	0
12 - TUE	6	510	157	667	6	510	157	667	0	0	0	0
13 - TUE	6	306	94	400	6	306	94	400	0	0	0	0
14 - TUE	6	255	78	334	6	255	78	334	0	0	0	0
15 - TUE	6	306	1.661	1.967	16	816	623	1.439	528	12	1.384	86
16 - TUE	6	561	3.045	3.606	16	1.497	1.142	2.639	968	12	2.538	157
17 - TUE	6	255	1.384	1.639	16	680	519	1.199	440	12	1.153	71
18 - TUE	6	408	2.215	2.623	16	1.089	830	1.919	704	12	1.846	114
TOTAL		8.109	20.244	28.353		13.168	9.188	22.356	5.997	11	14.741	914

Fonte: (próprio autor)

Onde:

CI é o custo inicial de um comprimento de cabo instalado, [\\$];

CJ é o custo operacional equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas joule durante a vida considerada, [\\$].

CT é o custo total operacional (CJ) somado ao custo inicial (CI), [\\$].

7.2 Análise Luminotécnica

Baseado na Tabela 2 na seção 6.2.3, os cálculos a seguir têm por objetivo mostrar a economia gerada pela substituição das lâmpadas fluorescentes pela iluminação de LED. Na seção 7.1 a carga de iluminação foi dimensionada com um projeto luminotécnico visando a melhor eficiência e comodidade dos moradores da residência.

Situação 1: Troca das Lâmpadas Fluorescentes por LED Equivalente

A Tabela 14 traz o comparativo da lâmpada fluorescente atual de alguns cômodos e a sua substituição por LED, são tratados os Horizontes de 1, 3 e 5 anos, mostrando que levam cerca de 3 anos para efetuar a primeira troca das Lâmpadas de LED, enquanto que já se efetuaram 3 trocas da fluorescente.

Tabela 14 – Comparativo Lâmpadas Fluorescentes e LED

Lâmpada	Tempo Máximo de Utilização (h)	Tempo em Anos	Nº de Trocas em 1 ano	Nº de Trocas em 3 anos	Nº de Trocas em 5 anos	Preço Unitário
FLUORESCENTE TWIST T2 15W LED A60	8000	0,926	1,08	3,24	5,4	10,77
G24466 / G24466-C	25000	2,894	0,346	1,0368	1,728	7,26
LEDB9,5WMVS	25000	2,894	0,346	1,0368	1,728	17,98
7014403	25000	2,894	0,346	1,0368	1,728	19,08

Fonte: (próprio autor)

A Tabela 15 traz a economia gerada já na primeira troca das lâmpadas fluorescentes por LED.

Tabela 15 – Substituição das Lâmpadas Fluorescentes por LED

Cômodo	Nª Lâmpadas a Trocar	Preço Unitário Atual	Preço Unitário Proposto	Troca Imediata (R\$)	Horizonte de 1 Ano Economia
Corredor	1,00	R\$10,77	R\$7,26		
Cozinha	2,00	R\$10,77	R\$7,26		
Depósito	1,00	R\$10,77	R\$7,26		
Escritório	1,00	R\$10,77	R\$7,26	R\$65,34	R\$31,59
Suíte 4	1,00	R\$10,77	R\$7,26		
WC Suíte 3	1,00	R\$10,77	R\$7,26		
WC Suíte 4	1,00	R\$10,77	R\$7,26		
WC Corredor	1,00	R\$10,77	R\$7,26		

Fonte: (próprio autor)

Nota: O valor de **R\$ 31,59/ano** considera apenas a troca dos equipamentos.

Situação 2: Troca das Lâmpadas - Base Projeto Luminotécnico

Para esta segunda situação, o gasto é relativamente alto, sendo este, apresentado na Tabela 16:

Tabela 16 – Substituição Lâmpadas Projeto Luminotécnico

Cômodo	Atual (W)	Adotado (W)	Nº de Lâmpadas	Troca Imediata (R\$)
Área de Serviço	1 x 9,5	7 x 12	7 x 1311 lm	133,56
Closet Suíte 4	1 x 9,5	2 x 9,5	1 x 820 lm + 1 x 1055 lm	25,24
Corredor	1 x 9,5 + 1 x 15	1 x 12	1 x 1311 lm	19,08
Cozinha	1 x 9,5 + 2 x 15	4 x 12 + 2 x 9,5	4 x 1311 lm + 2 x 820 lm	112,28
Depósito	1 x 15	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
Despensa	1 x 9,5	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
Escritório	1 x 15	6 x 9,5 + 1 x 9,5	6 x 1055 lm + 1 x 820 lm	115,14
Externo	7 x 9,5	8 x 12 + 1 x 9,5	8 x 1311 lm + 1 x 820 lm	159,9
Sala	3 x 9,5	9 x 12 + 1 x 9,5	9 x 1311 lm + 1 x 1055 lm	189,7
Suíte 1	1 x 9,5	3 x 12 + 1 x 9,5	3 x 1311 lm + 1 x 820 lm	64,5
Suíte 2	1 x 9,5	3 x 9,5	3 x 1055 lm	53,94
Suíte 3	2 x 9,5	3 x 12 + 1 x 9,5	3 x 1311 lm + 1 x 820 lm	61,2
Suíte 4	1 x 15	4 x 9,5	4 x 1055 lm	71,92
WC Suíte 1	1 x 9,5	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
WC Suíte 2	1 x 9,5	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
WC Suíte 3	1 x 15	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
WC Suíte 4	1 x 15	1 x 9,5	1 x 1055 lm	17,98
WC Corredor	1 x 15	1 x 9,5	1 x 1055 lm	19,08
WC Social	1 x 9,5	1 x 9,5	1 x 820 lm	7,26
Total				R\$1.087,08

Fonte: (próprio autor)

Nota: O valor não inclui mão de obra ou componentes necessários à instalação das novas lâmpadas.

7.3 Análise Instalações Hidrossanitárias

A primeira análise baseia-se na utilização das descargas, e a economia gerada pela substituição da Válvula Hydra e de 2 caixas acopladas atuais por um total de 3 caixas acopladas mais eficientes.

