



Universidade de Taubaté

Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

UNITAU

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**AMANDA LAURA DE OLIVEIRA
MATHEUS EMILIANO DE PAULA FERREIRA**

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
INDUSTRIAL**

Taubaté – SP
2020

**AMANDA LAURA DE OLIVEIRA
MATHEUS EMILIANO DE PAULA FERREIRA**

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
INDUSTRIAL**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador (a): Prof. Me. Seide da Cunha Filho

Taubaté
2020

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi
Universidade de Taubaté - UNITAU**

O82e

Oliveira, Amanda Laura de

Estudo de eficiência energética em sistema de iluminação industrial /
Amanda Laura de Oliveira , Matheus Emiliano de Paula Ferreira. -- 2020.
117 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2020.

Orientação: Prof. Me. Seide da Cunha Filho, Departamento de
Engenharia Elétrica.

1. Iluminação. 2. Energia elétrica. 3. Consumo. 4. Fonte renovável.
I. Ferreira, Matheus Emiliano de Paula. II. Universidade de Taubaté.
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica. Graduação em
Engenharia Elétrica e Eletrônica. III. Título.

CDD – 621.31924



Universidade de Taubaté

Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

UNITAU

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

**AMANDA LAURA DE OLIVEIRA
MATHEUS EMILIANO DE PAULA FERREIRA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA”

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. SEIDE DA CUNHA FILHO

Orientador/Mestre pela UNIFEI – Itajubá

Prof. Me. Eder Salim Minhoto

Mestre pela UNITAU – Taubaté

Eng. Prof. Rubens Castilho Junior

Engenheiro Eletricista pela UNITAU – Taubaté

Dezembro de 2020

De modo especial, a meus pais, grandes incentivadores e responsáveis por minha educação, sacrificando seus atos a fim de priorizar meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, guardião e guia de todos os passos. Agradeço pela minha vida, minha família, oportunidades a mim concedidas. “Deus não escolhe os capacitados, mas capacita os escolhidos”.

Aos meus pais, que apesar das dificuldades enfrentadas, nunca deixaram de sacrificar-se e incentivar-me a buscar meus sonhos, abrindo mão de bens materiais e sonhos individuais a fim de que pudesse alcançar a primeira graduação.

À minha família, em especial meus avós e minha irmã, sendo espelhos de dedicação, estudo e honestidade.

À minha namorada, *Victoria*, que sempre escutou e me amparou à medida que o cansaço aumentava, sendo meu ponto de segurança.

Ao meu orientador, *Prof. Me. Seide da Cunha Filho*, que me acompanha e suporta desde o início de minha carreira de capacitação profissional, em especial ao período de aulas remotas devido à pandemia do COVID-19, onde desdobrou-se para que a qualidade do ensino fosse igual ou superior à sala de aula, e a todo corpo docente do departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica do Campus JUTA, por todas aulas ministradas e conhecimentos compartilhados.

Aos colegas de classe, por todas as experiências compartilhadas, todos os momentos de estudos, troca de ideias, companheirismo, lazer. Sem dúvidas, sem o apoio de cada personagem da turma, o caminho até o diploma seria mais árduo.

À Novelis do Brasil LTDA., em particular ao engenheiro *Robson Vitor Oliva* e ao técnico *Vitor Donizetti Oliveira*, além de toda equipe da ISS Service, pela disponibilização do espaço para execução do projeto e suporte em todas as etapas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização desta graduação.

Agradeço ao meu pai, *Augusto*, que sempre me inspirou como pessoa, profissional e que lutou para que eu estivesse concluindo mais essa etapa da minha vida. Sei o quanto você se doou para a realização desse sonho.

À minha mãe amada, *Ana*, que sempre acreditou em mim, e meu deu todo suporte necessário para que eu conseguisse atingir meus objetivos durante o curso, e nunca mediu esforços para me ajudar.

Aos meus amados irmãos, *Samuel* e *Pedro*, que sempre estiveram ao meu lado, acompanharam a minha dedicação e torceram por mim.

À minha cunhada, *Larissa*, que me acompanhou desde o início do curso, viveu comigo todos os momentos e me proporcionou a honra de ser tia durante essa trajetória.

Sou grata aos meus amigos, em especial *Dante*, *Carine* e *Daniela*, que sempre me apoiaram em todos os momentos, soube compreender quando eu não podia estar presente e me deram forças para vencer mais essa etapa da minha vida, sempre acreditando em mim.

À todos meus familiares, em especial minha tia *Ana Paula* que sempre me incentivou e encorajou na minha vida profissional.

Aos meus colegas de sala que tive o convívio durante esses cinco anos de curso, compartilhando conhecimentos e experiências tornando a rotina de estudos mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Me. Seide da Cunha Filho, pelo empenho dedicado à elaboração desse trabalho, apoio e confiança.

E por fim, agradeço a Universidade de Taubaté, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação e por tudo que aprendi ao longo do curso.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Este trabalho visa desenvolver e apresentar um sistema simples, mas eficiente, de controle automatizado de um sistema de iluminação, caminhando na metodologia de eficiência energética. A área industrial e logística, como grandes consumidores de energia elétrica, precisam de ações especiais para redução e melhor utilização da energia elétrica. Para tal, adotamos um sistema com relé pré-programado integrado à um sensor de lux, que realiza a leitura da quantidade de iluminação no ambiente e controla o funcionamento das luminárias, apagando-as quando a iluminação ambiente é suficiente e acionando-as a medida que a quantidade de lux no local é inferior à indicada em norma. De tal modo, a iluminação artificial ficaria ativa apenas em momentos de real necessidade, gerando reduções significativas de custos, consumo de energia elétrica, aplicando a metodologia de eficiência energética e sustentabilidade, valores essenciais em qualquer período da humanidade, sem a necessidade de um desprendimento elevado de capital e interferência humana, visto a simplicidade e eficiência do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação, lux, eficiência energética, energia elétrica, consumo, redução, tecnologia, sustentabilidade, fonte renovável.

ABSTRACT

This work aims to develop and presents a simple, but efficient, automated control system for a lighting system, using the energy efficiency methodology. The industrial and logistics areas, as large consumers of electricity, need special actions to reduce and make better use of electricity. To this end, we have adopted a system with a pre-programmed relay integrated with a lux sensor, which performs the reading of the amount of lighting in the environment and controls the operation of the luminaires, switching them off when the ambient lighting is sufficient and activating them to measure that the amount of lux in the location is less than indicated in the norm. In such a way, artificial lighting would be active only in times of real need, generating significant cost reductions, electricity consumption, applying the methodology of energy efficiency and sustainability, essential values in any period of humanity, without the need for detachment capital and human interference, given the simplicity and efficiency of the project.

KEYWORDS: Lighting, lux, energetic efficiency, electrical energy, consumption, reduction, technology, sustainability, renewable source.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia elétrica no Brasil em GWh de 1995 a 2019	23
Figura 2 - Selo PROCEL	27
Figura 3 - Etiqueta padrão para equipamentos (PROCEL)	28
Figura 4 - Etiqueta padrão de eficiência energética para lâmpadas (PROCEL)	28
Figura 5 - Etiqueta para edificação	30
Figura 6 - Ranking global de eficiência energética (2018)	31
Figura 7 - Comparação pontuação do Brasil com a pontuação máxima e média.....	32
Figura 8 - Comparação Brasil com os demais países do continente americano pesquisados ..	32
Figura 9 - Matriz energética na Alemanha (2018)	33
Figura 10 - Geração de energia climaticamente neutra até 2040 na Alemanha	34
Figura 11 - Matéria do blog “Época Negócios” com a matriz energética brasileira (2019)	35
Figura 12 - Projeção geração de energia até 2050.....	36
Figura 13 – Diagrama de fluxo de energia de uma lâmpada de sódio de alta pressão	41
Figura 14 - Composição de uma lâmpada LED	42
Figura 15 - Distribuição de energia lâmpada convencional	43
Figura 16 - Constituição e distribuição luminosa de um diodo emissor de luz.....	44
Figura 17 - Poluição luminosa impactando na iluminação e paisagem natural.....	45
Figura 18 - Representação das temperaturas de cores das lâmpadas [K].....	46
Figura 19 - Sensação transmitida por lâmpada de cor quente	47
Figura 20 - Sensação transmitida por lâmpada de cor fria	47
Figura 21 - Impacto dos diferentes IRCs nos alimentos.....	48
Figura 22 - Curvas de depreciação dos tipos de iluminação	49
Figura 23 - Diagrama de funcionamento de uma usina hidrelétrica.....	55
Figura 24 - Porcentagem de fontes para geração de energia elétrica no Brasil e mundo	56
Figura 25 - Matriz energética brasileira (BEM, 2018)	56
Figura 26 - Países com maior geração de energia hidrelétrica (2018)	57
Figura 27 - Usinas elétricas	57
Figura 28 - Maior usina hidrelétrica do mundo	58
Figura 29 - Módulos fotovoltaicos instalados sobre uma residência.....	62
Figura 30 - Sistema fotovoltaico <i>on grid</i>	63
Figura 31 - Sistema fotovoltaico <i>off grid</i>	64
Figura 32 - Vista aérea do maior parque fotovoltaico do mundo.....	65
Figura 34 - Maior usina fotovoltaica do Brasil.....	66
Figura 35 - Projeção de sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil até 2024.....	67
Figura 36 - Aerogerador de Bruch.....	70
Figura 37 - Crescimento dos aerogeradores	71
Figura 38 - Primeira turbina eólica do Brasil	72
Figura 39 - Representação de um diagrama de sistema eólico isolado (off grid)	73
Figura 40 - Representação do diagrama de um sistema eólico interligado (on grid)	74
Figura 41 - Parte de uma turbina eólica.....	75
Figura 42 - Maior parque eólico onshore do mundo na China.....	76
Figura 43 - Parque eólico Whitelee	76
Figura 44 - Complexo Eólico Cutia: maior parque eólico do Brasil.....	77
Figura 45 - Maior parque eólico offshore do mundo.....	78
Figura 46 - Diagrama de operação de usina de biomassa.....	82
Figura 47 - Maior planta produtora de bionergia do mundo	83
Figura 48 - Evolução do potencial de bioenergia no longo prazo	84
Figura 49 - Diagrama de geração de energia em usina de ondas	87
Figura 50 - Usina de Pecém, no Ceará. Primeira usina de ondas do mundo.....	88

Figura 51 - Quantidade de lux médio mínima determinada pela ABNT.....	92
Figura 52 - Valor de iluminância no local apenas com iluminação natural	93
Figura 53 - Modelo de luminária utilizado no local	95
Figura 54 - Painel substituído.....	96
Figura 55 - Planta com distribuição das luminárias no galpão.....	97
Figura 56 - Painel novo	98
Figura 57 - Interligação das chaves com sinalizações.....	99
Figura 58 - Distribuição interna do painel.....	100
Figura 59 - Relé fotoelétrico aplicado no projeto.....	101
Figura 60 - Programação da função timer no reléfotoelétrico série 11.91	102
Figura 61 - Diagrama de atuação do relé.....	102
Figura 62 - Sensor de lux.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento anual da capacidade instalada de geração no Brasil (1883-1945).....	22
Tabela 2 - Comparativo fluxo luminoso entre lâmpadas (lm/W).....	50
Tabela 3 - Análise de consumo de um galpão industrial.....	51
Tabela 4 - Comparativo consumo energético e financeiro Vapor de Sódio x LED	51
Tabela 5 - Consumo do galpão com iluminação industrial 24 horas acionada	106
Tabela 6 - Consumo do galpão com iluminação industrial 14 horas acionada	106
Tabela 7 - Comparativo dos consumos do sistema de iluminação industrial.....	107

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo de consumo energético.....	38
Equação 2 - Cálculo de custo com consumo energético	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APR	Análise Preliminar de Risco
AT	Alta Tensão
BIPV	Building Integrated Photovoltaics
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CC	Corrente Contínua
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
DALI	Digital Addressable Light Interface
EIA	International Energy Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	Diodo Emissor de Luz
LOTO	Lock Out Tag Out
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MME	Ministério de Minas e Energia
MT	Média Tensão
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PME	Programa de Mobilização Elétrica
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PT	Permissão de Trabalho
RGB	Red, Green and Blue – Cores Primárias
RPM	Rotações
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
WO	Work Order

LISTA DE SÍMBOLOS

P	Potência ativa
H	Horas
kW/h	Consumo de energia elétrica
Lm	Lumens
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVO	19
1.2	RESULTADOS ESPERADOS	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	ENERGIA ELÉTRICA.....	22
2.1	INÍCIO DA ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO	23
3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	25
3.1	SURGIMENTO GLOBAL	25
3.2	SURGIMENTO NO BRASIL	26
3.3	DESEMPENHO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GLOBAL	30
3.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	34
4	MELHORIAS DE CONSUMO	37
4.1	DIMINUIÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA.....	37
4.2	ILUMINAÇÃO	39
4.2.1	 Led em comparação à lâmpada de descarga.....	40
4.2.1.1	Equivalente	49
4.2.2	 Impacto financeiro.....	50
5	FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	53
5.1	USINA HIDRELÉTRICA	53
5.1.1	 Surgimento	54
5.1.2	 Princípio de funcionamento.....	54
5.1.3	 Estrutura brasileira.....	55
5.1.4	 Vantagens e desvantagens.....	58
5.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO	59
5.2.1	 Surgimento	60
5.2.2	 Princípio funcionamento.....	61
5.2.2.1	Sistema on grid	62
5.2.2.2	Sistema off grid	64
5.2.3	 Instalações fotovoltaicas mundiais.....	65
5.2.4	 Perspectivas futuras	66
5.2.5	 Vantagens e desvantagens.....	68
5.3	SISTEMA EÓLICO.....	68
5.3.1	 Surgimento	69
5.3.2	 Princípio funcionamento.....	72
5.3.3	 Partes do sistema de geração	74
5.3.4	 Sistemas eólicos mundiais	75
5.3.5	 Perspectivas futuras	78
5.3.6	 Vantagens e desvantagens.....	79
5.4	BIOMASSA	80
5.4.1	 Princípio funcionamento.....	81
5.4.2	 Cenário atual.....	82
5.4.3	 Perspectivas futuras	84
5.4.4	 Vantagens e desvantagens.....	85
5.5	ENERGIA DAS ONDAS	85

5.5.1	Princípio funcionamento.....	86
5.5.2	Usina em operação.....	87
5.5.3	Vantagens e desvantagens.....	88
6	EMPRESA DE APLICAÇÃO.....	90
7	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONTROLE DE ILUMINAÇÃO.....	91
7.1	NORMATIVA.....	91
7.2	ANÁLISE DE APLICAÇÕES.....	94
7.3	INSTALAÇÃO EXISTENTE.....	95
7.4	DESENVOLVIMENTO PROJETO.....	96
7.4.1	Painel de controle.....	97
7.5	RELÉ FOTOELÉTRICO E SENSOR DE LUX.....	100
7.6	INSTALAÇÃO DO PAINEL.....	103
7.6.1	Problemas durante instalação.....	104
7.6.2	Solução.....	104
7.6.3	Finalização.....	105
7.7	RESULTADOS DO PROJETO.....	105
8	CONCLUSÃO.....	108
	REFERÊNCIAS.....	111

1 INTRODUÇÃO

Com uma sociedade cada dia mais digital e tecnológica, a energia elétrica tem, em mesma direção, aumento de demanda. O crescimento populacional em conjunto à mudança de hábitos e estilos de vidas apresentados, em especial, nas três últimas décadas vêm elevando o consumo e trazendo necessidades de ajustes por parte do sistema em geral, do consumidor ao provedor. Além de tais crescimentos, é presente utilizações inadequadas dos provenientes energéticos, agravando o destino incorreto da energia, gerando desperdícios impactantes nos processos finais.

Com isso, temos inúmeros desafios a fim de otimizar os consumos, extinguindo destinação imprópria e adotando medidas racionais ao uso dos recursos naturais. Assim, o termo “eficiência energética” estabeleceu-se como um foco do mercado, apresentando soluções para os destinos inadequados citados, provendo benefícios que agregam diferentes áreas, como ambiental, social e econômica, mas que estão cada vez mais interligadas.

A pauta é pelo poder público. No fim de 1895, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), visando a promoção do uso racional e eficiente da energia elétrica, reduzindo seu desperdício. Desse ponto em diante, diversos marcos importantes ocorreram buscando uma evolução no consumo de energia, de modo geral, no país.

Um temor na adequação do consumo energético é a qualidade e produtividade de máquinas e equipamentos. Porém, com os avanços tecnológicos, os sistemas evoluíram de tal maneira que os processos atuais demandam menos energia para entregar produtos de mesma ou superior qualidade, o que ocorre na maioria dos casos. A sociedade, em contexto geral, deixou de ser atenciosa apenas à fatores como qualidade final, prazos, quantidade, e passou a olhar o todo, ou seja, oportunidades de redução de custos no processo geral, seja na matéria prima ou na quantidade de energia destinada aquela operação.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma de inúmeras aplicações possíveis na otimização do consumo de energia elétrica identificada após estudo em campo e visualização do processo atual.

Para tal, o projeto é desenvolvido em um galpão de uma planta industrial, local com excelentes oportunidades de melhor de utilização de energia, como, por exemplo, elétrica e gás natural.

O estudo será desenvolvido partindo de conceitos teóricos e históricos, apresentando as oportunidades identificadas no processo, isto é, os pontos onde o sistema pode sofrer alteração visando eficiência energética sem alterar o processo.

Serão analisados também aspectos econômicos, como custo/benefício, *payback*, produtividade.

1.2 RESULTADOS ESPERADOS

Com esse projeto, esperamos apresentar e validar uma de tantas oportunidades de melhoria no destino final da energia elétrica gerada, fazendo com que, assim, mais processos possam atualizar suas atividades a fim de racionalizar seus consumos e, além de adequar-se à questões ambientais e sociais, consigam reduzir seus custos e obter lucros mais atrativos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos.

Capítulo 2 – Aborda conceitos básicos de energia elétrica, como é obtida e utilizada.

Capítulo 3 – Aborda definições sobre eficiência energética.

Capítulo 4 – Apresenta duas das mais usuais formas de obtenção de eficiência energética.

Capítulo 5 – Apresenta alguns tipos de geração de energia a partir de fontes renováveis, bem como suas origens, aplicações, perspectivas futuras e vantagens e desvantagens.

Capítulo 6 – Apresenta uma breve introdução acerca da empresa onde o estudo foi implantado.