Ressalta-se que não há necessidade no momento de troca das outras caixas, devido ao número de moradores da residência. Sendo utilizado com frequência apenas 3 banheiros. A Tabela 17 traz o consumo atual de água médio dos sanitários da residência, foi realizada uma consideração que 70% dos acionamentos seriam para dejetos líquidos.

A Tabela 18 traz o consumo de água pelos Sanitários após a troca dos Equipamentos, posteriormente, realiza-se uma análise da economia em dinheiro obtida após a troca dos equipamentos, mostrada na Tabela 19.

Por fim, retrata-se na Tabela 20 o tempo de retorno positivo após o investimento, isto é, após pouco mais de 7 anos, todo o gasto realizado na troca das caixas acopladas por um modelo mais eficiente será zerado e passará a se obter lucro na conta de água. Além disso, na mesma tabela é apresentado uma economia de 217,58 m^3 de água para o período, evitando o desperdício e preservando o meio ambiente. As Figuras 42 e 43 mostram os modelos das caixas mencionadas.

Tabela 17 – Descrição de Equipamentos e Consumo Atuais dos Sanitários

Cômodo	Equipamento	Consumo	Acionamentos Médio/mês	Volume(L)	Volume(m^3)
WC Social	Cx Mari Louças	10L/Descarga	2	20	0,02
WC Suíte 2	Cx Mari Louças	10L/Descarga	2	20	0,02
WC Suíte 3	Cx Mari Louças	10L/Descarga	180	1800	1,8
WC Suíte 4	Cx Mari Louças	10L/Descarga	180	1800	1,8
WC Corredor	Válvula Hydra	18L/Descarga	30	540	0,54

Fonte: (próprio autor)

Tabela 18 – Consumo dos Sanitários após Troca de Equipamentos

Cômodo	Troca	Preço	Modelo	Consumo	Volume(L)	Volume(m^3)
WC Social	Não	-	-	3L (Líqu.) / 6L(Sól.)	9	0,009
WC Suíte 2	Não	-	-	3L (Líqu.) / 6L(Sól.)	9	0,009
WC Suíte 3	Sim	R\$218,50	Celite	3L (Líqu.) / 6L(Sól.)	1134	1,134
WC Suíte 4	Sim	R\$218,50	Celite	3L (Líqu.) / 6L(Sól.)	1134	1,134
WC Corredor	Sim	R\$218,50	Celite	3L (Líqu.) / 6L(Sól.)	126	0,126

Fonte: (próprio autor)

Tabela 19 – Economia em dinheiro após Troca de Equipamentos

Cômodo	Consumo atual em R\$	Consumo Planejado em R\$	Economia Mensal
WC Social	0,0822	0,03699	R\$0,05
WC Suíte 2	0,0822	0,03699	R\$0,05
WC Suíte 3	7,398	4,66074	R\$2,74
WC Suíte 4	7,398	4,66074	R\$2,74
WC Corredor	2,2194	0,51786	R\$1,70
		Total	R\$7,27

Fonte: (próprio autor)

Tabela 20 – Retorno de Investimento por Payback Simples

Investimento	Retorno em Meses	Retorno em Anos	Economia Água (m^3)
R\$655,50	90,21	7,5	217,58

Fonte: (próprio autor)

A segunda análise levará em consideração o consumo de água dos chuveiros utilizados pelos moradores da residência. Foi constatado o uso dos 2 chuveiros elétricos encontrados no WC Suíte 4 e no WC Corredor.

Figura 42 – Modelo de Caixa Acoplada Mari Louças



Fonte: (autor próprio)

Figura 43 – Modelo de Caixa Acoplada Harpic Celite



Fonte: (Celite, 2020a)

A Tabela 21 mostra o consumo de água de ambos os chuveiros.

Tabela 21 – Consumo de água por chuveiros

Cômodo	Equipamento	Consumo	Duração	Nº Banhos/mês	Volume (L)	Volume (m^3)	R\$
WC Suíte 4	Chuveiro Fame	3L/min	15 min	60	2700	2,7	11,10
WC Corredor	Chuveiro Lorenzetti	3L/min	15 min	60	2700	2,7	11,10
Total					5400	5,4	22,20

Fonte: (próprio autor)

A sugestão dada é reduzir a duração do banho para 6 minutos, que é tempo suficiente, segundo especialistas, para realizar a tarefa.

A Tabela 22, mostra a economia gerada após redução de cada banho para 6 minutos.

Tabela 22 – Economia de água por chuveiros

Cômodo	Equipamento	Consumo	Duração	Nº Banhos/mês	Volume (L)	Volume (m^3)	R\$
WC Suíte 4	Chuveiro Fame	3L/min	6 min	60	1080	1,08	4,44
WC Corredor	Chuveiro Lorenzetti	3L/min	6 min	60	1080	1,08	4,44
Total					2160	2,16	8,88
Economia					3240	3,24	13,32

Fonte: (próprio autor)

Ao observar a economia de água na Tabela 19 e na Tabela 22, percebe-se uma **redução de 20,59 R\$** na conta de água.

Nota: Foi considerado o valor da tarifa de água da CAGECE de 4,11 R\$/ m^3 , valor não reajustado até a presente formação deste documento.

7.4 Substituição de Equipamentos para redução do consumo

Esta seção recomenda a substituição de 2 equipamentos antigos da instalação, o Freezer e a Geladeira. Afinal em conjunto aos chuveiros elétricos, são os maiores vilões de consumo de energia. Uma geladeira de 360 litros com compressor mais antigo, como o da residência analisada, tem um consumo próximo a um valor entre 53,1 kWh/mês e 58,1 kWh/mês, segundo (ANEEL, 2011), e um freezer de 200L em torno de 60 kWh/mês.

Recomenda-se então a troca destes 2 equipamentos por modelos mais modernos e econômicos.

A Tabela 23 traz a economia gerada pela troca dos 2 aparelhos.

Tabela 23 – Comparação da Troca de Geladeira e Freezer

Equipamento Atual	Consumo (Kwh/mês)	Equipamento Proposto	Consumo (kWh/mês)	Economia (kWh/mês)
Geladeira 360 L	55	Geladeira NR-BT40BD1W	45	10
Freezer 200 L	60	Freezer FE26	43,7	16,3
Total			26,3	

Fonte: (próprio autor)

7.5 Ajuste do Comportamento dos Consumidores

Na seção 6.3 foi descrito na Tabela 3 o tempo médio de utilização de alguns equipamentos da residência.