Capítulo 7 – Informações sobre o estudo de forma mais detalhada, considerando os pontos de melhoria identificados para definição do estudo, forma de condução e desenvolvimento, execução e materiais aplicados, resultados estimados.

Capítulo 8 – Trata das conclusões obtidas com o desenvolvimento do estudo, ressaltando valores importantes.

2 ENERGIA ELÉTRICA

Energia é a capacidade provida a algo ou alguém de realizar trabalho. Dentre seus tipos, podemos encontrar mecânica, nuclear, química, térmica e, a mais consumida em nosso cotidiano, elétrica.

Eletricidade, basicamente, é uma forma de energia que se origina da energia potencial, baseada na geração de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos, permitindo estabelecer corrente elétrica entre os mesmos.

A elétrica é principal fonte de energia do mundo. Os avanços tecnológicos, a melhoria na qualidade de vida, a evolução das formas de trabalho, de produção, enfim, todo o desenvolvimento da humanidade tem abrupta influência desta modalidade de energia. Nossas atividades cotidianas atuais não podem mais ser realizadas sem a existência dessa fonte, pois ela quem proporciona suprimento para as ações mais básicas, desde nossa fonte de renda, até questões como bem-estar, conforto, saúde, interação, segurança e lazer.

Devido sua versatilidade, tornou-se a mais popular. Facilmente, pode ser convertida em outras fontes de energia, como mecânica, térmica ou luminosa, além de sua otimização de transporte e redução de perdas.

A tabela abaixo exemplifica alguns períodos do século XX no Brasil onde, ainda com evolução tecnológica incomparável com tempos atuais, a capacidade instalada de geração crescia com o passar dos anos.

Período	1883-1900	1900-10	1910-20	1920-30	1930-40	1940-45
% a.a	35,7	30,7	8,8	7,8	4,8	1,5

Tabela 1 - Crescimento anual da capacidade instalada de geração no Brasil (1883-1945)
Fonte: Gomes et al (2002), p. 5.

Já o gráfico abaixo, mostra uma realidade mais atual, onde a tecnologia começava a se tornar mais frequente na rotina mundial. O mesmo contempla o período de 1995, um ano muito marcante no setor *tech*, como por exemplo pela criação do sistema operacional que revolucionou o mercado, o Windows 95, pela Microsoft Corporation, o início da *internet*, criação dos primeiros DVDs etc., a 2019.

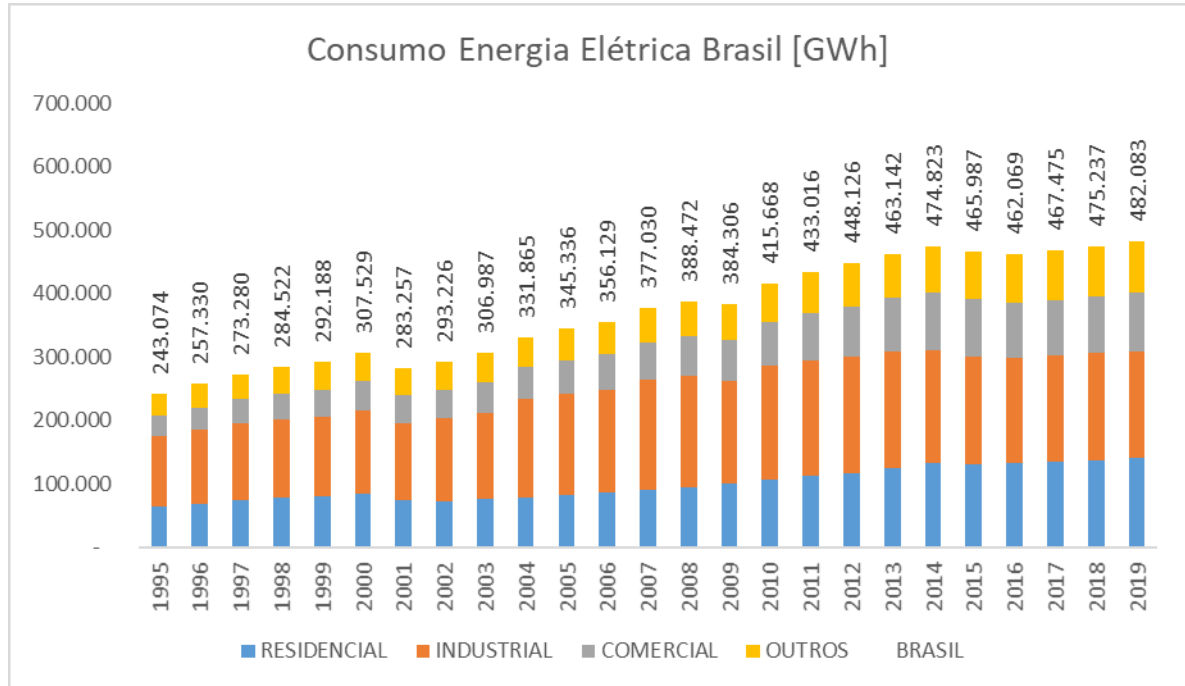


Figura 1 - Consumo de energia elétrica no Brasil em GWh de 1995 a 2019
 Fonte: EPE, Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional)

No capítulo em questão, trataremos mais a fundo como esse tipo de energia surgiu, seus primeiros registros no Brasil, o histórico de seu tipo mais usual de geração e distribuição.

2.1 INÍCIO DA ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO

A divisão do tema que aqui trataremos com mais ênfase teve seu primeiro suspiro em 5 a.C., quando Tales de Mileto, ao esfregar um âmbar a um pedaço de pele de carneiro, observou que pequenos objetos eram atraídos involuntariamente. A partir deste momento, a eletricidade passou por diversas novas descobertas e experimentos, como o início de seu estudo mais sistemático no século XVIII, com William Gilbert. Ele determinou como “força elétrica” tal propriedade que alguns corpos têm de atrair outros ao serem atritados. Mais tarde, Benjamin Franklin apresentou demonstrações de que o relâmpago é um fenômeno elétrico, visto que o mesmo se originava de um desequilíbrio elétrico entre nuvem e solo. Nesse momento, surgiu o para-raios.

Porém, foi na segunda metade do século XIX que o tema ganhou desenvolvimento primordial. A partir dos trabalhos de Michael Faraday, Simon Ohm e Werner Siemens, com o

desenvolvimento do dínamo, motor elétrico, transformador e gerador, a sociedade começou a fascinar-se com a ideia trocar a iluminação das velas por elétrica.

No Brasil, ainda no século XIX, mais precisamente em 1879, Dom Pedro II, o segundo e último monarca do Império do Brasil, introduziu no país a eletricidade através de instalação de iluminação pública na Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II, no Rio de Janeiro.

Acima, pudemos, de forma resumida, ter acesso ao início da história da energia elétrica num contexto geral. Porém, a forma mais comum de geração de eletricidade que conhecemos até os dias atuais se deu apenas no final do século XIX.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Termo que se tornou, há tempos, comum em reuniões para discussões de reduções de custos, eficiência energética, como cita o próprio Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), desenvolvido pelo MME, “refere-se a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atendimento das demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto na natureza”. Em suma, diz respeito à diminuição do consumo de energia a fim de realizar a mesma atividade sem perder a qualidade.

Como visto em capítulos anteriores, com a crescente demanda por energia elétrica, em especial, aumenta também a necessidade de geração deste tipo de energia. Mesmo sendo a água (recurso utilizado no modelo de geração de tal energia mais usual, em especial no Brasil) uma fonte renovável, seu uso deve ser utilizado de forma racional. Visto isso, faz-se essencial o uso otimizado da energia disponível, visando não apenas as questões ambientais, como o fato do consumo de água já citado ou mesmo a emissão de gases nocivos, mas também a promoção de baixa nos custos.

O trabalho em questão avaliará um sistema de eficiência energética em uma empresa metalúrgica. Mesmo a planta em questão possuindo fornos a gás natural, é possível encontrar aplicações onde há oportunidades de redução no consumo de energia elétrica.

O presente capítulo aprofundará no tema já introduzido, como essa medida surgiu e tornou-se necessária no Brasil e no mundo, bem como alguns programas de regulamentação e incentivo, até alguns tipos de processos que visam a geração de energia através de fontes renováveis e sustentáveis, isto é, sem nocividade ao meio ambiente.

3.1 SURGIMENTO GLOBAL

O termo eficiência energética ganhou destaque mais relevante na década de 70, quando os chamados “Choques do Petróleo” em 1973-74 e 1979-81, associados principalmente à instabilidade política no oriente médio, alertaram, em especial, os governos da escassez do recurso energético, ocasionando crises de suprimentos de energia, forçando alta dos preços dos energéticos e abrindo caminho à uma série de medidas direcionadas à

readequação da utilização de seus recursos. Como cita, ainda, o PNEf, “com a publicação dos estudos do Clube de Roma, [...] ressaltou-se a percepção de que o aumento de eficiência pode constituir uma das formas mais econômica e ambientalmente favoráveis de atendimento de parte dos requisitos de energia”.

Países de maior desenvolvimento e poderio econômico, reuniram-se a fim de angariar recursos para investimentos em projetos destinados à maior eficiência na utilização da energia e para medidas que aderiam fontes renováveis no processo de geração. Assim sendo, diminuía sua dependência perante o uso de recursos não-renováveis, como o petróleo, por exemplo.

Na década de 90, novos acontecimentos, como a alteração climática por conta da utilização de combustíveis fósseis, o efeito estufa, aquecimento da demanda mundial por mais energia, novos aspectos geopolíticos, dentre outros, aceleraram a necessidade por medidas de controle acerca da utilização e geração de energia.

Outro fator que inclinou na busca por novas estratégias foi o desenvolvimento do Protocolo de Quioto, em 1997. O mesmo foi criado com o intuito de redução na emissão de CO₂. Para tal, metas foram definidas aos países desenvolvidos e/ou em transição econômica ao capitalismo.

3.2 SURGIMENTO NO BRASIL

Os primeiros passos brasileiros rumo à eficiência energética se deram no início da década de 80. Em 1981, o chamado Programa Conserve foi criado e visava promover a conservação de energia, a priori, na indústria, além do desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de energéticos importados por fontes nacionais. No ano seguinte, surgiu o Programa de Mobilização Elétrica (PME), constituído por uma série de ações com o intuito de incentivar o uso de medidas de conservação de energia e, principalmente, a substituição de provenientes de petróleo por fontes a partir de recursos renováveis.

Em 85, através da Portaria Interministerial n.1.877, do MME e MDIC, foi instituído o PROCEL. Seu principal objetivo era promover o uso racional de energia elétrica em todo o território nacional. Em 1993, foi criado o Selo PROCEL. Este, citado na Figura 2, tem como finalidade ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os

equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia.



Figura 2 - Selo PROCEL

Entre as iniciativas do PROCEL, está a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Este, citado nas Figuras 3 e 4, coordenado pelo INMETRO, fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes.

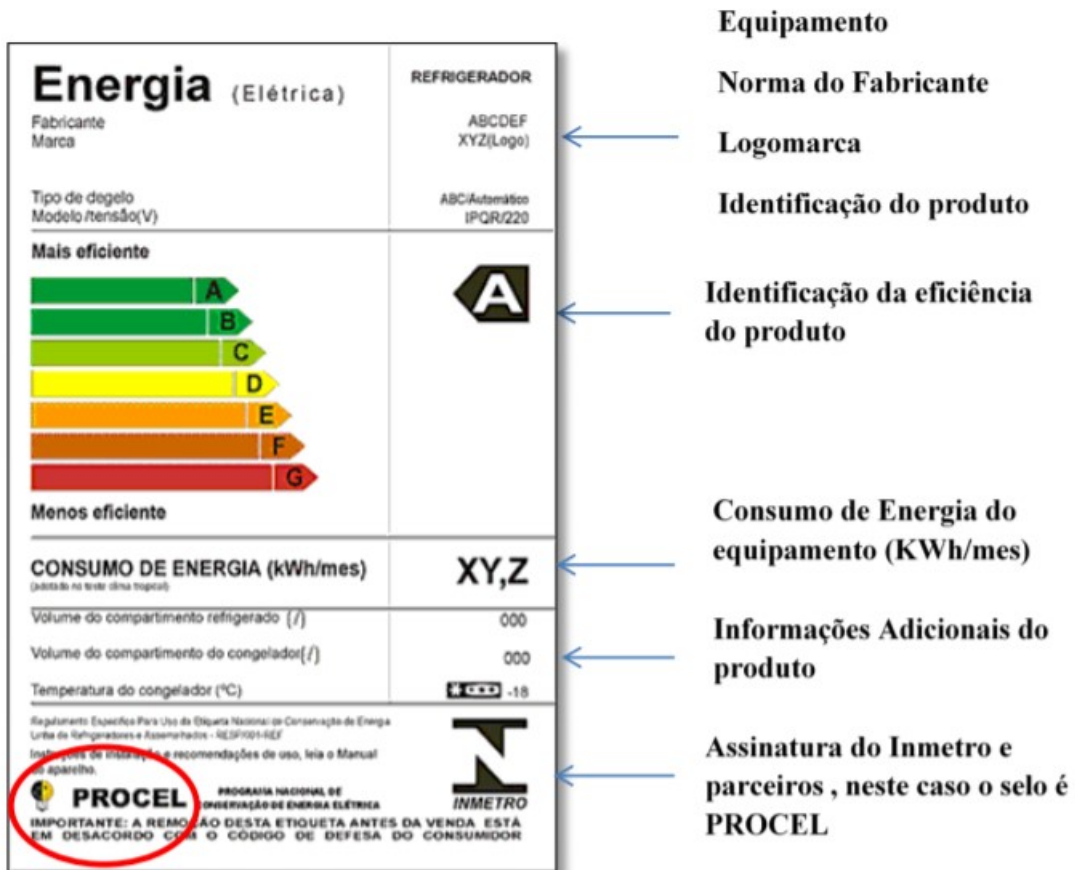


Figura 3 - Etiqueta padrão para equipamentos (PROCEL)

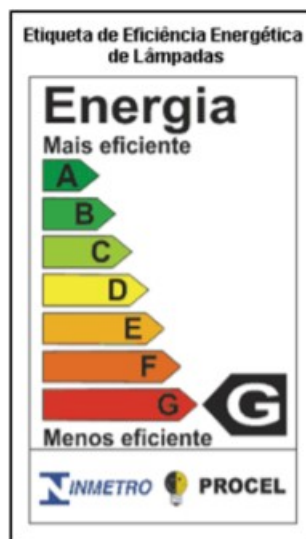


Figura 4 - Etiqueta padrão de eficiência energética para lâmpadas (PROCEL)

Na parte final da década de 90, mais precisamente no ano de 1997, através da Lei n.9.478, foi lançada a Política Energética Nacional (PEN), onde determina-se os princípios

relacionados ao aproveitamento racional das fontes de energia, buscando a conservação energética e preservação do meio ambiente.

Anos mais tarde, em 2001, pela Lei n.10.295/2001, ocorreu um dos mais importantes pontos da área de eficiência energética do país com a criação da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Através dessa lei, ficou estabelecido que o Poder Executivo ficaria encarregado de desenvolver mecanismos a fim de promover a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados e das edificações construídas no país.

Ainda em 2001, a partir do Decreto n4.059 e também da Lei n.10.295, ficou estabelecido que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia” (Brasil, 2001b).

Nos anos seguintes, o PBE passou por relevantes atualizações. Entre 2009 e 2010, o programa do governo ficaria responsável por certificar, também, edifícios comerciais, públicos, de serviços e residenciais, além de abranger veículos automotores.

Em edificações, o PROCEL incentiva a utilização racional de energia elétrica desde sua fundação até o uso eficiente de recursos naturais (água, luz etc), visando redução e nocividades ambientais. Basicamente, envolve categorias como iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água, por exemplo. Na Figura 5, podemos ver este modelo de etiqueta.

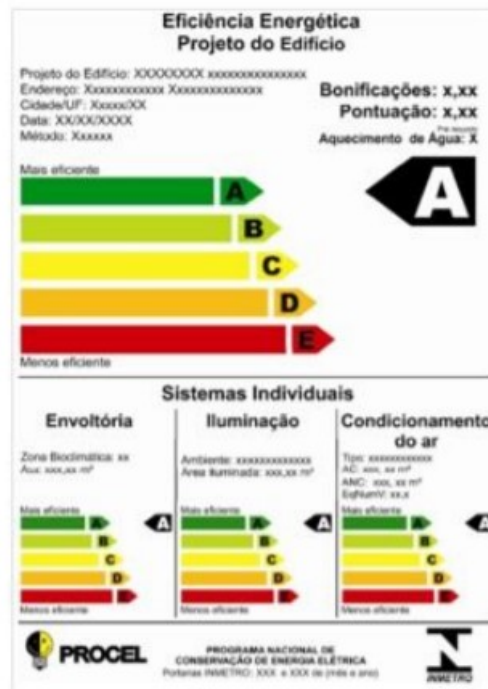


Figura 5 - Etiqueta para edificação

3.3 DESEMPENHO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GLOBAL

Como visto anteriormente, a medida que cresce a demanda por energia elétrica, cresce também a necessidade de novas medidas de eficiência energética.

Segundo um estudo do Conselho Americano por uma Economia com mais Eficiência Energética (ACEEE, na sigla em inglês) publicado em junho de 2018, o país mais eficiente do mundo é a Alemanha, conforme aponta a Figura 6. Este estudo leva em consideração as políticas e o desempenho dos 23 países que mais consomem energia divididos em quatro tópicos: esforços nacionais (governo), edificações, indústria e transporte. Os alemães, que atingiram pontuação máxima, dentre suas medidas, utilizam uma estratégia energética conhecida como Energiewende, que visa a transição energética a partir da utilização de energia renováveis e um melhor gerenciamento de sua demanda. Além do citado, o país tem como meta redução do consumo de energia primária de 50% até 2050 com relação a 2008. Para tal, o governo alemão intensificou seus investimentos em eficiência energética e pesquisas e desenvolvimento relacionados à melhor utilização de energia. Ainda, desenvolveu programas de empréstimos multissetoriais e créditos destinados a aumentar a implantação de tecnologias energeticamente eficientes.

Seguindo o ranking, temos Itália, França e Reino Unido. No continente asiático, destacam-se Japão (quinta posição) e China (oitava). Nas Américas, Canadá e Estados Unidos apresentam os melhores indicadores (ambos dividem a décima posição), seguidos pelo México, duas posições atrás.

O Brasil ocupa apenas a 20ª posição, afrente apenas de Tailândia (22ª), África do Sul (23ª) e reconhecidos produtos de petróleo como Rússia (21ª), Emirados Árabes (24ª) e Arábia Saudita (25ª). O país também apresenta valores inferiores se utilizado outros métodos de comparação, como mostrado pelas Figuras 7 e 8.

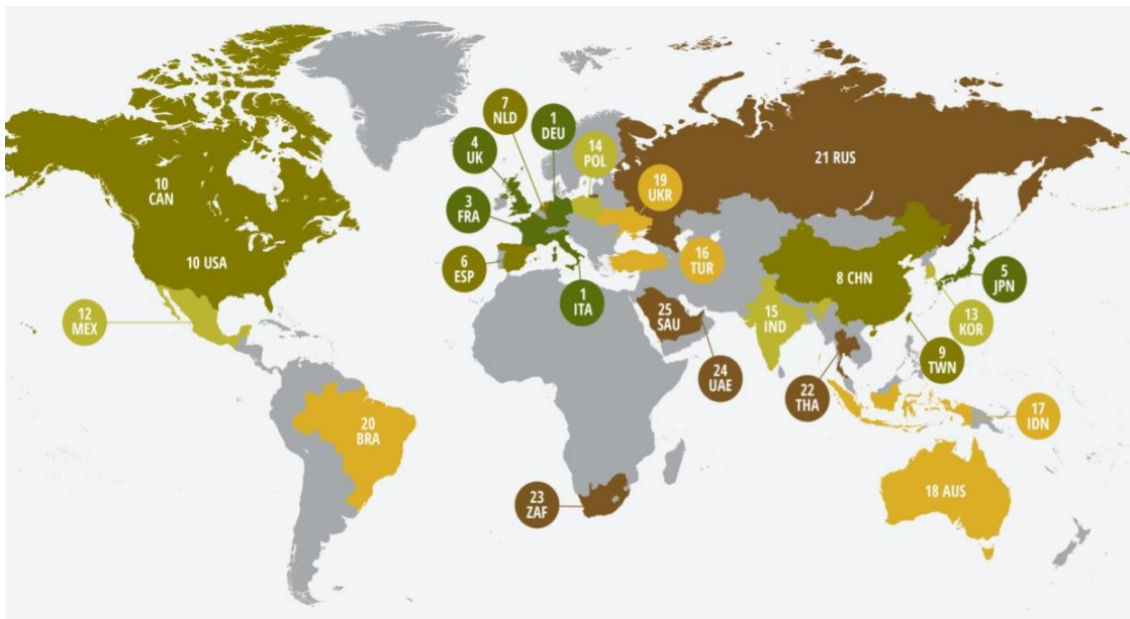


Figura 6 - Ranking global de eficiência energética (2018)

Fonte: ACEEE

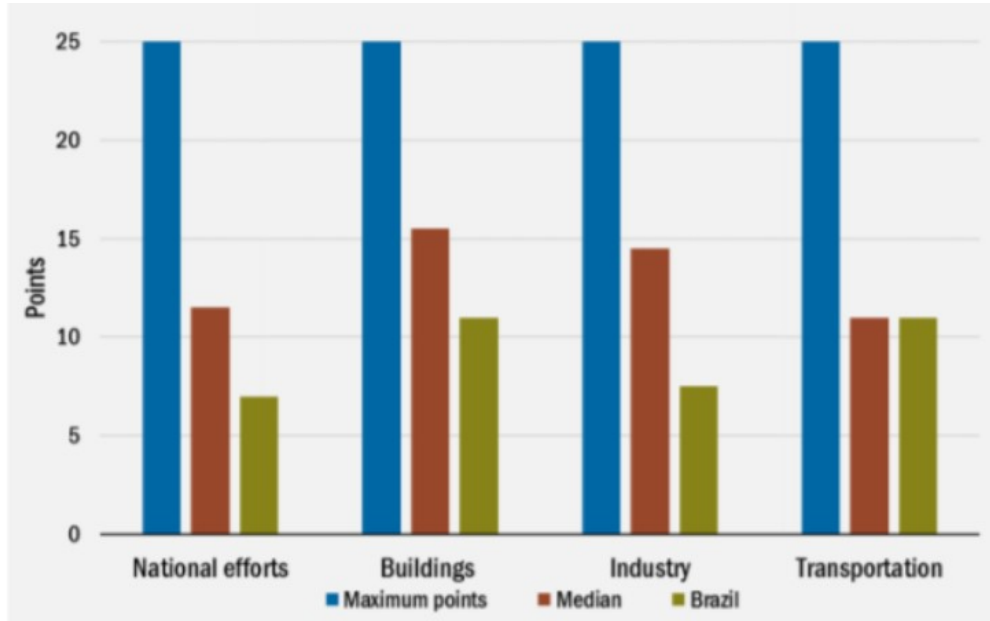


Figura 7 - Comparação pontuação do Brasil com a pontuação máxima e média
Fonte: ACEEE

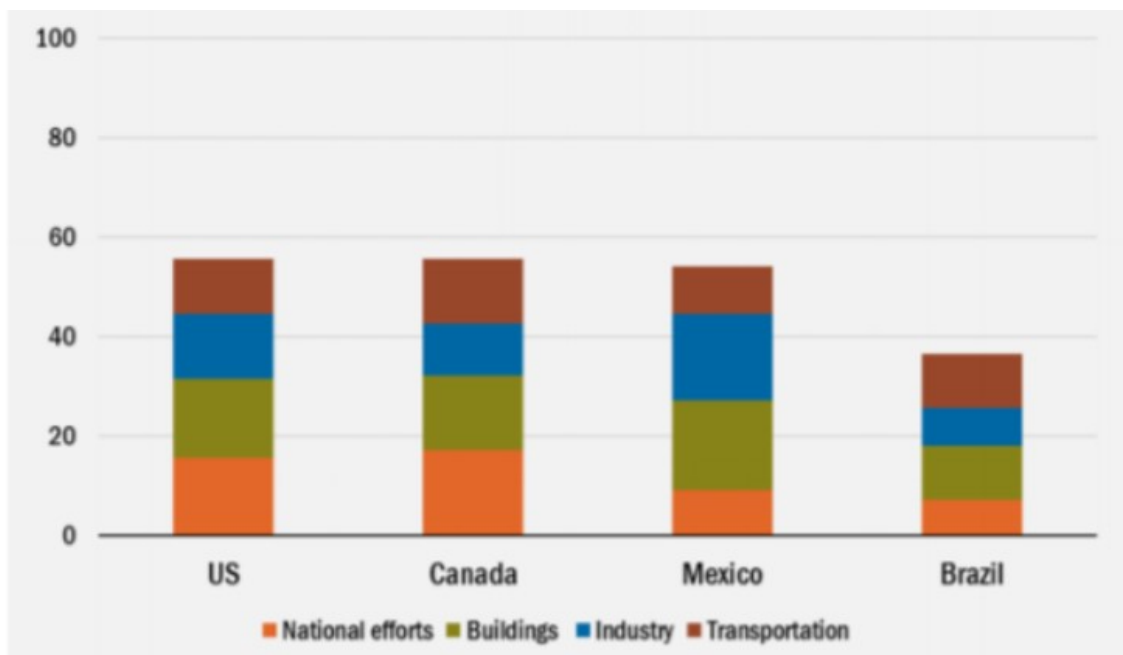


Figura 8 - Comparação Brasil com os demais países do continente americano pesquisados
Fonte: ACEEE

Os alemães, já citados como maior potência no ramo de eficiência energética, conseguiram, em 2019, um recorde de energia renovável. Em comparação com o ano anterior, o país conseguiu aumentar em 9% a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, chegando em 46% de sua matriz energética, como apresenta a Figura 9. Em consequência, obteve uma redução no consumo de carvão (20%).

Matriz energética da Alemanha em 2018

Para abastecimento e exportação

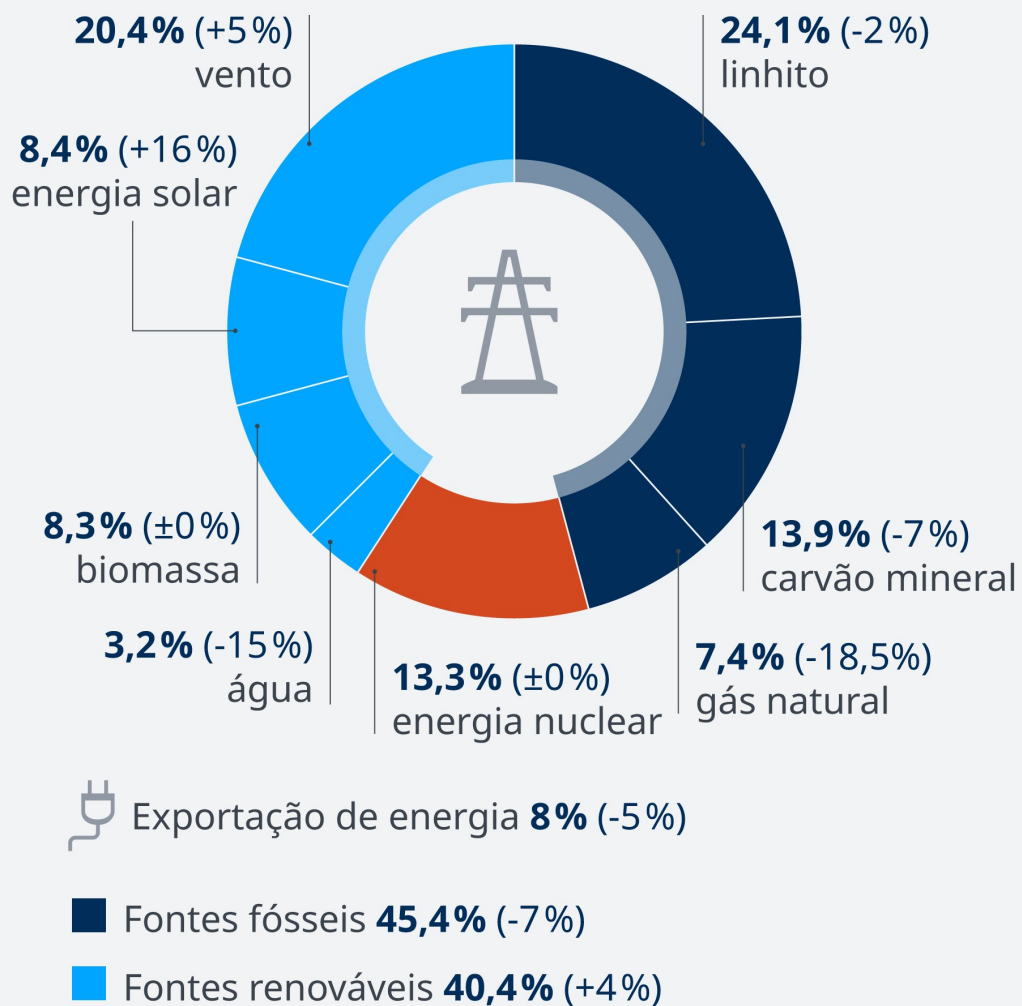


Figura 9 - Matriz energética na Alemanha (2018)
Fonte: Fraunhofer ISE/Deutsche Welle

No entanto, os valores alcançados não foram suficientemente satisfatórios ao governo. De acordo com a AGEBA, grupo de pesquisa de mercado de energia, o tráfego ainda é motivo de preocupação no país. Para redução interna das emissões de CO₂, a Alemanha traçou um plano com metas a serem alcançadas em alguns períodos, como ilustra a Figura 10.

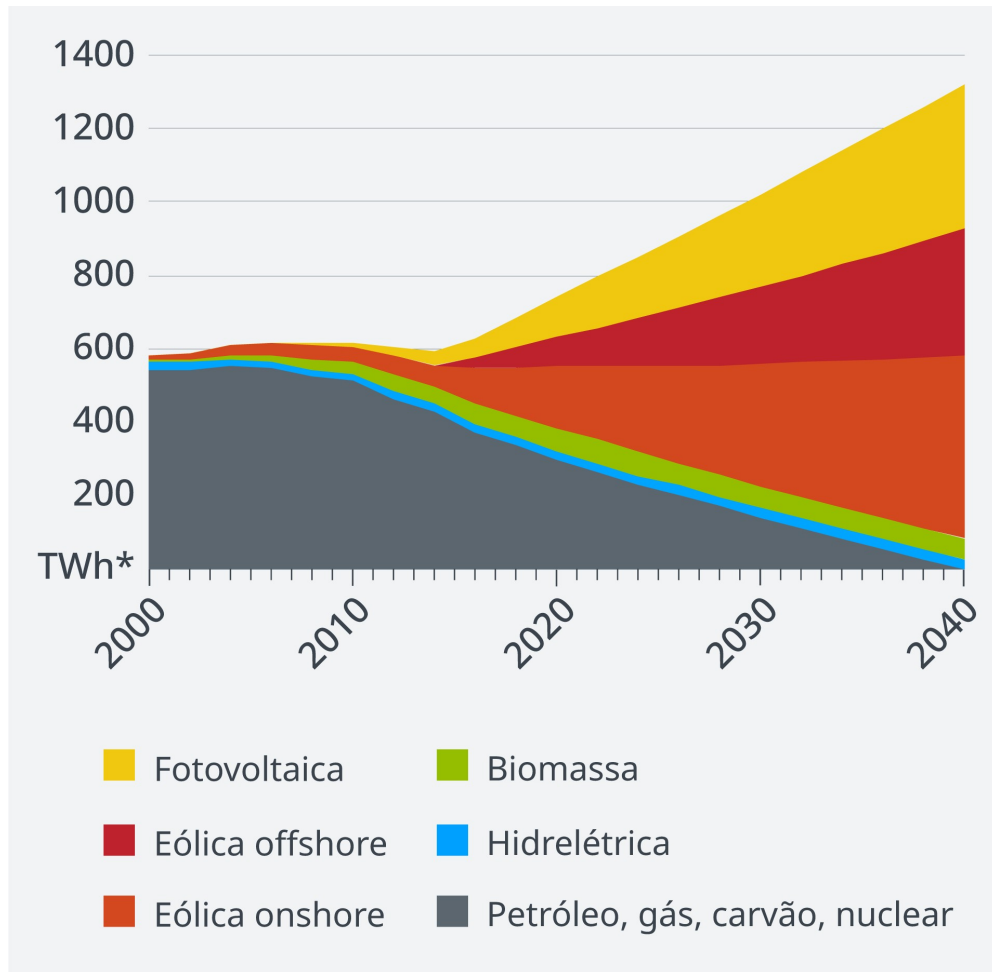


Figura 10 - Geração de energia climaticamente neutra até 2040 na Alemanha
 Fonte: Volker Quaschnig/ Deutsche Welle

3.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

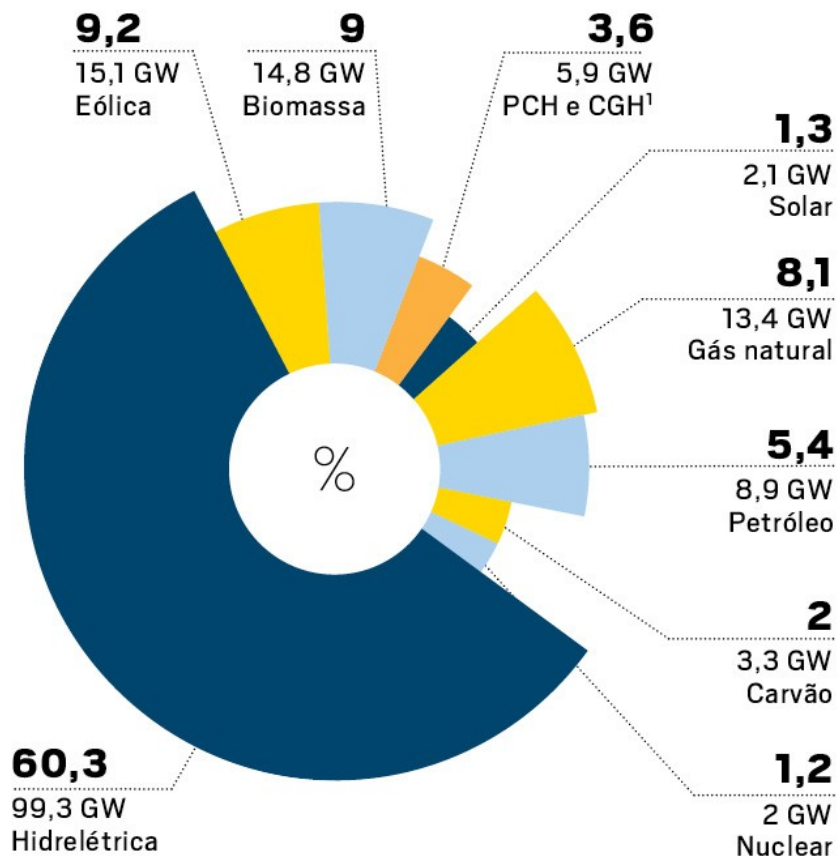
A matriz energética brasileira, já retratada em capítulos anteriores, possui uma utilização percentual de recursos renováveis aproximadamente 30% maior que a alemã. Ou seja: nossa utilização de energia elétrica já tem uma grande porcentagem proveniente de recursos renováveis.

O tema eficiência energética entra em questão devido ao fato de mais de 60% de nossa capacidade geradora ser proveniente do recurso hidráulico, como observado na Figura 11. Apesar de tratar-se de uma fonte renovável de energia, dentre os renováveis, possui outras aplicações para a vida humana que não podem ser substituídas por outros recursos, diferentemente da geração de energia elétrica.

De acordo com Empresa de Pesquisa Energética, responsável pela publicação do Atlas de Eficiência Energética do Brasil 2019, o Brasil apresentou melhoria na eficiência no período de 2005 a 2018 de 14%, com destaque ao segmento residencial. Dentre medidas para esse desempenho, destacam-se as ações do PROCEL, PBE, dentre outros. Ainda segundo a empresa, ainda há fatores que dificultam a difusão da eficiência energética, como baixa priorização de projetos de eficiência por empresas e consumidores, falta de conhecimento sobre o potencial e medidas de eficiência, falta de confiança sobre os reais retornos etc.

O BRASIL JÁ É VERDE

MAIS DE 80% DA ELETRICIDADE TEM FONTE RENOVÁVEL



¹ Pequena Central Hidrelétrica (PCH) e Central Geradora Hidráulica (CGH)

Fonte: ABEEólica

Figura 11 - Matéria do blog “Época Negócios” com a matriz energética brasileira (2019)

Ainda no caminho da evolução, Marco Krapels, executivo e fundador da Micropower-Comerc, empresa de baterias para armazenar energias renováveis, disse que “no futuro, com o

desenvolvimento das fontes de energia solar e eólica, associado ao uso de baterias, deve se tornar a primeira grande nação do mundo a usar 100% de energia renovável”. Esse fato se reforça mediante dados da Figura 12.