Esta seção tem por objetivo ajustar o comportamento dos moradores da residência de modo a diminuir a conta de energia.

Em primeira situação, no caso das lâmpadas, evitar luzes acesas desnecessariamente e aproveitar bastante a luz natural durante o dia, e para o caso de alguns eletrônicos, evitar deixá-los plugados na tomada, pois mesmo pequeno, há consumo em *stand by*.

A segunda situação tem por objetivo mostrar a economia de energia gerada pela redução do tempo de uso do chuveiro elétrico. A Tabela 24 traz os dados de consumo atuais da utilização dos chuveiros.

Tabela 24 – Consumo de Energia Elétrica por chuveiros

Cômodo	Potência (W)	Tempo Atual (h/dia)	Tempo Atual (h/mês)	Consumo (kWh/mês)
WC Social 4	3500	0,5	15	52,5
WC Social corredor	5500	0,5	15	82,5
Total				135
Valor em R\$				98,35695

Fonte: (próprio autor)

A fim de se reduzir a conta de água, de luz e também evitando desperdício de água, sugeriu-se reduzir o banho para 6 minutos, tendo então na Tabela 25 o tempo de utilização proposto para gerar uma boa economia na conta de energia.

Tabela 25 – Economia Proposta - Chuveiros

Cômodo	Potência (W)	Proposto (h/dia)	Proposto (h/mês)	Consumo (kWh/mês)
WC Social 4	3500	0,2	6	21
WC Social corredor	5500	0,2	6	33
Total				54
Valor em R\$				39,34278
Economia em R\$				59,01417

Fonte: (próprio autor)

Por fim, recomenda-se desligar o filtro de água no período de não-utilização, afinal o mesmo fica 24h ligado desnecessariamente.

7.6 União dos dados obtidos

A Tabela 26 traz a economia mensal e anual em R\$ após executar ações de eficiência energética.

Tabela 26 – Economia Total

Economia	R\$/ano	R\$/mês
Substituição das Lâmpadas Fluorescentes por LED	31,59	2,63
Economia em dinheiro após Troca dos Equipamentos Sanitários	87,24	7,27
Economia de água por chuveiros	159,84	13,32
Economia com Troca de Geladeira e Freezer	236,7	19,725
Economia Proposta Redução tempo de Uso- Chuveiro	708,12	59,01
Total	1223,49	101,96

Fonte: (próprio autor)

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou por dados concretos as motivações para se realizar uma auditoria energética, estabelecendo os principais tópicos analisados, desenvolvendo um roteiro prático, e posteriormente, demonstrou a aplicação dos mesmos ao caso base, realizando um estudo de caso de uma residência localizada em Eusébio - CE, esclarecendo e apresentando os programas, empresas, e órgãos reguladores relacionados à eficiência energética, apresentando um novo memorial elétrico, incluindo um projeto luminotécnico, bem como aplicação de ações de eficiência de modo a corrigir os problemas encontrados.

Dessa forma, pode-se concluir que o projeto de auditoria energética foi satisfatório, afinal, a Tabela 26 mostra uma economia total de 102 R\$ mensais ou 1223,49 R\$ anuais, substituindo alguns equipamentos tais como: sanitários, lâmpadas, freezer, geladeira e não menos importante, efetuar ações de conscientização na utilização da energia elétrica, como: alteração no tempo de uso do chuveiro elétrico (economizando bastante água e energia elétrica), evitar deixar luzes acesas desnecessariamente e aproveitando o máximo da luz natural.

É importante também destacar que os objetivos de uma instalação eficiente energeticamente são mais facilmente alcançados na fase de projeto, pois existe um bom controle no orçamento e uma maior facilidade no cálculo de projeções de retorno do investimento para as instalações hidrossanitária e elétrica, podendo tornar a instalação com qualidade, confiabilidade, segurança e economia no uso da energia elétrica. Um dos maiores problemas encontrados foi na instalação elétrica da residência, a qual sobrecarregada, fornece uma péssima qualidade de energia.

Como trabalho futuro, sugere-se então um aprofundamento da economia gerada no Dimensionamento Econômico e Ambiental no ambiente industrial, visto que o comprimento e a seção dos circuitos são maiores que de uma residência, resultando então em uma economia mais significativa ao longo da vida útil da instalação e em uma apresentação de resultados ainda mais significativos no combate aos gases estufa.

REFERÊNCIAS

- ABESCO. **ISO 50001 – Gestão de Energia**. 2020. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>>. Acesso em: 28 jan. 2020.
- ABESCO. **O QUE É UMA EMPRESA ESCO?** 2020. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-uma-empresa-esco/>>. Acesso em: 29 jan. 2020.
- ACEEE. **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard**. 2020. Disponível em: <<https://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>>. Acesso em: 29 jan. 2020.
- ANEEL. **Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia**. 2011. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=4101&id_area=90>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- ANEEL. **Perdas de Energia**. 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- ANEEL. **Aprovada revisão dos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética**. 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aprovada-revisao-dos-procedimentos-do-programa-de-eficiencia-energetica/656877?inheritRedirect=false>. Acesso em: 27 jan. 2020.
- ANEEL. **Programa de Eficiência Energética**. 2019. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 29 jan. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15920**: Cabos elétricos — cálculo da corrente nominal — condições de operação — otimização econômica das seções dos cabos de potência. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001**: Sistemas de gestão da energia - requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2018.
- BRO ENERGY. **Diferença Energia Solar Fotovoltaica e Aquecimento Solar**. 2018. Disponível em: <<https://www.bosch-certificacao-energetica.pt/eficiencia-energetica/agua-quente/>>. Acesso em: 31 jan. 2020.
- CBN RADIO GLOBO. **2001: Crise do Apagão leva governo de FHC a racionar energia**. 2016. Disponível em: <<https://cbn.globoradio.globo.com/institucional/historia/aniversario/cbn-25-anos/boletins/2016/10/05/2001-CRISE-DO-APAGAO-LEVA-GOVERNO-DE-FHC-A-RACIONAR-ENERGIA.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

Celite. **Produtos**. 2020. Disponível em: <<https://www.celite.com.br/produtos/smart-clean-harpic-caixa-acoplada-para-celite-36-litros-1555700015301/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

Celite. **Qual Bacia Sanitária Economiza mais água**. 2020. Disponível em: <<https://www.celite.com.br/blog/qual-bacia-sanitaria-economiza-mais-agua/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CONPET . **O programa**. 2012. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>.

Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/10/2001, Página 1 . **Lei 10.295**. 2001. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2001/lei-10295-17-outubro-2001-408176-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

ELETROBRÁS/PROCEL/EFFICIENTIA/FUPAI. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR DE AR COMPRIMIDO**: Manual prático. Rio de Janeiro – RJ, 2005. 87 p.

ENEL. **Taxas, Tarifas e Impostos**. 2019. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifas_Enel.html>. Acesso em: 19 fev. 2020.

Energia Reativa - COELBA. **Energia Reativa**. 2020. Disponível em: <<http://servicos.coelba.com.br/comercial-industrial/Pages/energia-reativa.aspx>>.

ENERGY STAR. **ABOUT ENERGY STAR**. 2020. Disponível em: <<https://www.energystar.gov/about>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

EPE. **ABC DE ENERGIA**. 2020. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

EPE BEN. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2018 ANO BASE 2017**. 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2020.

EPE BEN. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2019 ANO BASE 2018**. 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN\%202019\%20Completo\%20WEB.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

ESCOMASTER-Eficiência Energética . **Empresa ESCO**. 2020. Disponível em: <<http://www.escomaster.com.br/esco.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

G-light . **Luz difusa, direta e indireta**. 2019. Disponível em: <<http://www.glight.com.br/blog/luz-difusa-direta-e-indireta/>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

Guilherme Felippo. **Sistema Elétrico Brasileiro Opera no Limite**. 2015. Disponível em: <<http://radios.ebc.com.br/revista-brasil/edicao/2015-01/sistema-eletrico-brasileiro-opera-no-limite>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

IEA. **World Energy Balances and Statistics**. 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/world-energy-balances-and-statistics>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

ISO. **About Us**. 2020. Disponível em: <<https://www.iso.org/about-us.html>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

KENNEY, W. **Energy Conservation in the Process Industries**. [S.l.]: Addison-Wesley, 1984. v. 1.

Kyocera. **The environment/Energy Star**. 2020. Disponível em: <<https://br.kyoceradocumentsolutions.com/pt/about-us/kyocera---the-environment/energy-star.html>>. Acesso em: 26 jan. 2020.

Maiores represas do país enfrentam seca histórica- Jornal O Estado de São Paulo. **Maiores represas do país enfrentam seca histórica**. 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,maiores-represas-do-pais-enfrentam-seca-historica,70002012904>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2005. Disponível em: <<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

PBE EDIFICA . **Para que serve o PBE?** 2007. Disponível em: <<http://bom.org.br:8080/jspui/bitstream/2050011876/206/1/Programa%20Brasileiro%20de%20Etiquetagem%20-%20PBE.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

Portal Energia . **Eficiência Energética**. 2020. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

Portal Solar. **Tudo sobre a eficiência energética do Pannel Solar**. 2020. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-pannel-solar.html>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

Procel. **O programa**. 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AF}>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

Prysmian Group. **Guia Dimensionamento em Baixa Tensão**. 2017. Disponível em: <https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_Dimensionamento_Baixa_Tensao.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2020.

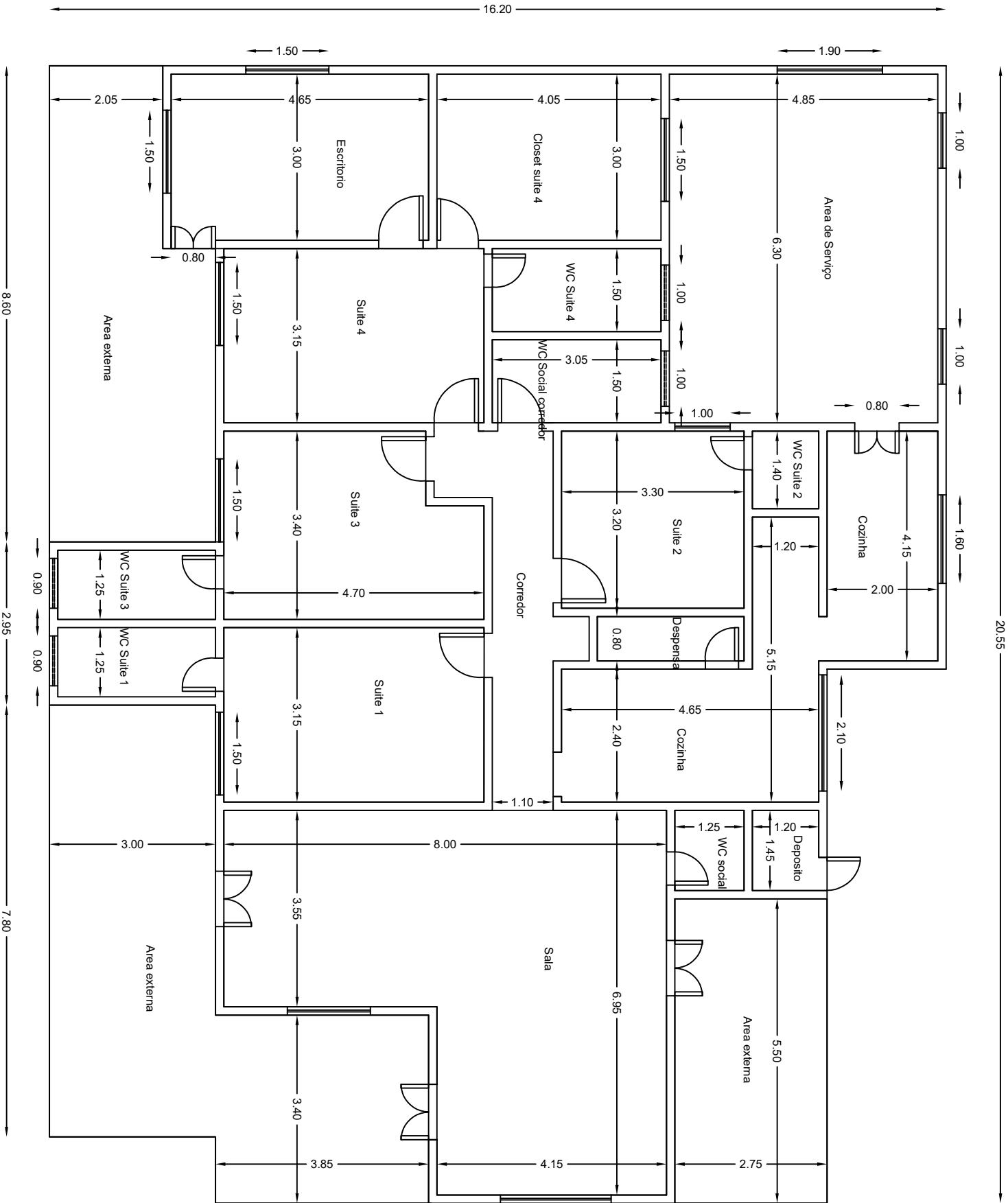
Revista Eletricidade Moderna. **Guia EM da NBR5410: Proteção contra sobrecorrentes**. Disponível em: <https://peropi.com.br/NBR/05_sobrecorrentes.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SAGE INTELIGÊNCIA ENERGÉTICA . **Diferença entre Etiqueta ENCE, Selo PROCEL e Selo CONPET**. 2020. Disponível em: <<http://www.e-sage.com.br/diferenca-entre-etiqueta-ence-selo-procel-e-selo-conpet/>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