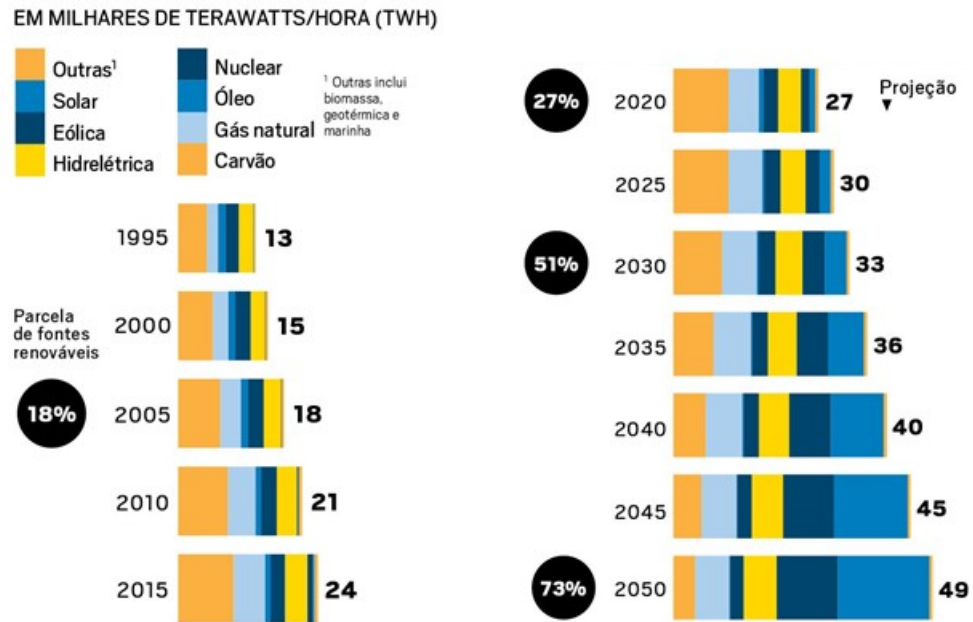


Figura 12 - Projeção geração de energia até 2050
 Fonte: McKinsey Energy Insights' Global Energy Perspective, January 2019

4 MELHORIAS DE CONSUMO

Os capítulos anteriores nos apresentaram informações desde os primórdios da geração de energia elétrica, surgimento do termo eficiência energética, seu contexto com o passar das décadas, seu status mais recente e uma breve prospecção de como estará a aplicação das medidas em busca desses resultados num futuro não tão longínquo.

No capítulo atual, veremos com maior profundidade como exatamente podemos atuar na busca pela tão citada eficiência. Assim, seremos apresentados à tipos de geração de energia a partir de fontes renováveis, introdução a tecnologias que visam a redução no consumo de energia, colocando em mesma direção sustentabilidade e economia financeira.

4.1 DIMINUIÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA

Quando pensamos em eficiência energética, um dos primeiros questionamentos levantados é: como alcança-la? E a resposta, a princípio, por mais simples que seja, é na redução do consumo de energia. Porém, novamente a pergunta ecoa: como alcança-la?

Em nosso cotidiano, inúmeros hábitos ou equipamentos utilizados oferecem essa possibilidade, seja na indústria, com motores em ineficientes que aumentam seu consumo a fim de manter a produtividade, seja em casa com a utilização de eletrodomésticos, por exemplo. Porém, muitas pessoas não aplicam ou sequer têm o conhecimento que algumas sutis mudanças, ou outras que requerem um desprendimento de tempo e dinheiro um pouco maior, podem levar a reduções significativas.

Em nossas residências, diversos equipamentos apresentam alto consumo de energia. Ar-condicionado, televisões (em especiais modelos mais antigos), computador, videogame etc. O mercado, visando a diminuição no consumo de energia elétrica, já trabalha com eletrônicos com mais eficiência. A substituição de equipamentos mais antigos por mais recentes em si pode gerar uma redução. Neste caso, procure equipamentos com o selo PROCEL com classificação A, sendo esta a categoria com menor consumo de energia.

Porém, um país em desenvolvimento com o Brasil, não tem a maior parte da população com poder aquisitivo para tais upgrades. Isso, no entanto, não é um impeditivo para alcançar economias.

Segundo pesquisa do Proteste, maior associação de consumidores da América Latina, a luz de stand-by, indicador em equipamentos eletroeletrônicos de que o mesmo continua, mesmo desligado, conectado à rede elétrica, gera um consumo impactante se analisarmos no médio/longo prazo. De acordo com a organização, “deixar o micro-ondas ligado na tomada pode gastar, por ano, quatro vezes mais energia do que quando usado na potência máxima por 20 minutos diariamente”. Esse hábito, além de gerar mais despesa na conta de luz, impacta ambientalmente o planeta, visto que pode gerar um gasto de energia elétrica entre 15% e 20% maior do que se o aparelho fosse desligado direto no botão ou da tomada, ou analisando da perspectiva que, só a luz de indicação, representa 12% do consumo de uma residência.

Segundo o instituto Akatu, considerando que cada aparelho de televisão fica em modo stand-by durante cerca de 20 horas diárias, dois televisores, mesmo sem estarem em uso, consomem durante um mês uma quantidade de energia equivalente ao que usa um aparelho de DVD ligado por 2 horas todos os dias ao longo de seis meses.

No entanto, não apenas aparelhos com o indicador luminoso pode gerar consumo excessivo. O consumo por stand-by também pode ocorrer em equipamentos sem qualquer luz acesa. Por exemplo, um carregador conectado na tomada sem um notebook ou um celular na outra ponta não tem consumo mas tem perda. Isto porque ele está funcionando na transformação de energia.

Utilizando um exemplo para cálculo, um aparelho de televisão de 32 polegadas consome, em média, 80 W. No mês, fica em funcionamento 4 diariamente. Tendo em vista que o modo stand-by pode representar 12% do consumo do equipamento em funcionamento normal, possui um consumo de 9,6 W apenas no modo de espera.

O cálculo de consumo se dá pela equação:

$$kW/h = (P \div 1000) \cdot H$$

Equação 1 - Cálculo de consumo energético

Onde:

P = potência consumida

H = quantidade de horas mensais

$\frac{kW}{h}$ = consumo

Assim sendo, adotando o valor de 9,6 W e uma carga horária de stand-by mensal de 600 horas, temos um consumo mensal de 5,76 kW/h com o equipamento em modo de espera. Adotando o mesmo cálculo para o período em funcionamento, teríamos 9,6 kW/h. Ou seja, o

aparelho televisivo consome quando não está em funcionamento aproximadamente 66% em comparação à quando está.

Talvez esses valores em consumo energético não causem tanto impacto. Tragamos, então, esses valores em conotação financeira, a partir da equação abaixo.

$$\text{Consumo [R\$]} = \frac{kW}{h} \cdot \text{valor da tarifa} *$$

Equação 2 - Cálculo de custo com consumo energético

*Valor da tarifa da EDP Bandeirantes adotado para residência de consumo médio no Brasil (Consumo mensal entre 31kWh e 100kWh)

Com um valor de tarifa de R\$/kWh 0,15674, o valor monetário mensal da televisão quando em funcionamento seria de, aproximadamente, R\$ 1,50. Já o valor em modo stand-by seria de R\$ 0,9028. Reduzindo o consumo da televisão em modo de espera, a economia anual, em tais circunstâncias, pode chegar à R\$ 10,83.

Esse cálculo se aplica a todos os equipamentos de uma residência, por exemplo. Analisando o valor isoladamente, talvez não forneça a real dimensão da economia que pode ser obtida. Porém, a maioria das casas brasileiras possui mais de um televisor, o que aumenta o valor reduzido, além de inumeros outros eletrodomésticos, que, aliás, possuem consumos consideravelmente maiores.

4.2 ILUMINAÇÃO

No século XIX, mais precisamente em 1809, Humphry Davy, importante químico britânico da Royal Society, produziu um arco luminoso partindo de uma tira de carbono posta entre os pólos de uma bateria. Assim era originada a famosa lâmpada de Davy, tornando-se o princípio das lâmpadas elétricas.

Muitos anos depois, Warren de la Rue gerou luminosidade e energia térmica oriundos de um filamento de platina inserido em um tubo vazio percorrido por eletricidade. A partir daí inúmeras variações foram ensaiadas, mas apenas em 1875, com Henry Woodward e Matthew Evans, a lâmpada foi patenteada para, três anos mais tarde, ser vendida à Thomas Edison. Ou seja, Edison não foi o precursor histórico das lâmpadas. Porém, foi o responsável pelo desenvolvimento de um modelo economicamente aplicável, visto que era um meio prático e

barato de obtenção de fonte luminosa, térmica e energética. Esse conhecemos como lâmpada incandescente.

Desde então, muitos modelos surgiram. A lâmpada fluorescente, obra de Nikola Tesla, criada em 1938, utilizava gás argônio e mercúrio e foi uma revolução à época, visto que gerava mais iluminação e menos calor, o que a tornava mais econômica. A lâmpada halógena, uma variação do modelo incandescente, já nasceu fadada ao fracasso. Apesar superior à sua originária, ela também gerava altas temperaturas em seu invólucro, aumentando, conseqüentemente, o consumo. Em 62, foi desenvolvido um modelo, à época, com alta eficiência luminosa e durabilidade. A lâmpada de vapor de sódio emite uma luz com tonalidade amarelada e representava um modelo significativamente econômico e durável, ainda usualmente encontrada em muitas instalações.

Ainda em 62, Nick Halonyak, da General Electric, obteve sucesso em seu experimento, gerando luz a partir de um LED (em português, Diodo Emissor de Luz). Porém, o êxito resultou apenas na cor avermelhada. Assim sendo, foi destinado a se aplicar em equipamentos que ficam em stand-by (termo bastante mencionado no capítulo anterior). Somente em 89 surgiram os primeiros LEDs azuis, viabilizando, assim, o desenvolvimento dos dispositivos tão comuns para nós em tempos atuais, como painéis e televisores. Quase dez anos mais tarde, as lâmpadas de LED finalmente são introduzidas no mercado, já de princípio trazendo muito expectativa devido suas vantagens em comparação às demais fontes luminosas. Um grande diferencial que impacta nos valores inferiores de consumo dá-se ao fato do LED emitir luz na unidade de medida conhecida como lúmens (lm), que realmente mede a capacidade de uma fonte em gerar iluminação, enquanto as demais emitiam watts (W). Ou seja, em tecnologias antigas, para se aumentar o efeito luminoso, era necessário aumentar sua potência, gerando, em consequência, maior calor e consumo de energia. No entanto, com o LED, ao aumentar o fluxo luminoso em lúmens, não necessariamente se faz necessário aumentar a potência.

4.2.1 Led em comparação à lâmpada de descarga

Como já mencionado, o fato de possuir maior potência, capacidade de trabalho, nem sempre resulta em maior quantidade de iluminação gerada. Conforme diagrama abaixo, as lâmpadas de alta pressão ou descarga, como a de vapor de sódio, por exemplo, também possuem alta geração de energia térmica, cerca de 50%, não aproveitando, assim, toda

potência que consomem. Ainda de acordo com o diagrama, esse tipo de tecnologia também emite radiação, tanto infravermelho (20%), quanto ultravioleta (0,5%), totalizando, aproximadamente, 70% do consumo da lâmpada. Os outros cerca de 30% são, de fato, destinados à geração de energia luminosa. Esses dados são representados de forma ilustrativa pela Figura 13.

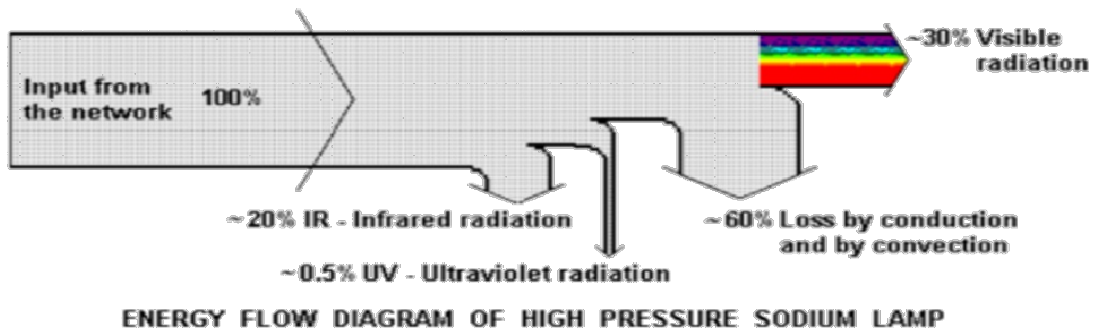


Figura 13 – Diagrama de fluxo de energia de uma lâmpada de sódio de alta pressão

Todo equipamento ou componente elétrico que gera trabalho, também gera calor. Isso não é diferente em lâmpadas LED. No entanto, o calor não é irradiado pelo fecho luminoso. Essa tecnologia, como já mencionada, gera energia luminosa a partir de um diodo, ausente de qualquer tipo de filamento ou composição química. Isso faz com que sua emissão de radiação infravermelha seja praticamente zero, tornando o LED um equipamento de baixa carga térmica.

Mesmo com uma baixa carga térmica, as lâmpadas de tecnologia LED são constituídas de um dissipador de calor, que tem como função reduzir a temperatura gerado no trabalho do produto e garantir o trabalho ideal do diodo, visto que é um equipamento sensível ao calor. A Figura 14 apresenta a composição dessa tecnologia.



Figura 14 - Composição de uma lâmpada LED

Assim, esse tipo de tecnologia consegue aproveitar com maior eficiência a energia que consome, o que também implica na menor necessidade de consumo energético.

Porém, o LED possui diversas outras características que o torna vantajoso frente outros tipos de lâmpadas elétricas. Sustentabilidade, acionamento, aproveitamento luminoso e ofuscamento, mudança na sensação psicológica, mudança na visualização da real cor dos objetos, controle e, claro, manutenção.

O LED consegue ser mais sustentável que as lâmpadas de alta pressão devido ao fato de não possuir metais pesados em sua composição. As lâmpadas de descarga funcionam mediante descarga elétrica em um compartimento de vidro contendo gases em seu interior, transformando energia elétrica em luminosa. No entanto, esses gases são extremamente nocivos ao meio ambiente. O mercúrio, um dos metais utilizados em lâmpadas desse tipo, já teve seu uso proibido por órgãos de saúde devido seu risco a saúde e meio ambiente. Outro fator é o material utilizado no invólucro. O vidro das lâmpadas é um material de difícil reciclagem por necessitar de outros processos químicos para sua descontaminação. Por isso, o descarte correto dessas lâmpadas é um ponto muito importante.

As lâmpadas de descargas, isoladamente conectadas à rede elétrica, não conseguem realizar trabalho. Elas necessitam de reatores para sua ignição e funcionamento, o que pode levar um certo tempo. Para acender, os metais de sua composição precisam estar em baixas temperaturas. Como trabalham em valores opostos, quando uma lâmpada tem seu funcionamento interrompido, demanda de um tempo até que a temperatura baixe e possa

novamente ser acionada. O LED, todavia, é resistente a vibrações e não possui problema de queima ou falha de filamentos (pois não possui), visto que é acionado através de um chip.

Lâmpadas metálicas, de sódio, incandescentes irradiam luz em quase 360° (considerando o bulbo). No entanto, isso não caracteriza uma maior abrangência de área, mas sim desperdício de potencial, ilustrado pela Figura 15. Na verdade, faz com que áreas que não precisam ser iluminadas sejam invadidas pela iluminação, causando assim a chamada poluição luminosa, como retrata a Figura 17.

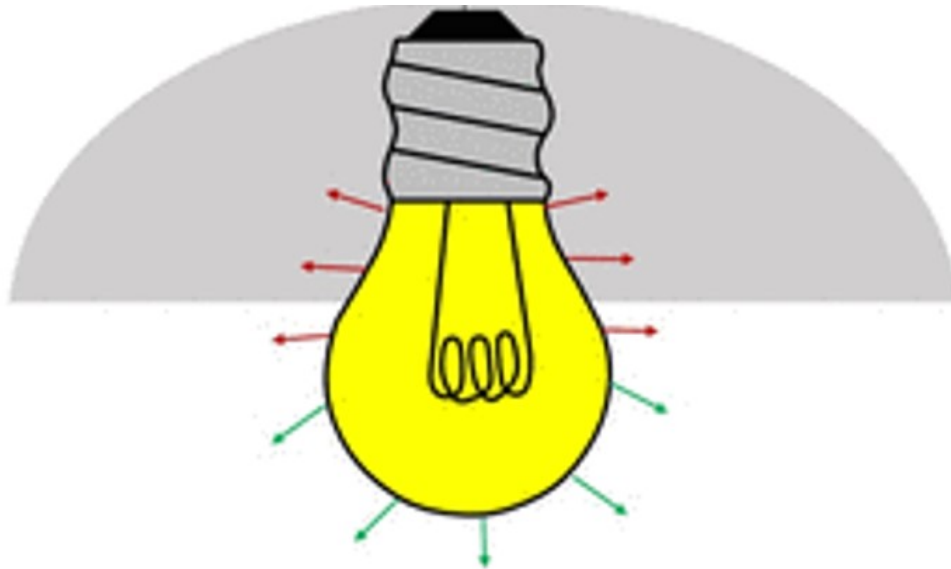


Figura 15 - Distribuição de energia lâmpada convencional

O LED, por sua vez, possui uma distribuição de iluminação em 180° , ou seja, concentra toda a iluminação que produz para a direção desejada. Podemos observar isso a partir da Figura 16. Tendo essa vantagem do aproveitamento correto da luminosidade gerada, é menor seu índice de ofuscamento e poluição visual, além de não deixar pontos úteis em defasagem de iluminação.