Soluções Industriais . **AQUECEDORES A GÁS RINNAI**. 2020. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/conformax/produtos/aquecimento-industrial/assistencia-tecnica-aquecedores-gas-rinnai>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

VOLTIMUM. **PROCOBRE**. 2020. Disponível em: <<https://www.voltimum.com.br/brand/procobre>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DA RESIDÊNCIA



APÊNDICE B – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA VISTORIA



Área de Serviço



Cozinha



Sala



Sala



WC Suíte 4



WC Social Corredor

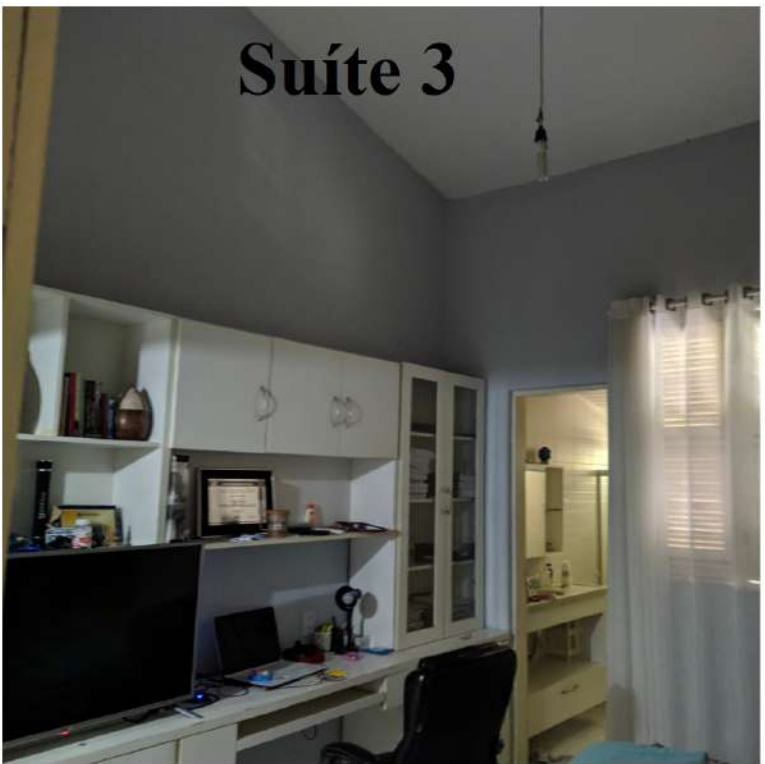




Externo



Suíte 3



Suíte 1



Escritório



Corredor



APÊNDICE C – DADOS COMPLEMENTARES SOFTWARE PROCOBRE

Dados Gerais sobre a instalação**Data :** 28/3/2020**Projeto :** DIMENSIONAMENTO_TCC**Descrição :** DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL - ESTUDO DE CASO - EUSÉBIO**Preço da energia ativa :** R\$ 0,75**Aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação :** 3 %**Preço da variação anual da demanda :** R\$ 0 / W·ano**Taxa de capitalização :** 3 %**Vida econômica da instalação :** 25 Anos**Emissões de CO2 no momento da geração por unidade de energia elétrica :** 0,081 kg-CO2/kWh**Emissões de CO2 no momento da produção do cobre por quilo de cobre :** 4,09 kg-CO2/kg-Cu**Circuitos****Descrição :** 1 - ILUMINAÇÃO**Tensão nominal :** 220 V**Tipo de circuito :** Fase-neutro**Tipo de cabo :** 450/750 V - unipolar**Seção técnica :** 4 mm²**Comprimento :** 14 m**Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano :** 2 A**Taxa de aumento anual da carga :** 1 %**Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado :** 70 °C**Temperatura ambiente média :** 40 °C**Número de horas de operação do circuito :** 10**Número de dias por ano de operação do circuito :** 365**Custo do cabo :** R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 2 - ILUMINAÇÃO

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 14 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 2 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 3 - ILUMINAÇÃO

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 18 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 2 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 4 - TUGs

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 14 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 8 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 5 - TUGS

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 14 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 10 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 6 - TUGs

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 10 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 10 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 7 - TUGs

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 11 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 12 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 8 - TUGs

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 9 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 14 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 9 - TUGs

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 4 mm²

Comprimento : 18 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 17 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 10 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 14 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 4 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 11 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 9 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 5 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 12 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 10 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 5 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 13 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 6 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 5 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 14 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 5 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 5 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 15 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 6 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 21 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 16 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 11 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 21 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 17 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 5 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 21 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

Descrição : 18 - TUE

Tensão nominal : 220 V

Tipo de circuito : Fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 6 mm²

Comprimento : 8 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 21 A

Taxa de aumento anual da carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 40 °C