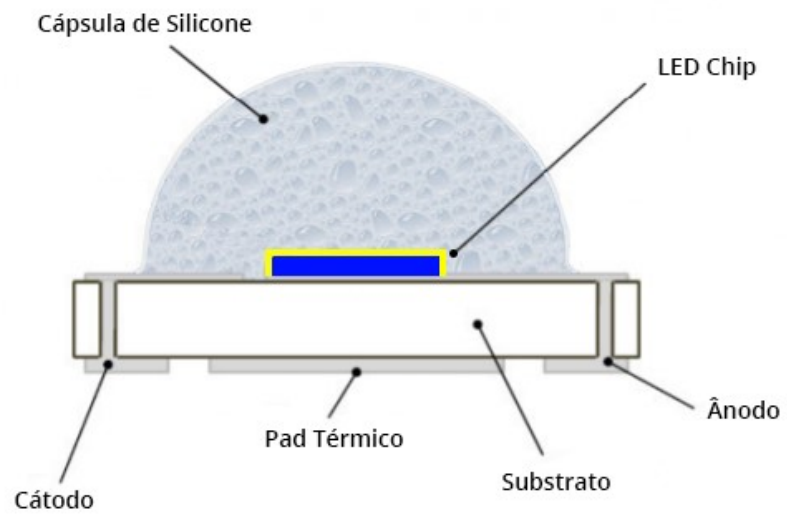


Figura 16 - Constituição e distribuição luminosa de um diodo emissor de luz.

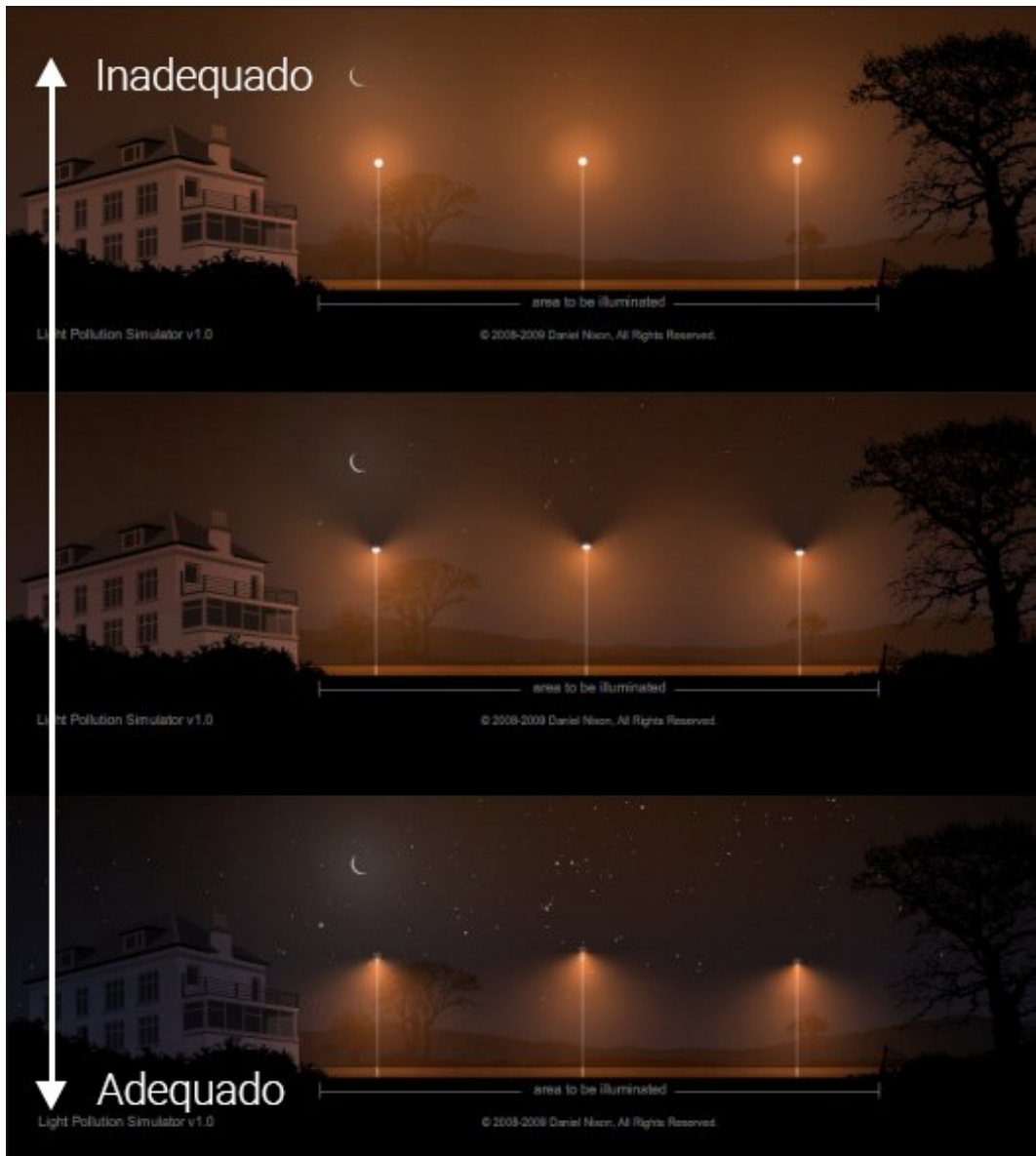


Figura 17 - Poluição luminosa impactando na iluminação e paisagem natural

Outra característica muito importante do LED é a possibilidade do controle de temperatura de cor. Esse índice não possui relação alguma com temperatura térmica. Na realidade, o mesmo é responsável pela caracterização da cor da iluminação gerada e tem Kelvin (K) como unidade de medida. Temperatura de cor quente remete à valores mais baixos, ou seja, com sua tonalidade puxada para o alaranjado. Já temperatura de cor fria remete à valores mais elevados, tendendo ao branco em direção ao azul. Podemos ver essa variação pela Figura 18. O controle da tonalidade se dá por meio do fósforo. Dopando-se com fósforo, a emissão pode ser vermelha ou amarela, de acordo com a concentração. Os LEDs brancos, são geralmente diodos emissores de cor azul, revestidos com uma camada de

fósforo do mesmo tipo usado nas lâmpadas fluorescentes, porém em reduzida escala, que absorve a luz azul e emite a luz branca.



Figura 18 - Representação das temperaturas de cores das lâmpadas [K]

A temperatura de cor de uma lâmpada possui resultados que transcendem a esfera decorativa. O ser humano é guiado por estímulos visuais. Estes, variam conforme horários e ambientes a que estamos sujeitos. Como retratam as Figuras 19 e 20, temperatura da cor é fator determinante em nossa atenção e no modo de visualizar os objetos e interpretar as cores em diferentes horários. Temperaturas de cores mais elevadas geram ao ser humano uma sensação de maior movimentação, atividade, atenção. Em contrapartida, temperaturas menos elevadas causam a sensação de conforto, descanso, inatividade. Por tal razão, escritórios, bancos, escolas, indústrias têm como recomendação a utilização de lâmpadas de cores frias, tendendo ao branco/azul, enquanto restaurantes, hotéis, cinemas possuem lâmpadas de cores quentes.



Figura 19 - Sensação transmitida por lâmpada de cor quente
Fonte: Philips



Figura 20 - Sensação transmitida por lâmpada de cor fria
Fonte: Philips

Mais uma característica da temperatura de cor de uma lâmpada é seu impacto na visualização das cores dos objetos. Isto é, o quanto a temperatura de cor da luz emitida irá distorcer a fidedigna tonalidade dos objetos por ela atingidos. O IRC (índice de reprodução de cor) mede essa característica e apresentar um exemplo real na Figura 21. Trata-se da medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte luminosa. A luz artificial deve possibilitar ao olho humano perceber as cores corretamente, convergindo para o mais próximo da luz natural do dia. Toda fonte de luz

artificial possui um IRC, escala que varia de 0 a 100. O LED geralmente apresenta IRC superior a 70 devido sua temperatura padrão de mercado estar próxima dos 5.000 K, sendo cerca de 5.800 K a temperatura de cor do Sol, fonte luminosa com o melhor IRC. No caso das lâmpadas de vapor de sódio, que possuem uma luz mais amarelada, dificilmente irão reproduzir a cor dos objetos com fidelidade, pois apresentam baixo Índice de Reprodução de Cor, sendo seu IRC 25. Lâmpadas com melhor IRC são aplicadas, principalmente, em locais de comercialização de comidas e roupas, visando valorizar o produto. Isso pode explicar o fato de uma roupa agradar mais quando experimentada na loja do que em casa, ou a aparência de um alimento em seu local de exposição a sua aparência em nossa cozinha, por exemplo.



Figura 21 - Impacto dos diferentes IRCs nos alimentos

A tecnologia LED também permite um maior controle de suas ações. Devido suas características, tem a capacidade de sofrer alteração de cores. Por exemplo, em luzes utilizadas dentro de piscinas, é comum encontrar caso onde pode se controlar a tonalidade da iluminação, podendo alterar a cor desejada a partir de um controle. Isso deve ao fato da luz branca ser gerada a partir do Disco de Newton, que contempla as cores primárias do espectro visível e, combinando-as. Para se obter cores diferentes o que se faz é combinar a luz emitida por LEDs de cores básicas, os LEDs RGB.

Outro tipo de controle é do próprio funcionamento da lâmpada. Essa tecnologia permite o acionamento ou desligamento a partir de controles automatizados. Isso se dá pela inserção de gerenciamento e monitoramento remoto, tal como dimerização, por exemplo. Nesse método, controla-se a resistência à qual o equipamento é submetido, fazendo com que trabalhe em maior ou menor capacidade, gerando mais ou menos iluminação.

A manutenção também é um ponto de destaque nas lâmpadas LED. Além dos inúmeros fatores já citados, a tecnologia apresenta a maior vida útil da categoria, isso é, quando um produto atinge 70% da sua capacidade de produção. As lâmpadas de vapor de sódio têm, em média, 24.000 horas de vida útil. Atualmente, é possível encontrar no mercado produtos utilizando a tecnologia LED e apresentando vida útil média de 100.000 horas, isto é, 4 vezes mais em relação a lâmpadas de alta pressão. A Figura 22 apresenta as curvas de depreciação dos tipos de lâmpadas mais comuns no mercado.

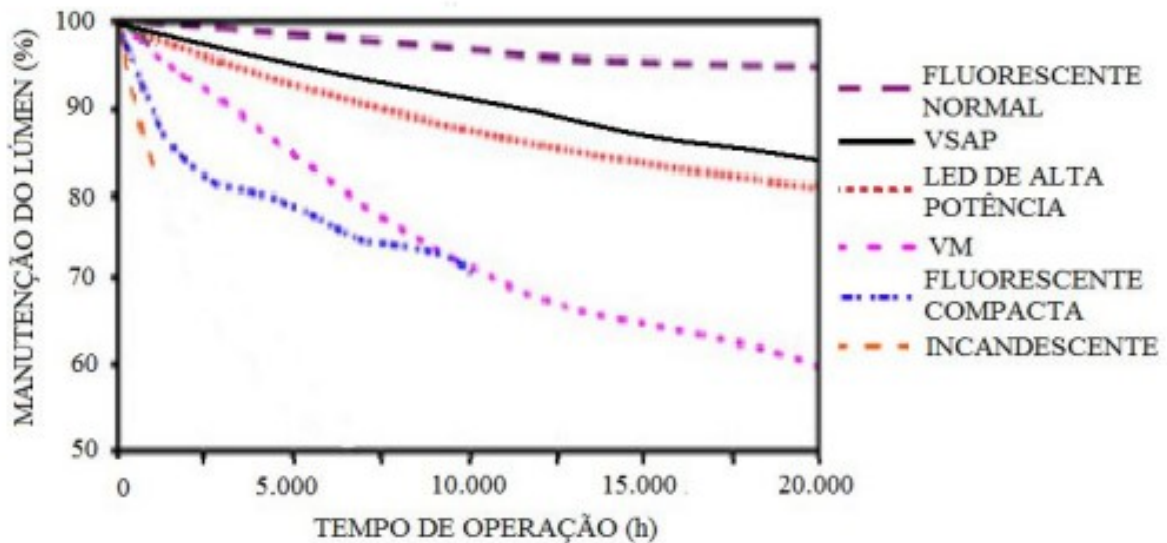


Figura 22 - Curvas de depreciação dos tipos de iluminação

4.2.1.1 Equivalente

Diversos estudos, que também apresentam as informações acima citadas, foram realizados a fim de analisar melhor e, com embasamento técnico, apresentar qual a real equivalência LED aos demais tipos de lâmpadas. Ou seja, levando em consideração a real produção de iluminação da lâmpada convencional, após todas as perdas já mencionadas, e da

lâmpada LED, podemos observar uma geração real de energia luminosa utilizando-se de uma menor quantidade de energia elétrica.

Tecnologia	Incandescente	Halógena	Fluorescente compacta	LED
Eficiência (lm/W)	12 a 15	17 a 20	45 a 60	80 a 140

Tabela 2 - Comparativo fluxo luminoso entre lâmpadas (lm/W)

As lâmpadas de vapor de sódio, por exemplo, possuem eficiência luminosa de 32 a 45 lm/W (valor obtido através do desconto das perdas no fluxo nominal). Isso quer dizer que uma lâmpada de 250 W produziria, efetivamente, cerca de 10.000 lúmens, enquanto uma lâmpada LED precisaria de cerca de três vezes menos potência para produção semelhante.

4.2.2 Impacto financeiro

Mediante todas características vistas anteriormente, fica claro que a iluminação é uma das vertentes de nossas instalações onde podemos alcançar a redução de consumo e uma melhor eficiência energética, principalmente através de tecnologias mais atuais, como o LED. Porém, o que era pouco percebido em muitos locais, principalmente em indústrias, era o real consumo que a iluminação poderia acarretar.

Uma crença que podia observar-se era de que, para grande parte da sociedade, isso era o menor dos problemas de consumo de uma instalação, visto que, em uma indústria, por exemplo, há inúmeros maquinários, escritórios com ar condicionado, computadores etc. No entanto, esse tipo de pensamento é errôneo. Uma empresa de médio/grande porte, geralmente utiliza em suas instalações luminárias com lâmpadas de descarga de 400 W, em grande parte das vezes do tipo vapor de sódio. Já um ar condicionado, em média, consome 1000 W. Fazendo uma relação a fim de equipararmos o consumo, para cada ar condicionado, teríamos de utilizar 2,5 lâmpadas. Porém, a quantidade de lâmpadas em uma empresa, comumente, é superior a essa relação. Assim sendo, o consumo energético com iluminação consequentemente será superior a partir desse modelo.

Outro equipamento que toda empresa, independentemente de seu porte, possui são computadores. Atualmente, é mais comum a utilização de notebook, devido sua praticidade, tamanho e menor consumo. E, mesmo com essa redução de potência, seu consumo, por vezes, é equiparado, ou até sobreposto, ao da iluminação. No entanto, como já citamos, uma

iluminação industrial convencional trabalha, geralmente, em 400 W. Um notebook comum, por sua vez, tem sua fonte de bateria consumindo 65 W. Ou seja, seguindo a mesma relação, seriam necessários cerca de 6 notebooks para alcançar o consumo de uma lâmpada. Entretanto, apesar de haver mais computadores e ar condicionados, sua quantidade ainda não é suficiente para equivaler-se ao número de lâmpadas instaladas. Esses são dois exemplos de consumos mais comuns em industriais, escritórios etc.

Portanto, mais uma vez, vemos que a iluminação gera grande impacto no consumo de energia elétrica. Abaixo, é apresentada uma tabela considerando os consumos dos exemplos citados acima, além da iluminação, do galpão considerado para realização do estudo neste documentado apresentado, o qual trataremos com maior ênfase nos próximos capítulos.

Equipamento	Potência [W]	Quantidade de equipamentos	Total [W]
Ar condicionado	1000	2	2000
Iluminação	400	57	22800
Notebook	65	6	390

Tabela 3 - Análise de consumo de um galpão industrial

Conforme a tabela apresenta, o consumo de iluminação é muito maior que os demais do local. Assim sendo, apenas confirmando, é esse o foco para aplicação de medidas para eficiência energética.

Tendo em vista todas as informações até agora apresentadas, façamos uma simulação de uma aplicação de LED em substituição ao sistema convencional com lâmpadas de descarga. Para tal, consideraremos uma instalação fictícia funcionando durante vinte e quatro horas apenas com finalidade ilustrativa.

Quantidade de luminárias	Tipo	Potência [W]	Fluxo luminoso [lm]*	Consumo [kWh]	Tarifa R\$	Total R\$
100	Vapor de sódio	400	17.752	960	0,16	150,47
100	LED	140	18.480	336	0,16	52,66

Tabela 4 - Comparativo consumo energético e financeiro Vapor de Sódio x LED

*Fluxo luminoso real, considerando as perdas que uma luminária gera.

O caso acima retrata o consumo durante um dia de operação. Ou seja, em apenas um dia, a mesma instalação sofrendo alteração para luminárias LED passou a ter um consumo, aproximadamente, 3 vezes menor. Expandindo esse retrato para um mês de consumo, teríamos uma economia financeira de quase R\$ 3.000,00.

Agora, imagine esse caso para toda uma planta fabril, o valor agregado que essa substituição de tecnologias pode acarretar, gerando mais fluxo de caixa para empresas investirem em outras oportunidades de melhoria, agregando mais valor empresarial.

5 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Como já citamos em capítulos anteriores, há um esforço mundial para a não mais utilização de fontes não renováveis e poluidoras com a finalidade de geração de energia. Assim, sempre há buscas e pesquisas na utilização de fontes renováveis geradoras.

Em suma, as fontes renováveis de energia são aquelas formas de produção de energia em que suas fontes são capazes de manter-se disponíveis durante um longo prazo, contando com recursos que se regeneram ou que se mantêm ativos permanentemente. Em outras palavras, fontes de energia renováveis são aquelas que contam com recursos não esgotáveis.

Neste trabalho, já citamos algumas dessas fontes, tendo aprofundado na de recursos hídricos, a qual o Brasil tem sua maioria de composição. Nas próximas páginas, aprofundaremos em algumas outras, adentrando em seus conceitos históricos, modus operandi, perspectivas futuras etc.

5.1 USINA HIDRELÉTRICA

A energia elétrica pode ser obtida de diversas formas. No passado, as mais comuns utilizavam combustíveis fósseis para a geração, sendo essas matérias primas nocivas ao meio ambiente. Com o passar dos anos e evolução tecnológica, fontes renováveis para a produção de energia elétrica foram tornando-se mais presentes. A mais popular, em especial no Brasil, é através de usinas hidrelétricas. Como o nome sugere, esse tipo utiliza-se da água, integrada com as demais divisões da estrutura da usina, para de geração de energia elétrica.

O sistema necessário para aplicação dessa tecnologia requer estruturas imponentes e bem estudo, visto que acumula energia potencial em larga escala. Tal armazenamento, oriunda do represamento de alta escala de água, é projetado às fases seguintes da usina, gerando, ao final, energia elétrica a ser distribuídas às redes elétricas através de torres de transmissões.