Número de horas de operação do circuito : 10

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

Custo do cabo : R\$ 4,2818 / m·mm²

**APÊNDICE D – MANUAL - DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE
CONDUTORES**

FASCÍCULO NBR 5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

FASCÍCULO 47:

DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE CONDUTORES ELÉTRICOS

Introdução

A função de um cabo de potência é conduzir a energia elétrica da forma energeticamente mais eficiente e ambientalmente mais amigável possível desde a fonte até o ponto de utilização. No entanto, devido à sua resistência elétrica, o cabo dissipa, na forma de calor (perda joule), uma parte da energia transportada, de forma que uma eficiência de 100 % não é obtida neste processo. Em consequência, essa perda irá requerer a geração de uma energia adicional que contribuirá para o acréscimo da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

A energia dissipada por estes cabos precisa ser paga por alguém, transformando-se assim em um acréscimo nos custos operacionais do equipamento que está onde alimentado e da instalação elétrica como um todo. Esta sobrecarga financeira se estende por toda a vida útil do processo envolvido. O custo da energia tem um peso cada vez mais importante nos custos operacionais das edificações comerciais e industriais. Neste sentido, todos os esforços possíveis devem ser feitos para conter gastos desnecessários.

Os aspectos ambientais e conservacionistas relacionados com a energia desperdiçada também são importantes fatores, cada vez mais ressaltados. Estudos revelam que, ao longo do ciclo de vida dos fios e cabos elétricos, as mais significativas emissões de CO₂ (gás do efeito estufa) são produzidas quando os condutores estão sendo utilizados no transporte de energia elétrica, onde relativamente pequenas na fase de fabricação e descarte desses produtos. Essas emissões de CO₂ são resultantes da geração extra de energia necessária para compensar as perdas joule na condução da corrente elétrica pelo circuito. Desta forma, mantidas todas as demais características da instalação, a maneira mais adequada de reduzir as perdas joule nos fios e cabos, e conseqüentemente, as emissões de CO₂, é aumentar a seção nominal dos condutores elétricos.

Teoricamente, seria possível reduzir a perda de energia (joule) e a conseqüente emissão de CO₂ a valores insignificantes, aumentando-se a seção do condutor. No entanto, como isto significa aumentar o custo inicial do cabo, seus acessórios, linhas elétricas e mão de obra de instalação, tende-se a anular a economia conseguida pela melhoria da eficiência na distribuição. Neste caso, é interessante encontrar um compromisso entre estas duas variáveis (redução nas perdas x aumento do custo inicial da instalação).

A melhor ocasião para se considerar a questão das perdas joule e emissão de CO₂ numa instalação elétrica é na etapa de projeto, quando custos adicionais são marginais. É fácil compreender que, após sua instalação, é muito mais difícil e caro incorporar melhorias a um circuito. A questão central neste assunto é identificar uma seção de condutor que reduza o custo da energia desperdiçada, sem incorrer em custos iniciais excessivos de compra e instalação de um cabo.

Os critérios de dimensionamento econômico e ambiental apresentados a seguir são aplicáveis a todos os tipos de instalações elétricas de baixa e média tensão, sejam nas instalações prediais, comerciais e industriais ou nas redes públicas de distribuição de energia elétrica.

Existem algumas situações onde o emprego de tais critérios é particularmente mais interessante, tais como aquelas que envolvem circuitos com cargas relativamente elevadas, que funcionam por longos períodos durante o dia. São os casos de alimentadores de quadros de distribuição, quadros de luz, alimentação de motores elétricos, torres de resfriamento, ar condicionado, dentre outros, facilmente encontrados, por exemplo, em shopping centers, indústrias em geral, hospitais, edifícios comerciais e públicos, portos, aeroportos, estádios e ginásios esportivos, dentre outros.

Dimensionamento técnico e econômico de condutores elétricos conforme a norma NBR 15920

a) Seção Econômica

A Seção Econômica (S_{ec}) de um condutor elétrico pode ser determinada pela expressão [1] que utiliza parâmetros calculados pelas expressões [2] a [5].

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[\frac{I_{\max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot B \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5} \quad [1]$$

$$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot \frac{Q}{(1 + i/100)} \quad [2]$$

$$B = (1 + y_p + y_s) \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad [3]$$

$$Q = \sum_{n=1}^N (r^{n-1}) = \frac{1 - r^N}{1 - r} \quad [4]$$

$$r = \frac{(1 + a/100)^2 \cdot (1 + b/100)}{(1 + i/100)} \quad [5]$$

onde:

S_{ec} = seção econômica do condutor [mm^2]

I_{max} = corrente de projeto máxima prevista para o circuito no primeiro ano, [A];

F = quantidade auxiliar;

ρ_{20} = resistividade elétrica do material condutor a 20 °C [$\Omega \text{ m}$];

B = quantidade auxiliar;

a_{20} = coeficiente de temperatura para a resistência do condutor a 20 °C [K^{-1}];

q_m = temperatura média de operação do condutor [°C];

q = temperatura máxima nominal do condutor para o tipo de cabo considerado [°C];

q_a = temperatura ambiente média [°C].

A = componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor [$\$/\text{m}.\text{mm}^2$]

N_p = número de condutores de fase por circuito;

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga;

T = tempo de operação com perda joule máxima [h/ano];

P = custo de um watt-hora no nível da tensão pertinente [$\$/\text{W.h}$]

D = variação anual da demanda [$\$/\text{W.ano}$];

Q = quantidade auxiliar;

i = taxa de capitalização para cálculo do valor presente [%];

y_p = fator de proximidade, conforme IEC 60287-1-1;

y_s = fator devido ao efeito pelicular, conforme IEC 60287-1-1;

λ_1 = fator de perda da cobertura, conforme IEC 60287-1-1;

λ_2 = fator de perda da armação, conforme IEC 60287-1-1;

r = quantidade auxiliar;

N = período coberto pelo cálculo financeiro, também referido como "vida econômica" [ano];

a = aumento anual da carga (I_{max}) [%];

b = aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação [%].

• Aspectos econômicos

Para combinar os custos iniciais de compra e instalação com os custos de perdas de energia que surgem durante a vida econômica de um condutor elétrico, é necessário expressá-los em valores econômicos comparáveis, que são os valores que se referem ao mesmo ponto no tempo.

É sabido que, quanto menor a seção nominal de um condutor elétrico, menor é o seu custo inicial de aquisição e instalação e maior é o seu custo operacional durante a sua vida útil.

Multiplicando-se o valor obtido em [1] pelo preço do Wh cobrado pela distribuidora de energia (ou calculado para a fonte de geração própria), obtém-se o custo da perda de energia (operacional) do condutor elétrico.

Deste modo, o custo total de instalar e operar um cabo durante sua vida econômica, expresso em valores presentes, é calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Custo total} = CT = CI + CJ$$

[6]

onde:

CI é o custo inicial de um comprimento de cabo instalado, [\\$];

CJ é o custo operacional equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas joule durante a vida considerada, [\\$].

A Figura 1 apresenta as curvas típicas do custo operacional (CJ) e custo inicial de uma instalação (CI) em função da seção nominal dos condutores.

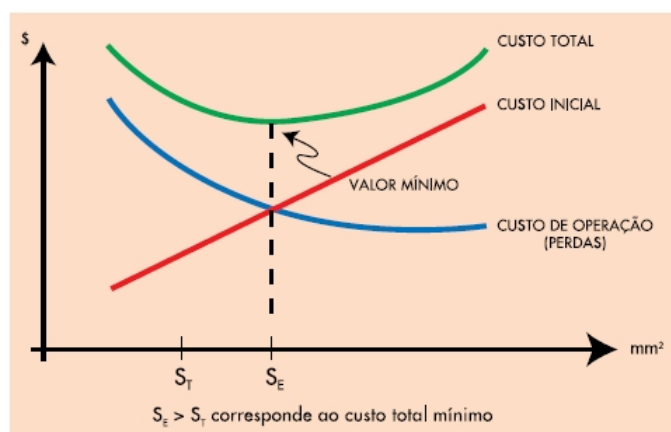


Figura 1- Custo inicial e custo operacional dos cabos em função da seção nominal.

Na Figura 1, somando-se ponto a ponto as duas curvas (custo inicial e custo operacional), tem-se, para cada seção nominal, o custo total daquele condutor ao longo de sua vida referido a um valor presente.

Conforme a Figura 1, a curva relativa ao custo total apresenta um ponto de valor mínimo (\$) para uma dada seção (mm²).

Denomina-se como seção econômica (S_{ec}) de um circuito aquela seção que resulta no menor custo total de instalação e operação de um condutor elétrico durante sua vida econômica considerada.

De acordo com a NBR 15920, o custo total (CT) pode ser calculado por:

$$CT = CI + I_{\max}^2 \cdot R \cdot l \cdot F \quad [\$] \quad [7]$$

onde:

I_{\max} = carga máxima no cabo durante o primeiro ano, [A];

l = comprimento do cabo, [m];

F = calculado pela equação [2];

R = resistência c.a. aparente do condutor por unidade de comprimento, levando em conta os efeitos pelicular e de proximidade (y_p, y_s) e as perdas em blindagens metálicas e armações (λ_1, λ_2), [Ω/m].

O valor de R em função da seção padronizada S do condutor deve ser considerado na temperatura média de operação do condutor (θ_m) e calculado pela seguinte expressão:

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot B [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)]}{S} \cdot 10^6 \quad [8]$$

b) Dimensionamento ambiental de condutores elétricos

Ao longo do ciclo de vida dos fios e cabos elétricos, as mais significativas emissões de CO_2 (gás do efeito estufa) são produzidas quando os condutores transportam a energia elétrica, sendo relativamente pequenas na fase de fabricação e descarte desses produtos. Essas emissões de CO_2 são resultantes da geração extra de energia necessária para compensar as perdas joule na condução da corrente elétrica pelo circuito. Como visto nas seções anteriores, é possível reduzir a perda de energia (joule) e a consequente emissão de CO_2 através do aumento da seção do condutor pela aplicação do critério de dimensionamento econômico. Assim, é fácil concluir que haverá um ganho ambiental sempre que, num período considerado, as emissões de CO_2 evitadas durante a operação do cabo forem menores do que as emissões de CO_2 realizadas para sua fabricação. Os itens a seguir apresentam os modos de calcular as emissões de CO_2 evitadas e realizadas.

Redução das emissões de CO_2 na geração de energia pelo aumento da seção

Quando os condutores dimensionados pelo critério técnico (de menor seção) são substituídos por condutores dimensionados pelo critério econômico (de maior seção), a quantidade anual de redução de emissões de CO_2 é dada pela seguinte fórmula:

$$Z_1 = \Sigma [N_p \times N_c \times I^2 \times (R_1 - R_2) \times 10^{-3} \times T \times l \times K_1] \quad [9]$$

onde:

Z_1 = quantidade anual de redução de emissões de CO_2 , [kg- CO_2];

N_p = número de condutores de fase por circuito;

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga;

I = corrente de projeto, [A];

l = comprimento do cabo, [km];
 R_1 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), [Ω /km] – calculada conforme equação [8];
 R_2 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), [Ω /km] – calculada conforme equação [8];
 T = tempo de operação por ano [h/ano];
 K_1 = emissões de CO_2 no momento da geração por unidade de energia elétrica, [kg- CO_2 /kWh]. Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, dados de 2010 indicam um valor de $K_1 = 0,089$ kg- CO_2 /kWh.

Aumento das emissões de CO_2 na fabricação de condutores pelo aumento da seção

O aumento da seção dos condutores quando dimensionados pelo critério econômico tem como consequência direta o aumento nas emissões de CO_2 no processo completo de fabricação dos cabos elétricos, desde a fase de extração do metal condutor na mina até o descarte do produto após sua utilização (ciclo de vida do produto). Isso se deve ao fato de que seções maiores utilizam mais materiais e, conseqüentemente, mais energia é consumida na fabricação e demais etapas da vida do produto.