Esse é método de geração de energia que abastece a grande maioria de casas no Brasil. O país representa uma das maiores porcentagens de produção energética a partir dessa fonte a nível global. Também, possui das maiores usinas em operação.

Abaixo, veremos com maiores detalhes o princípio de funcionamento dessa fonte renovável de geração de energia elétrica, bem como seu surgimento e cenários atuais, além de vantagens e desvantagens.

5.1.1 Surgimento

Em 1886, junto as cataratas do Niágara (NY, EUA), foi instalada a primeira usina de energia hidráulica de grande porte, ou seja, usina que utiliza o recurso natural mais abundante no planeta com a finalidade de gerar energia elétrica. À época, o carvão era o principal combustível e as pesquisas acerca do petróleo estavam no início. Até então, a energia hidráulica da região havia sido utilizada apenas para produção de energia mecânica.

No Brasil, a primeira usina hidrelétrica entrou em operação em 1883, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, em Diamantina, estado de Minas Gerais. Porém, foi só 1889, em 5 de setembro, que se inaugurou a usina hidrelétrica Marmelos-Zero, da Companhia Mineira de Eletricidade, que de fato é considerada a primeira usina hidrelétrica do país. Instalada no Rio Paraibuna e pertencente ao industrial Bernardo Mascarenhas, esta era de porte maior e responsável pelo primeiro fornecimento de energia elétrica para iluminação pública da América Latina.

5.1.2 Princípio de funcionamento

Uma usina hidrelétrica é composta de uma estrutura gigante para realizar a geração de energia elétrica a partir da água. Porém, seu princípio de funcionamento contém algumas etapas de simples entendimento. Sua estrutura é composta basicamente de um reservatório, duto, turbina, casa de força e linha de transmissão, como podemos observar pela Figura 23.

Para a geração de energia elétrica através deste método, a água é represada em um grande reservatório, armazenando, assim, energia potencial. Mantendo isolada essa porção de água do restante da estrutura, temos as comportas. Uma vez abertas, toda a energia potencial acumulada converte-se em cinética à medida que a água percorre os dutos. Essa divisão da usina é responsável pelo transporte desta água até as turbinas. Estas, então, têm a função de,

ao entrar em operação, gerar a força eletromotriz induzida, isto é, converter a energia cinética das turbinas em elétrica. Para isso, são acopladas a um gerador, que faz a conversão. Esse gerador, que se situa na chamada “Casa de Força” passa a transmitir a energia elétrica.

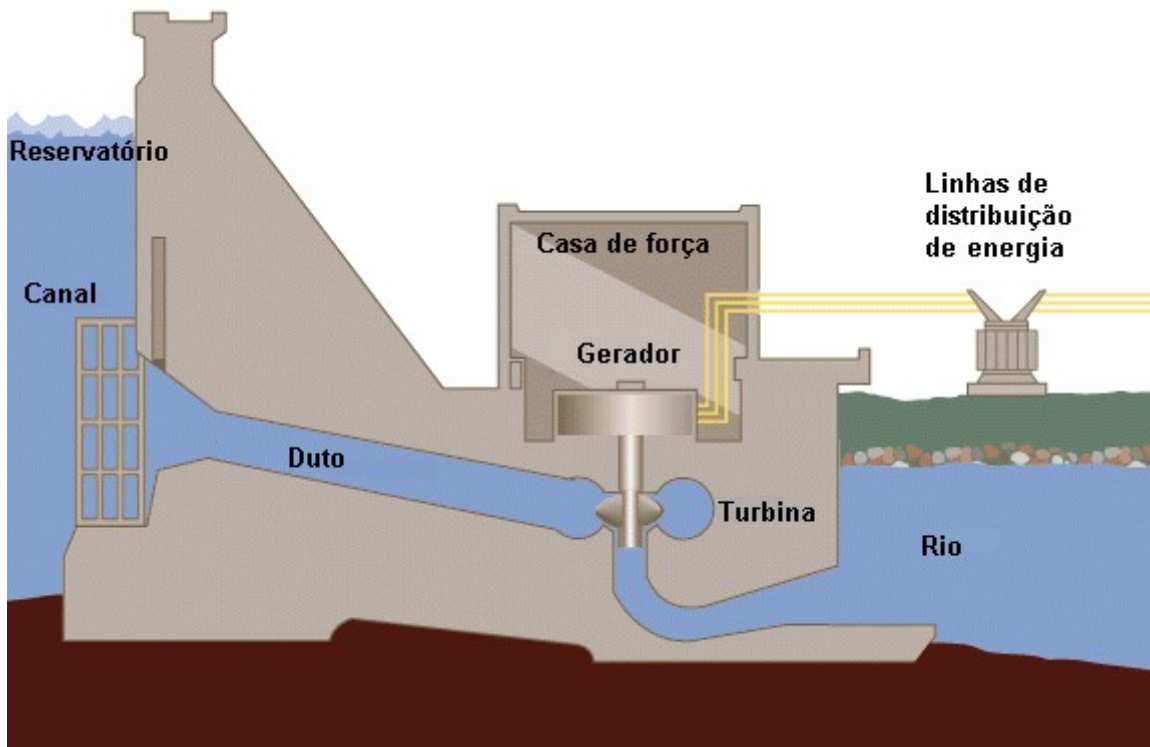


Figura 23 - Diagrama de funcionamento de uma usina hidrelétrica

5.1.3 Estrutura brasileira

Evidenciado no início deste capítulo, o Brasil, ao longo das décadas, foi elevando seu consumo de energia elétrica. Tendo em vista este dado, foi necessária a atualização da estrutura de suporte à medida que a demanda crescia.

Conforme mostra a Figura 24, o Brasil é um dos países com maior matriz elétrica renovável, isto é, a maior parte da sua geração de energia elétrica é proveniente de recursos renováveis.

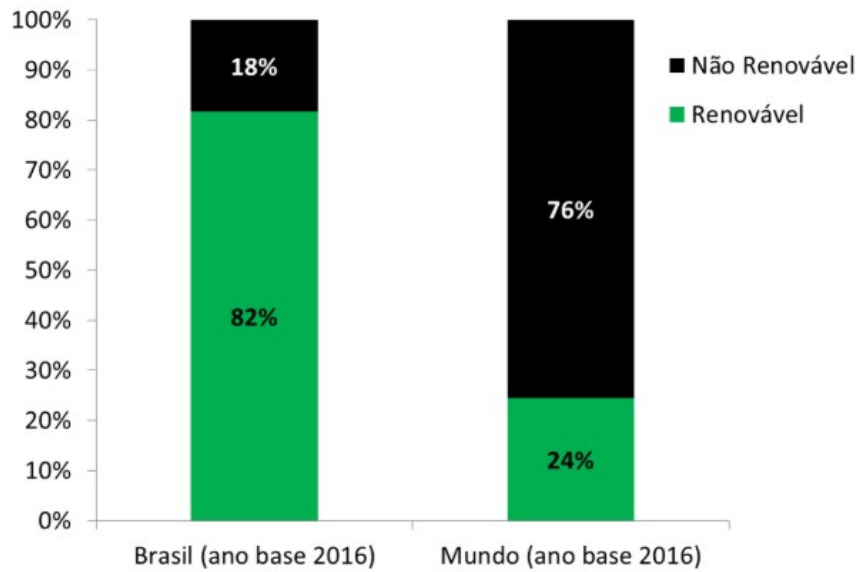


Figura 24 - Porcentagem de fontes para geração de energia elétrica no Brasil e mundo
Fonte: EPE – Matriz energética e elétrica

Dentro dos recursos renováveis, está a água, utilizada para geração de energia nas usinas hidrelétricas, como vimos recentemente. Conforme ilustra a Figura 25, este recurso corresponde a mais da metade da geração de energia elétrica no país.

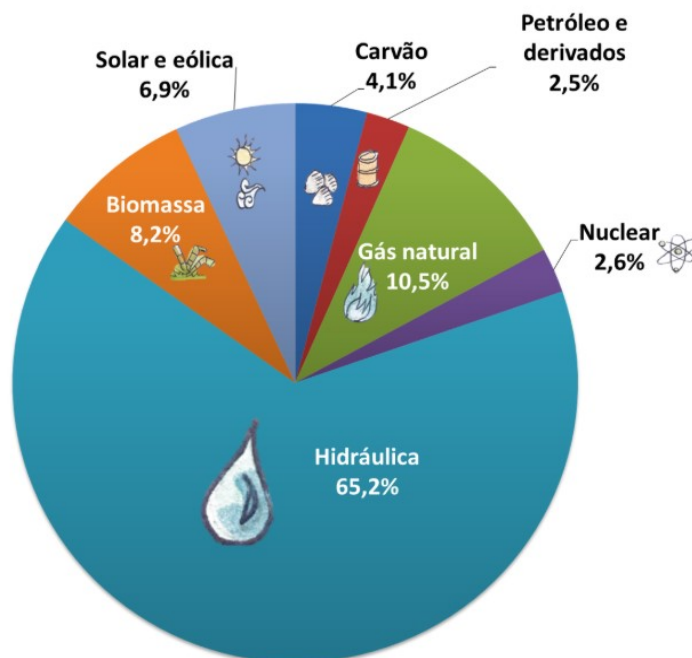


Figura 25 - Matriz energética brasileira (BEM, 2018)
Fonte: EPE – Matriz energética e elétrica

Com base nas informações apresentadas acima, o Brasil demanda abruptamente de energia oriunda de hidrelétricas. Devido a tal fato, em 2018, conforme ilustrado abaixo, o país tornou-se o segundo maior país a nível mundial na produção de energia hidrelétrica, através apenas da China, país com população aproximadamente sete vezes maior, como pode-se observar pela Figura 26.

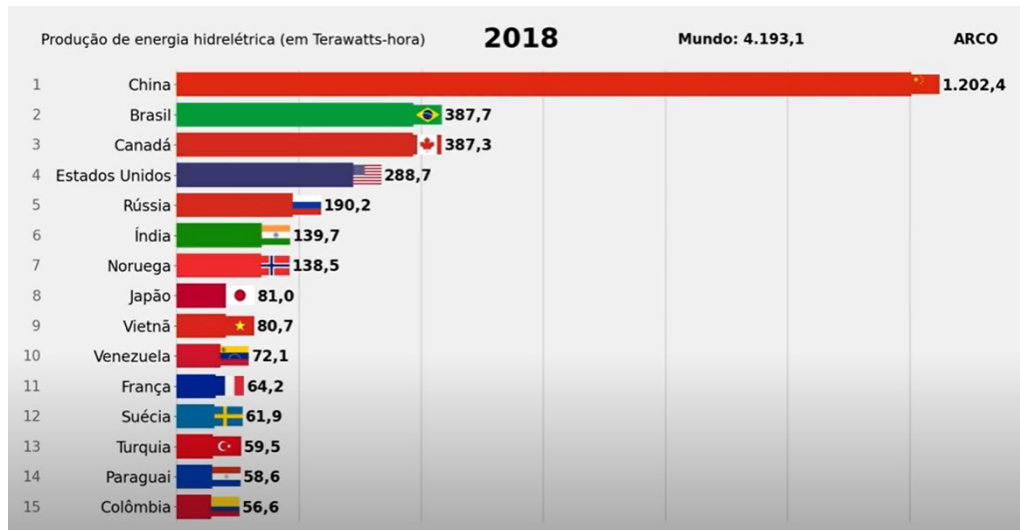


Figura 26 - Países com maior geração de energia hidrelétrica (2018)

Fonte: U.S. Energy Information Administration: International energy statistics

Mantendo-se entre os países de maiores números relacionados a geração de energia hidrelétricas, o Brasil possui, de acordo com a ANEEL, quase 7500 usinas, divididas em diversas categorias. Dentre essas, 3 se destacam: a usina de Tucuruí I e II (capacidade de geração de 8.730 MW), Belo Monte (11.233 MW) e Itaipu (14.000 MW). Elas são, respectivamente, a quinta, terceira e segunda maiores usinas hidrelétricas do mundo. A Figura 27 apresenta dados das usinas de geração de energia elétrica no país.

Tipo	Quantidade de Usinas	Potência Instalada (MW)	Percentual
Micro Hidro	699	712	0,43%
Eólica	606	14.873	9,08%
Pequena Hidro	426	5.184	3,16%
Solar	2.469	2.074	1,27%
Hidro	217	98.581	60,16%
Térmica	3.009	40.438	24,68%
Nuclear	2	1.990	1,21%
Total	7.429	163.852	100,00%

Figura 27 - Usinas elétricas

Fonte: ANEEL

As usinas, de capacidades de produção elevadíssimas, necessitam de áreas à altura de suas estruturas. Os locais são estrategicamente escolhidos também visando a possibilidade de represamento de grande quantidade de água, além do clima local, que deve ofertar períodos chuvosos visando o acúmulo do volume de água requisitado para operação e geração. A maior encontra-se na China, chamada “Usina de Três Gargantas”, com capacidade de geração de 22.500 MW, ilustrada pela Figura 28.



Figura 28 - Maior usina hidrelétrica do mundo

5.1.4 Vantagens e desvantagens

A energia hídrica é um dos mais antigos aproveitamentos energéticos a grande escala e está enquadrada como uma energia renovável. No entanto, cada meio de geração energética possui seus prós e contras. Efetivamente esta tecnologia tem enormes vantagens comparativamente a outros gêneros de produção energética, apesar disso existem também algumas desvantagens no uso da energia hídrica.

Algumas de suas vantagens podem ser elencadas principalmente por conta da sua condição de melhoria ao meio ambiente. Para geração, utiliza fonte limpa e renovável, que

não gera emissão de dióxido de carbono, proporciona desenvolvimento local, como estabelecimento de vias fluviais, construção de vias de comunicação, geração de atividades de pesquisa e turismo, além de possuir um baixo custo de produção e ser uma fonte barata de energia. Apesar da construção ser cara, sua vida útil é elevada, assim como sua capacidade produtiva.

Por outro lado, existem alguns problemas associados à geração de energia hidrelétrica. Toda área destinada à construção da usina deve ser alagada para represamento da água utilizada em seu funcionamento, fazendo com que, assim, seja necessário desapropriar habitantes e vegetação, caso haja. O alagamento fará com o fluxo do rio seja modificado, o que pode alterar os níveis de oxigênio na água e prejudicar a vegetação que cresce perto de suas margens. O desmatamento causado pela instalação pode gerar desequilíbrios ecológicos, gerando mudanças climáticas e no regime das chuvas, prejudicando também não apenas as vidas terrestre, mas como aquática também.

Em suma, há estudos para minimização desses impactos, como desenvolvimento de novos processos ou modelos de usinas para geração a partir de recursos hídricos que impactem menos no meio ambiente. Também, os locais de instalação sendo estudados a fim de prevenir tais acontecimentos negativos, elevam os pontos positivos, fazendo desta, mediante todo seu potencial energético, uma excelente alternativa para geração de energia elétrica oriunda de recursos renováveis.

5.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

O Brasil é um país tropical e com uma excelente irradiação solar anual, na grande maioria das regiões, o que torna nosso território um local propício para a geração de energia solar fotovoltaica. Além de reduzir os custos com energia elétrica em residências e empresas, a geração de energia solar é considerada limpa e sustentável, por não agredir o meio ambiente e não gerar gases de efeito estufa.

Esse método de geração de energia consiste em aproveitar-se da radiação solar a fim de transformá-la em energia elétrica. Isto é, a partir da captação da luz do Sol e empregando o calor dos raios solares, obtemos eletricidade.

Nos últimos anos, o número de instalações a partir dessa fonte de geração renovável e eficiente – visto que a matéria prima é infinita e gratuita, teve crescimento elevado. Segundo a

ANEEL, em 2019 o uso de energia solar aumentou 161%. Esse crescimento deriva de diversos fatores, como o aumento nas tarifas das concessionárias de energia elétrica, redução nos custos dos equipamentos para operação do sistema e criação de linhas de crédito com taxas reduzidas. Os dois últimos fatores caminham em comunhão. Os custos para instalação do sistema eram, historicamente, elevados, inviabilizando o negócio. Porém, na última década, o valor dos equipamentos que constituem o modelo teve redução de 90%, tornando-o mais acessível.

Com sua popularidade crescendo exponencialmente, a fonte, que pode gerar de 50% a 90% de economia na conta de energia elétrica, caminha para tornar-se a principal de geração de energia elétrica a nível global. Dentro deste capítulo, conheceremos mais a fundo sobre o funcionamento do sistema, suas derivações e a perspectiva para os próximos anos.

5.2.1 Surgimento

Um jovem físico francês, Edmond Becquerel, em 1839, notou e descobriu o efeito fotovoltaico, processo no qual um material gera uma voltagem ou corrente elétrica quando exposto à radiação eletromagnética. No entanto, somente após Albert Einstein explicar o efeito fotoelétrico em sua tese é que se entendeu como a luz produz eletricidade.

Em 1883, o americano Charles Fritts criou a primeira célula solar feita de selênio finamente revestido de ouro, marcando o início da tecnologia fotovoltaica. Segundo ele, a invenção produzia uma corrente “contínua, constante e de força considerável”. A célula, contudo, possuía eficiência máxima de conversão elétrica de apenas 2%. Atualmente, as células fotovoltaicas possuem eficiência muito superior.

Em 1954, cientistas americanos da Bell Laboratories criaram a primeira célula solar de Silício, mais eficiente que o Selênio, com 6% de conversão. A invenção, entretanto, ainda esbarrava em um problema: seu alto custo. Células solares de silício são caras para produzir e placas solares feitas delas mais ainda.

Algumas das primeiras utilizações dos painéis solares foram feitas no espaço, começando em 1958, quando o satélite Vanguard I foi lançado em sua viagem espacial com um painel minúsculo, de 1 Watt, para alimentar o seu rádio.

Entre os anos de 1970 e 1980 a energia solar teve altos e baixos nos Estados Unidos, devido à crise energética no país. Em 1973, foi construída a primeira casa alimentada por

energia solar, realizado pela Universidade de Delaware, nos EUA, e batizada de “Solar One” . O projeto utilizava um híbrido de energia solar térmica e fotovoltaica, e também contou com a primeira utilização de BIPV (Building Integrated Photovoltaics, ou Fotovoltaica Integrada a Edifícios).

Em 1985, outra grande conquista foi alcançada pela Universidade de South Wales, nos EUA, a qual conseguiu chegar a uma eficiência de 20% com células solares de silício. Em 99, uma pesquisa em conjunto entre o National Renewable Energy Laboratory e a Spectrolab Inc. alcançou uma eficiência de 33.3%, recorde quebrado novamente pela Universidade de South Wales, em 2016, quando conseguiram chegar a uma eficiência de 34.5%. Tais tecnologias ainda estão restritas a testes e estudos, assim sendo, não são comercializadas. Atualmente, o mercado conta com equipamentos de eficiência na casa dos 20%.

No Brasil, a história com a energia solar é recente. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, foi somente em 2014 que aconteceu a primeira contratação de energia solar de geração pública centralizada. No ano seguinte, houve mais dois leilões, cuja ideia foi desenvolver a indústria solar no Brasil para uso e para reserva. Mas ainda assim, segundo pesquisadores de revistas e entidades ligadas ao ramo, o país carece de mais investimentos.

5.2.2 Princípio funcionamento

A energia solar fotovoltaica é a geração de energia elétrica através da luz do sol, quando, através de um sistema fotovoltaico, o consumidor pode abastecer todo o consumo elétrico de sua instalação. Agindo como um grande reator nuclear natural, o Sol libera a cada instante pequenos pacotes de energia, chamados fótons, que percorrem um longo caminho até chegar a Terra. Esse potencial energético pode ser convertido em energia elétrica. Para tal, utilizamos um sistema interligado, onde cada equipamento responsabiliza-se por uma ação. O componente que inicia o processo, ou seja, capta a radiação solar e distribui-a aos demais é o módulo fotovoltaico.

Os módulos fotovoltaicos, popularmente conhecido como placas solares, produzidos em materiais semicondutores, como o silício, por exemplo, e com uma camada positiva e outra negativa, recebem os fótons e, através da troca entre as camadas, criam um circuito elétrico. Quando os elétrons o percorrem, geram eletricidade.

Múltiplas células compõem um módulo fotovoltaico e vários destes são agrupados para formar um painel solar, como podemos observar através Figura 29. Quanto mais painéis você pode implantar, mais energia você pode esperar gerar.



Figura 29 - Módulos fotovoltaicos instalados sobre uma residência

A energia produzida pela circulação de elétrons nos módulos é em corrente contínua (CC). No entanto, nossas instalações, sejam residenciais, industriais, são de corrente alternada (CA). A fim de transformar e nos entregar a forma de corrente adequada às nossas instalações, utilizamos um inversor. Esse dispositivo converte a energia gerada pelo painel em corrente alternada e permite aos sistemas que utilizem a energia a partir dos painéis fotovoltaicos. Por essa razão, esse componente é considerado o cérebro do sistema. Além da conversão, também são responsáveis por proteger contra falhas elétricas, gerar estatísticas do sistema, como de produção de energia e destinar a energia gerada, variando com o tipo da instalação.

5.2.2.1 Sistema on grid

No sistema on grid, a geração de energia solar está conectada à rede de distribuição elétrica. Por não produzirem energia durante a noite ou energia insuficiente em momentos de

pouca luminosidade, os sistemas fotovoltaicos precisam ser conectados à rede elétrica para que o consumidor possa contar com a energia dela nesses momentos. Quando o sistema não conseguir gerar a energia necessária para o consumo, a rede pública complementar com a energia restante.

Da mesma forma, naqueles momentos de maior geração, quando o sistema pode estar suprindo mais do que é consumido, é preciso que essa energia seja enviada para algum lugar, visto o caráter imediato do uso desta. Assim, quando a sua unidade produz mais energia do que é consumido, a sobressalente é enviada de volta à rede pública. Através do sistema de compensação de energia elétrica, criado pela ANEEL em sua resolução normativa 482 de 2012, toda essa energia é apenas emprestada para distribuidora, a qual deve ressarcir o consumidor por esta através de créditos energéticos. Esses créditos, que possuem validade de 5 anos, são então utilizados pelo consumidor para abater do que ele consumiu da rede.

Nesse modelo, representado pela Figura 30, o inversor é responsável, também, por realizar a troca dessa energia gerada pelo sistema fotovoltaica com a rede elétrica.

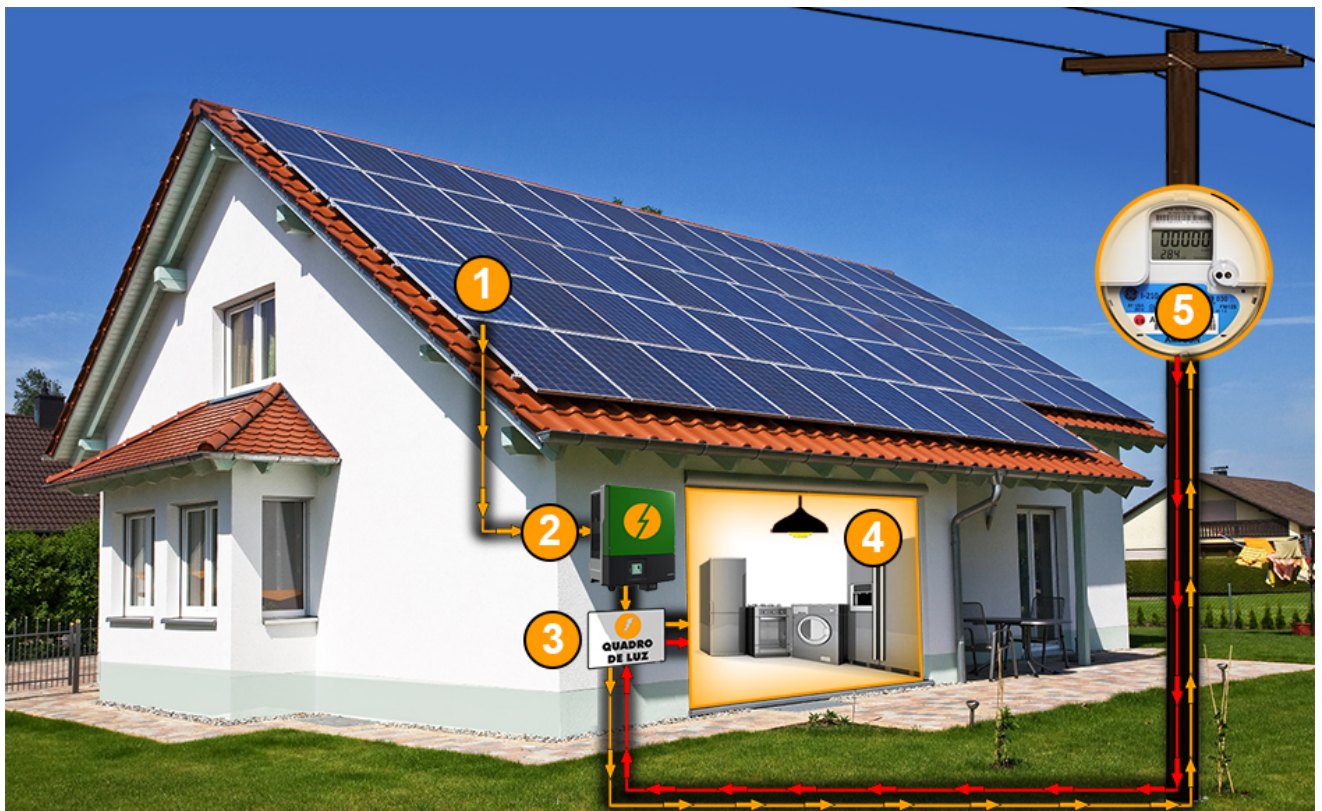


Figura 30 - Sistema fotovoltaico *on grid*

5.2.2.2 Sistema off grid

Já no sistema *off grid*, ilustrado na Figura 31, não possui conexão com a rede pública de energia, então necessita de um banco de baterias estacionárias, que irão armazenar todo o excesso de energia gerado pelas placas fotovoltaicas. Assim, toda energia não consumida pelas cargas ficará armazenada e preparada para uso em sua instalação, mesmo em épocas em que seu sistema não esteja gerando energia.

Esse sistema conta também com controladores de carga ou carregadores ficam entre os painéis e as baterias. Eles são utilizados para controlar a voltagem de entrada nelas, evitando sobrecargas ou descargas excessivas, otimizando e prolongando a sua vida útil. Os painéis solares produzem mais ou menos energia de acordo com a quantidade de luz solar e as baterias não suportam esta variação. Para resolver este problema e também para aperfeiçoar o carregamento das baterias, se utilizam os controladores de carga.

Esse sistema é mais indicado para lugares remotos, como áreas rurais, pois seu uso não depende da rede pública de energia.

Além do sistema *on grid*, o sistema *off grid* também necessita de inversores. Ele converte a corrente contínua gerada pelas placas solares e o armazena nas baterias. Assim, controla quando as cargas são alimentadas pela energia oriunda dos módulos ou da armazenada.

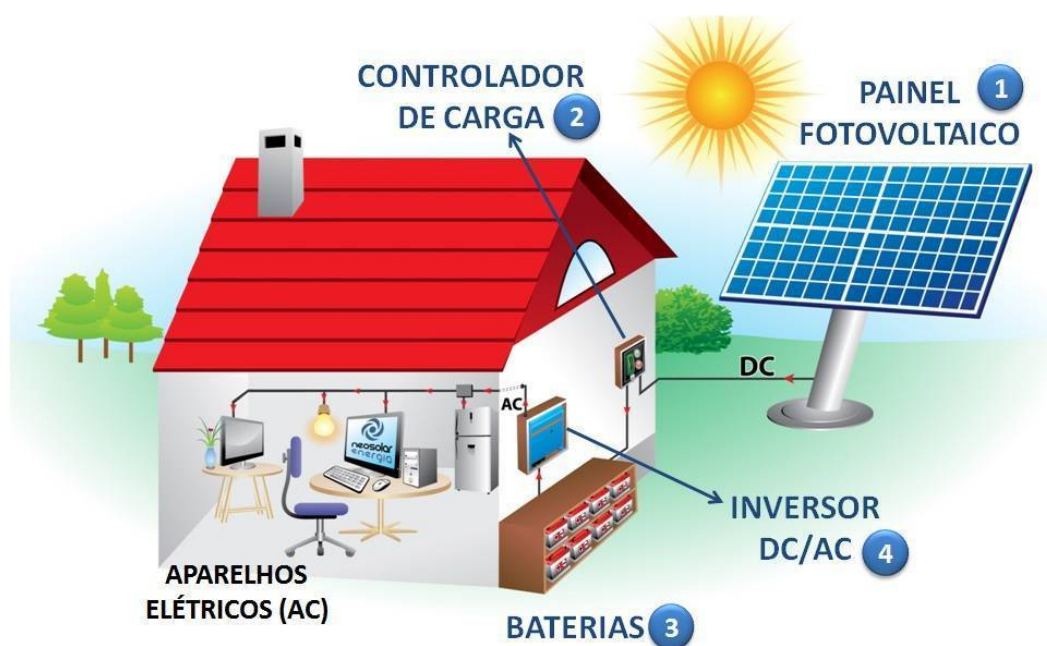


Figura 31 - Sistema fotovoltaico *off grid*

5.2.3 Instalações fotovoltaicas mundiais

Com a popularização dessa forma de geração de energia e suas expansivas reduções de custos, os países tendem a aumentar ainda mais seus investimentos no setor. Atualmente, China, Índia e EUA lideram o ranking de países com maiores parques solares do mundo.

O Benban Solar Park, no Egito, mostrado na Figura 32, é o maior parque solar do mundo. Finalizado em 2019, é composto por 41 usinas e produz um total de 1.650 MW. Porém, objetiva alcançar uma capacidade geradora de até 2,0 GW.



Figura 32 - Vista aérea do maior parque fotovoltaico do mundo

Com capacidade um pouco inferior, o Tengger Desert Solar Park, na China, possui uma potência de 1.547 MW distribuídos em 1.200 km². Em terceiro lugar, o Bhadla Solar Park, na Índia, tem potência de 1.515 MW. No entanto, é um projeto dividido em etapas. A capacidade atual representa uma das fases do projeto e apenas 15% do parque está em operação. Com a finalização do projeto, estima-se uma produção de 2,25 GW, assumindo o título de maior instalação solar a nível global e aproximando o país do propósito de obter 17% de sua energia a partir de fonte fotovoltaica.

Também na Índia, o complexo Pavagada Solar Park está em fase de construção. Em operação, tem-se a potência de 1.400 MW. Porém, com investimento de US\$ 2,2 bilhões,

projeta-se entregar 2 GW de potência, fazendo com que substituía 578.631 toneladas de emissões de dióxido de carbono por ano.

Das nove maiores usinas fotovoltaicas do mundo, apenas três não estão na China ou Índia. Além da de Benban, estão a usina de Sweihan, nos Emirados Árabes Unidos, que possui capacidade geradora de 1.177 MW, e o Enel Villanueva PV Plant, o maior projeto fotovoltaico da América Latina, com capacidade de 830 MW.

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o Brasil conta com 5.312 MW de potência solar instalada das usinas em operação. A maior usina de energia solar do país e da América do Sul, representada pela Figura 34, está localizada na cidade de São Gonçalo do Gurguéia, no Piauí. Possui capacidade de geração de 475 MW e reduzirá a emissão de 860 mil toneladas de CO₂ na atmosfera a cada ano.



Figura 33 - Maior usina fotovoltaica do Brasil

5.2.4 Perspectivas futuras

Tendo o número de instalações a partir do sistema fotovoltaico aumentando a cada ano, devido à fatores já citados, como necessidade de redução no valor gasto com energia,

sustentabilidade, queda nos preços dos componentes, as perspectivas para os próximos anos seguem a tendência.

Após iniciar a geração de energia solar apenas em 2011, com a construção da usina de Tauá, no Ceará, o Brasil tem a contagem de instalações em evolução. Em 2018, o país fechou o ano com cerca de 57 mil sistemas fotovoltaicos instalados. Porém, a previsão para 2024, como mostra a Figura 35, é ter mais de 880 mil instalações de geração de energia elétrica a partir de módulos solares.

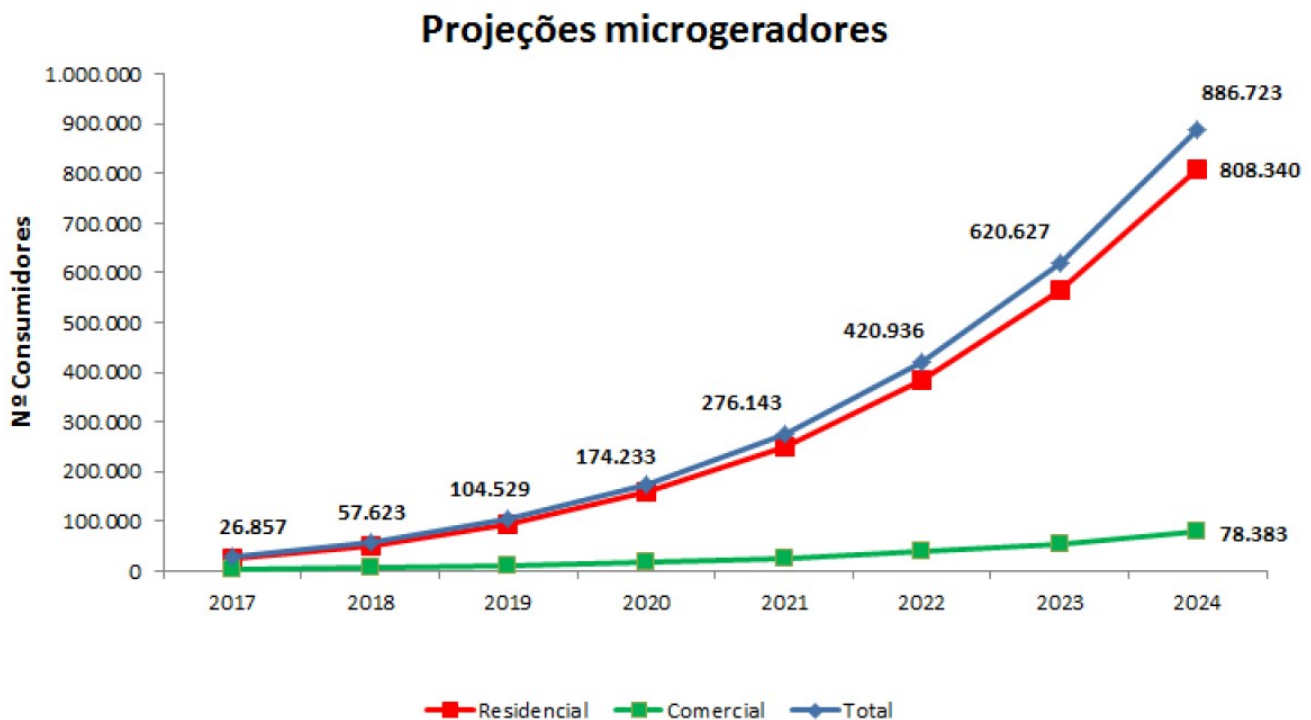


Figura 34 - Projeção de sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil até 2024

O aumento abrupto de instalações passa, em sua maior parte, pelo setor residencial, que corresponde a cerca de 90% do total nacional – os outros 10% correspondem a instalações de sistemas comerciais. Tal aumento só tende a beneficiar o país, seja com sustentabilidade, na diminuição de utilização de recursos não renováveis, renováveis que podem ser melhor destinados, como água, principal fonte atual, além de fomentar a economia no setor em crescente, visto que os custos de instalação e manutenção tende a ser inversamente proporcionais, possibilitando ainda mais instalações. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) estima que, até 2040, o país terá 126 GW de energia gerados pela luz solar, tornando-se a tecnologia líder no setor e ultrapassando até mesmo a fonte hídrica.

5.2.5 Vantagens e desvantagens

Uma fonte inesgotável de energia limpa tende a trazer muitas melhorias à sociedade num contexto geral, seja financeiro, político, sustentável. A energia solar fotovoltaica atende todos os requisitos citados.

Como vantagens de seu modelo de operação, podemos destacar a redução no valor da conta de energia elétrica, sua longa vida útil, visto a robustez e qualidade dos equipamentos que o compõe, baixa manutenção, caminhando em conjunto à vida útil, retorno de investimento, o payback, energia sustentável e silenciosa, visto que não emite gases poluentes, utiliza combustíveis fósseis ou fontes naturais esgotáveis, possibilidade de utilização independente à rede elétrica convencional. Com todas essas vantagens, seu consumo expandiu, popularizou e os preços de instalação fizeram caminho contrário, tornando-se cada vez mais acessíveis à população em geral.