O principal aumento nas emissões de CO_2 devido ao aumento da seção ocorre na produção do cobre, desde a mina até a fabricação do elemento condutor do cabo. O aumento anual das emissões de CO_2 neste caso é dado pela seguinte expressão:

$$Z_2 = \Sigma [(W_2 - W_1) \times l \times K_2] \quad [10]$$

onde:

Z_2 = quantidade anual de aumento de emissões de CO_2 , [kg- CO_2];
 W_1 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), [kg/km]
 W_2 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), [kg/km];
 l = comprimento do cabo, [km];
 K_2 = emissões de CO_2 no momento da produção do cobre por unidade de cobre, [kg- CO_2 /kg-Cu]. Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país e do processo de extração e fabricação do metal, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, onde a maioria do cobre utilizado nos condutores elétricos é importada do Chile, recomenda-se utilizar $K_2 = 4,09$ kg- CO_2 /kg-Cu que é aquele correspondente à produção do catodo de cobre eletrolítico realizada naquele país.

O resultado do dimensionamento ambiental de condutores elétricos pode ser determinado por $Z_1 - Z_2$. Na condição de $Z_1 - Z_2 > 0$, as reduções nas emissões de CO_2 obtidas pelo uso de cabos de maiores seções durante a vida econômica considerada compensaram os aumentos nas emissões de CO_2 devidas ao processo de fabricação dos cabos com maiores seções. Em outras palavras, $Z_1 - Z_2$ representa o ganho ambiental obtido pela redução das emissões de CO_2 devido ao dimensionamento econômico dos condutores.

c) Software

O Instituto Brasileiro do Cobre, Procobre, disponibiliza um software que realiza o dimensionamento econômico e ambiental de condutores elétricos no site www.procobre.org.

ANEXO A - CONTA DE ENERGIA - NOVEMBRO

7960353
Para agilizar seu atendimento, utilize o nº acima sempre que entrar em contato conosco.

Companhia Energética do Ceará
R. Padre Valdevino, 150
CEP 00135 040 | Fortaleza CE
CNPJ 07047251/0001-70 | CGF 06.105.848-3

enel

7960353
Para agilizar seu atendimento, utilize o nº acima sempre que entrar em contato conosco.

Companhia Energética do Ceará
R. Padre Valdevino, 150
CEP 00135 040 | Fortaleza CE
CNPJ 07047251/0001-70 | CGF 06.105.848-3

enel

CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO B | SÉRIE ÚNICA | Nº

Rota Referência **031474470**
Nome EB103U57 - 75800 Referência **11/2019**
Endereço RANCILENA MARIA LOPES DE PATIVA EUSEBIO

Classificação Residencial Pleno Emissão
Modalidade de Serviço B1 RESIDENCIAL Medidor 07/11/2019
Ligação 3767880 MAN-230

ÁREA RESERVADA AO FISCO ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO (kWh)

08228F07281A0E4E03598859516B4FF

DATAS DE LEITURA P.F. 1-30 dias

Anterior	Atual	Próxima prevista
05/10/2019	07/11/2019	06/12/2019

DADOS DA MEDIÇÃO

Posto	Leit. Atual	Leit. Anterior	Const.	Consumo Mês (kWh)	Consumo Incl. (kWh)	Consumo Fat. (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)
FP	98.693	98.258	1,00	435	00	435	0,72857	316,93

DADOS DO FATURAMENTO

TARIFA	VALOR (R\$)
CIP - ILUM PUB PREF MUNIC	87,22
CONSUMO	316,93
ADICIONAL BAND. AMARELA	7,05
ADICIONAL BAND. VERMELHA	5,27
DMIC	-0,20

Tributo: Base (R\$): Aliquota (%): Valor (R\$):

ICMS	329,25	27,00	88,89
PIS	329,25	0,04	0,12
COFINS	329,25	0,30	0,97

VENCIMENTO 10/12/2019 **TOTAL A PAGAR (R\$)** 416,27

CONSUMO CONSCIENTE **CPF/CNPJ** 360.634.013-34

EMISSÕES DE CO₂ (kg/kWh). Compense suas emissões pelo consumo de energia elétrica.

ANEXO B - CONTA DE ENERGIA - DEZEMBRO

Nº do Cliente: 7960353

A Tarifa Social de Energia Elétrica foi criada pela Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002

enel

Companhia Energética do Ceará
 RUA Padre Valdevino, 160
 CEP 00135-040 | Fortaleza CE
 CNPJ 07042251/0001-70 | CGF 06.105.948-3

CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO B | SÉRIE ÚNICA | Nº 041540241

Rota Referência: 12/2019
 Nome: EB103U57 - 75800
 Endereço: FRANCILENA MARIA LOPES DE PAIVA

Classificação: Residencial Pleno
 Modalidade Tarifária: B1 RESIDENCIAL
 Emissão Medidor: 09/12/2019

ÁREA RESERVADA AO FISCO | **ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO (kWh)**

DATAS DE LEITURA
 Anterior: 07/11/2019 | Atual: 09/12/2019 | Próxima prevista: 09/01/2020

DADOS DA MEDIÇÃO

Posto	Leit. Atual	Leit. Anterior	Const.	Consumo Mês (kWh)	Consumo Incl. (kWh)	Consumo Fat. (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)
FP	99.151	98.693	1,00	458	00	458	0,75338	345,05

DADOS DO FATURAMENTO | **TARIFA** | **VALOR (R\$)**

CIP - ILUM PUB PREF MUNIC	-	79,81
CONSUMO	0,75338	345,05
ADICIONAL BAND. AMARELA	0,00531	2,43
ADICIONAL BAND. VERMELHA	0,04255	19,49

Tributo: Base (R\$): Aliquota (%): Valor (R\$):

ICMS	366,97	27,00	99,07
PIS	366,97	0,49	1,78
COFINS	366,97	2,24	8,20

VENCIMENTO 10/01/2020 | **TOTAL A PAGAR (R\$)** 446,78

CONSUMO CONSCIENTE | **CPF/CNPJ** 360.634.013-34

EMISSÕES DE CO₂ (kg/kWh). Compense suas emissões pelo consumo de energia elétrica.

Emitido kg (CO₂) | Compensado kg (CO₂) | Consciência Ecológica (%CO₂)

17,00 | 0,00 | 0,00%

INFORMAÇÕES AO CLIENTE

Periodos: Band. Tarif.: Vermelha : 08/11 - 30/11 Amarela : 01/12 - 03/12