Como desvantagens, podemos citar o fato de produção de energia limitar-se a períodos do dia, e até do ano. Durante a noite, não possui capacidade de geração. Então, caso não tenha sido armazenada a energia durante o período diurno gerada, faz-se necessário a utilização da rede elétrica convencional. Além, não são todos os dias do ano que há incidência solar suficiente para manutenção do consumo, mesmo o Brasil sendo um dos melhores países do mundo no quesito. Apesar dessa vantagem nacional, ainda faltam incentivos governamentais para utilização do modelo de geração. O cenário apresenta uma perspectiva de melhora, com o lançamento de linhas de financiamento com juros acessíveis a fim de obter o sistema fotovoltaico.

Em suma, o maior impeditivo nacional baseia-se no custo de instalação. A medida que esse custo for mais acessível, o sistema tornara-se ainda mais popular, visto que suas vantagens se sobrepõe às demais desvantagens listadas.

5.3 SISTEMA EÓLICO

Outro modelo de geração de energia que vem tornando-se mais comum nos últimos, a energia eólica é uma das fontes renováveis que apresenta maiores vantagens na geração de energia elétrica. Utilizando o vento como matéria prima, por assim dizer, vêm se expandindo a medida que novas solicitações por mercados mais sustentáveis crescem.

Em todo o mundo, o uso dessa energia na geração complementar de eletricidade tem sido constantemente difundido e se espera um crescimento ainda mais significativo para os próximos anos.

A energia eólica tem um futuro ainda mais promissor com a conscientização pública das suas vantagens como fonte renovável de energia e a progressiva competitividade econômica. As questões ambientais estão cada vez mais difundidas e atitudes em favor ao meio ambiente estão se tornando parte integrante dos processos decisórios sob vários aspectos e novas formas de incentivo para compra de energia renovável estão sendo introduzidos, inclusive no Brasil.

Existem vários projetos significativos já em operação que comprovam a eficiência da tecnologia frente às condições brasileiras, mesmo estando a energia eólica em fase inicial de grandes investimentos.

No capítulo a seguir, falaremos mais a respeito desse tipo de geração, apresentando seu modo de operação, partes do sistema, parques eólicos a nível global, bem como sua perspectiva para as próximas décadas.

5.3.1 Surgimento

Apesar de ser foco em conversas sobre eficiência energética e um tema tão atual, a energia eólica não criação recente. Há muitos séculos, civilizações utilizavam cata-ventos, ou moinhos, para moer grãos, bombear água e transportar mercadorias em barcos a vela. A ideia de gerar energia elétrica a partir do vento surgiu no final do século XIX. Na segunda metade do século, nos EUA, as turbinas eólicas foram adaptadas aos avanços científicos e as novas necessidades.

Em 1888, Charles F. Brush, um industrial voltado para eletrificação em campo, ergueu na cidade de Cleveland, também nos EUA, o primeiro cata-vento destinado à geração de energia elétrica, como vemos na Figura 36. Era um aerogerador que fornecia 12 kW em corrente contínua para carregamento de baterias, as quais eram destinadas, sobretudo, para o fornecimento de energia para 350 lâmpadas incandescentes. Todo o sistema era sustentado por um tubo metálico central que possibilitava o giro de todo o sistema acompanhando, assim, o vento predominante. Por 20 anos o sistema esteve em operação, sendo desativado em 1908.

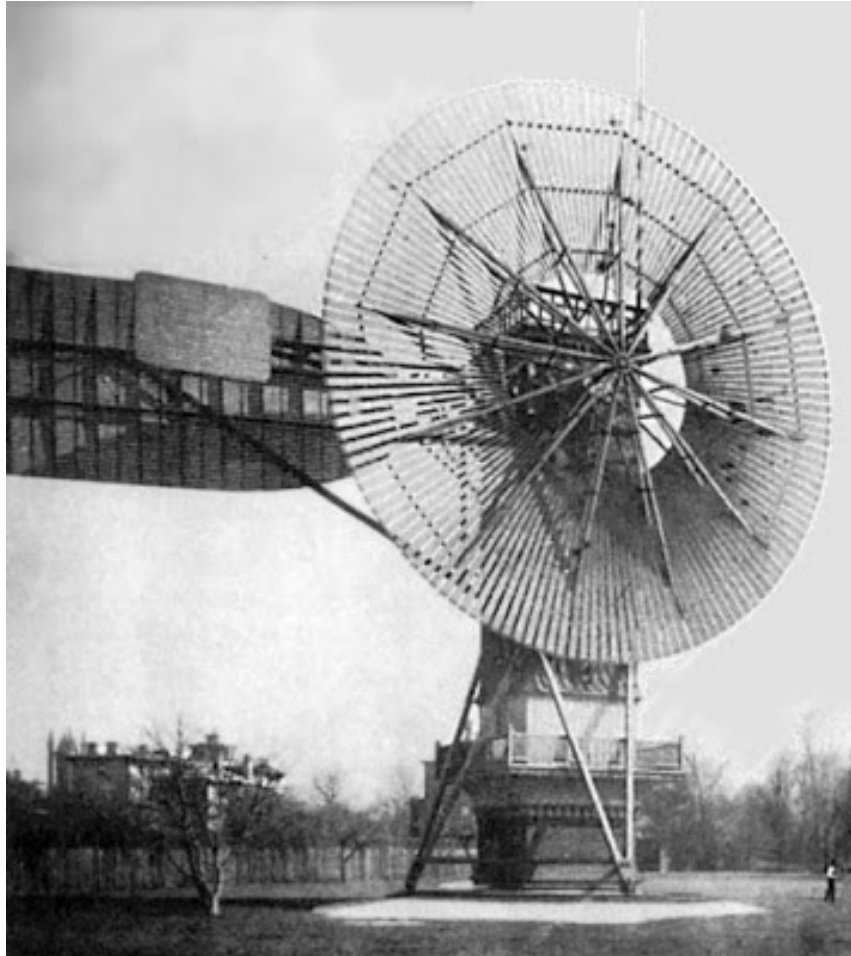


Figura 35 - Aerogerador de Bruch

Na Europa, por volta do ano de 1890, houve o interesse na energia eólica como fonte de energia elétrica. Surgiu então o primeiro programa governamental incentivando o desenvolvimento eólico. Entre 1897-1904 foram construídas mais de 70 turbinas com potências em torno de 25 kW. Porém ainda não havia conexão com a rede elétrica.

Um dos primeiros passos para o desenvolvimento de aerogeradores de grande porte para aplicações elétricas foi dado na Rússia em 1931. O aerogerador Balaclava, era um modelo avançado de 100 kW conectado, por uma linha de transmissão de 6,3 kV de 30 km, a uma usina termelétrica de 20 MW. Essa foi a primeira tentativa bem-sucedida de se conectar um aerogerador de corrente alternada com uma usina termelétrica.

A Segunda Guerra Mundial contribuiu para o desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande porte, uma vez que os países se empenhavam para economizar combustíveis fósseis. Os Estados Unidos, em 1941, desenvolveram um projeto de construção do maior aerogerador até então projetado.

Com o passar dos anos, diversos outros importantes projetos surgiram. A medida que novos testes e geradores eólicos eram realizados e validados, ajustes iam sendo executados a fim de melhorar o sistema. Assim, a altura e pás dos aerogeradores iam aumentando, bem como sua capacidade de produção, como podemos ver na Figura 37.

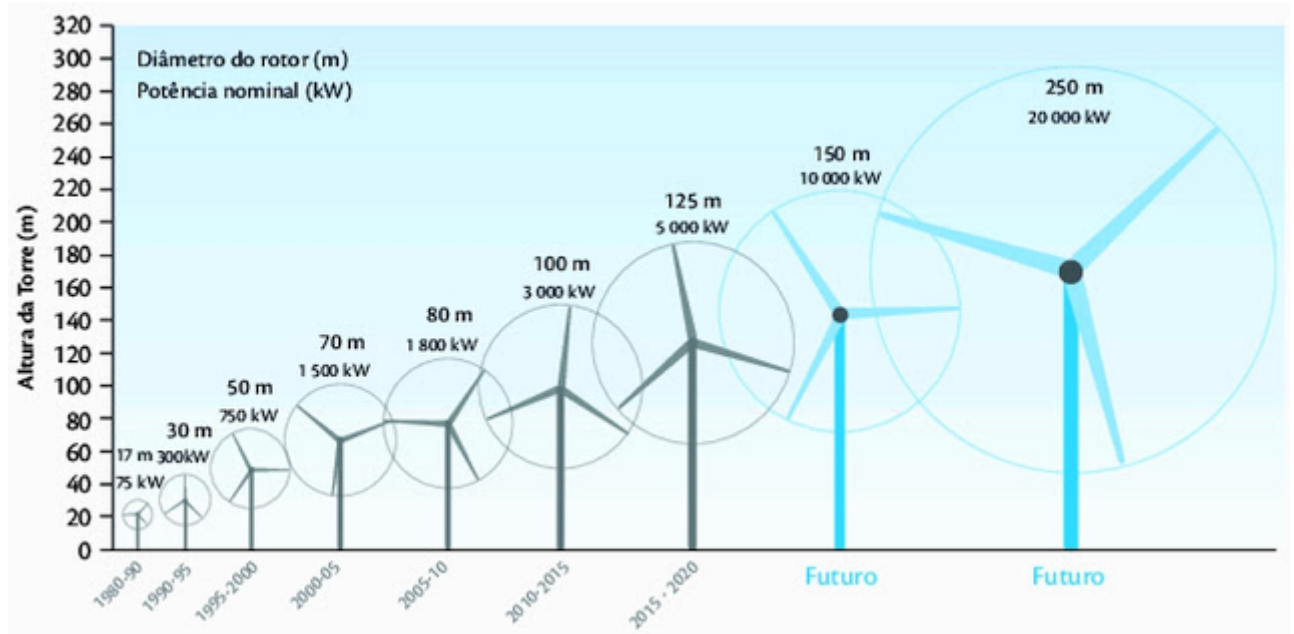


Figura 36 - Crescimento dos aerogeradores
Fonte: Adaptado de IEA (2013)

Porém, a partir do desenvolvimento do carvão e do petróleo, em paralelo com o desenvolvimento da eletricidade, o vento foi abandonado como fonte de energia para a geração de energia elétrica e para todas as outras aplicações. Voltou a ganhar força como geradora de energia com a já citada Crise do Petróleo, na década de 70. A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca.

No Brasil, a primeira turbina eólica, representada na Figura 38, foi instalada em junho de 1992, fruto da parceria entre a Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, com financiamento do Folkecenter, um instituto de pesquisas dinamarquês, e a Companhia Energética de Pernambuco, CELPE. Na época em que foi instalada, a geração de eletricidade dessa turbina correspondia a cerca de 10% da energia gerada na ilha, proporcionando uma economia de aproximadamente 70.000 litros de óleo diesel por ano. A segunda turbina foi instalada em maio de 2000 e entrou em operação em 2001. O projeto foi realizado pelo CBEE, com a colaboração do RISØ National Laboratory da Dinamarca, e financiado pela ANEEL. Juntas, as duas turbinas geram até 25% da eletricidade consumida na ilha. Esses projetos tornaram Fernando de Noronha o maior sistema híbrido eólico-diesel do Brasil.



Figura 37 - Primeira turbina eólica do Brasil
Fonte: ANEEL

5.3.2 Princípio funcionamento

Assim como o sistema fotovoltaico, a energia eólica depende de recursos naturais infinitos para trabalhar e gerar energia elétrica. Nesse caso, ao invés da radiação solar, adota-se a força dos ventos. A energia do vento é transformada em energia elétrica através de um equipamento chamado turbina eólica (ou aerogerador), os quais incluem hélices que se movimentam com a velocidade do vento. A energia captada é convertida em mecânica e faz girar o rotor, que transmite tal rotação ao gerador, responsável por converter todo o processo em energia elétrica.

Tal modelo de geração também possui alguns tipos de aplicações. Ou seja, pode ser utilizado isoladamente ou interligados à rede.

Os sistemas isolados, de menor porte, representados no diagrama da Figura 39, em geral, utilizam de uma forma de armazenamento de energia, como baterias, por exemplo. São utilizados, em sua maioria para abastecimento de pequenas regiões, principalmente quando não há viabilidade de extensão da rede elétrica.

Distinguindo do sistema fotovoltaico, no lugar de placas fotovoltaicas, utiliza-se aerogeradores para captação de energia natural a fim de convertê-la em elétrica. O controlador de carga possui função semelhante à do sistema anterior. O mesmo visa proteger o restante do circuito contra sobrecargas ou baixas tensões.

Trabalhando com dois modelos diferentes, a bateria é responsável por armazenar carga para utilização posterior. O primeiro modelo com possibilidade de aplicação é o monobloco. Este, é mais econômico, mas apresenta uma baixa vida útil. O segundo, estacionária, com valor mais elevado, oferece uma maior longevidade e versatilidade, ofertando vários tipos de tensão ao serem conectadas em série.

O inversor responsabiliza-se por converter a energia obtida em corrente contínua em corrente alternada, ou seja, a gerada pela rede elétrica comum.

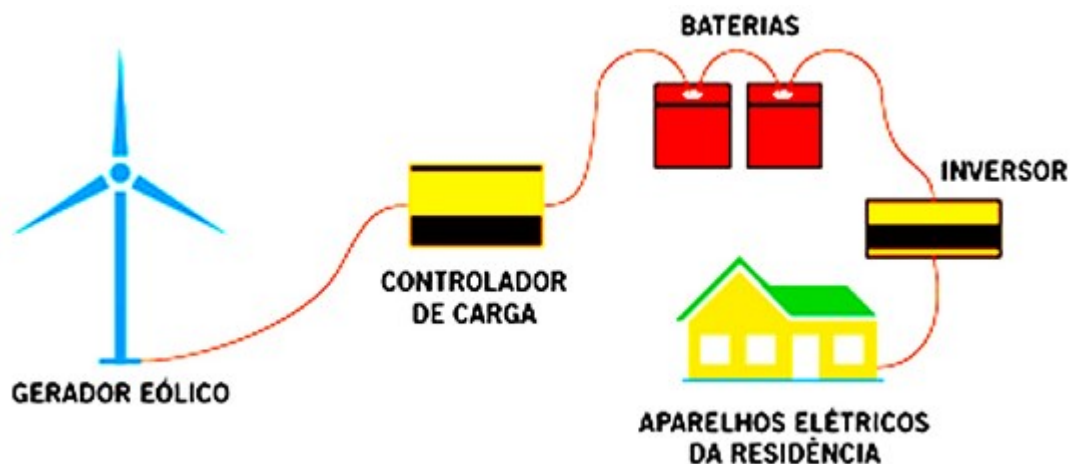


Figura 38 - Representação de um diagrama de sistema eólico isolado (off grid)

Os sistemas interligados à rede, como mostra a Figura 40, não necessitam de sistemas de armazenamento de energia pois toda a geração é entregue à rede elétrica. Estes sistemas representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão interligados, visando uma maior escala e fins comerciais.

Os sistemas eólicos interligados à rede apresentam as vantagens inerentes aos sistemas de geração distribuída tais como: a redução de perdas, o custo evitado de expansão de rede e a geração na hora de ponta quando o regime dos ventos coincide com o pico da curva de carga.

Distinguindo no modelo off grid na forma de consumo da energia obtida, o sistema interligado não utiliza controladores de cargas e baterias. Toda energia gerada é direcionada à residência. Uma vez que a carga não consome todo o potencial, o excedente é injetado na rede pública. O caminho reverso também ocorre. Quando a energia gerada não supre a necessidade

de consumo, se faz necessária a utilização da rede. O medidor bidirecional é responsável pela interface entre os sistemas.

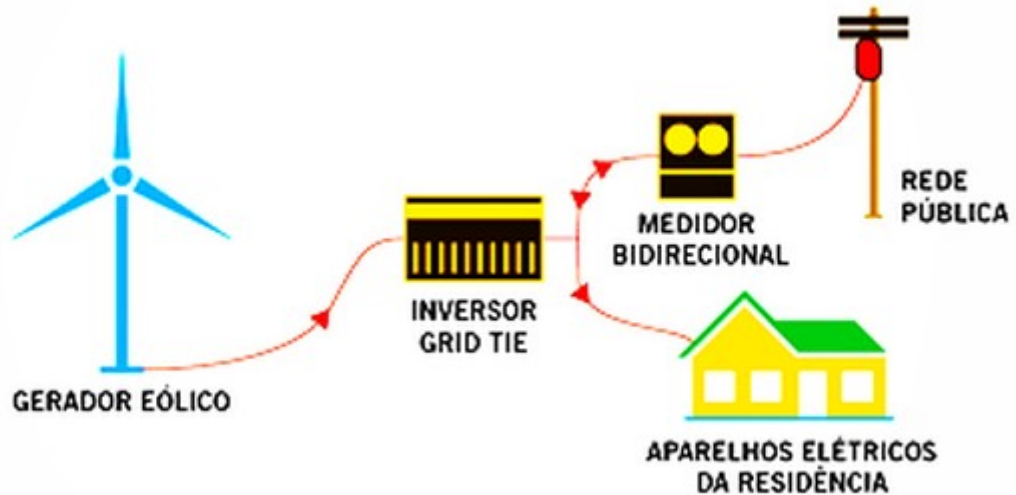


Figura 39 - Representação do diagrama de um sistema eólico interligado (on grid)

5.3.3 Partes do sistema de geração

As pás são responsáveis pela captação dos ventos, convertendo sua potência ao centro do rotor. São fabricadas de forma artesanal a partir de materiais como plástico e fibra de vidro. Sua aerodinâmica assemelha-se às asas de aviões. O rotor, por sua vez, possui um sistema hidráulico que permite o movimento das pás em distintas posições para otimizar a força do vento ou parar a turbina por completo.

Elemento que sustenta o rotor e a nacela na altura apropriada ao seu funcionamento, a torre é, embora na maioria das vezes seja de aço, como originalmente construída, já apresenta instalações com modelos em concreto. Nacela compartimento instalado no alto da torre composto por caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico e sistema hidráulico. É o componente de maior peso do sistema.

As caixas de transmissão têm a função de transformar as rotações que as pás transmitem ao eixo de baixa velocidade, 19 a 30 rpm, de modo que entregue ao eixo de alta velocidade as rotações que o gerador precisa para funcionar, 1.500 rpm. Esse, por sua vez, converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica.

Para medida de controle, utiliza-se o anemômetro. Este, mede a intensidade, a velocidade e a direção do vento. Tais dados são lidos pelo sistema de controle, que garante o posicionamento mais adequado para a turbina. Todo o conjunto é representado na Figura 41.

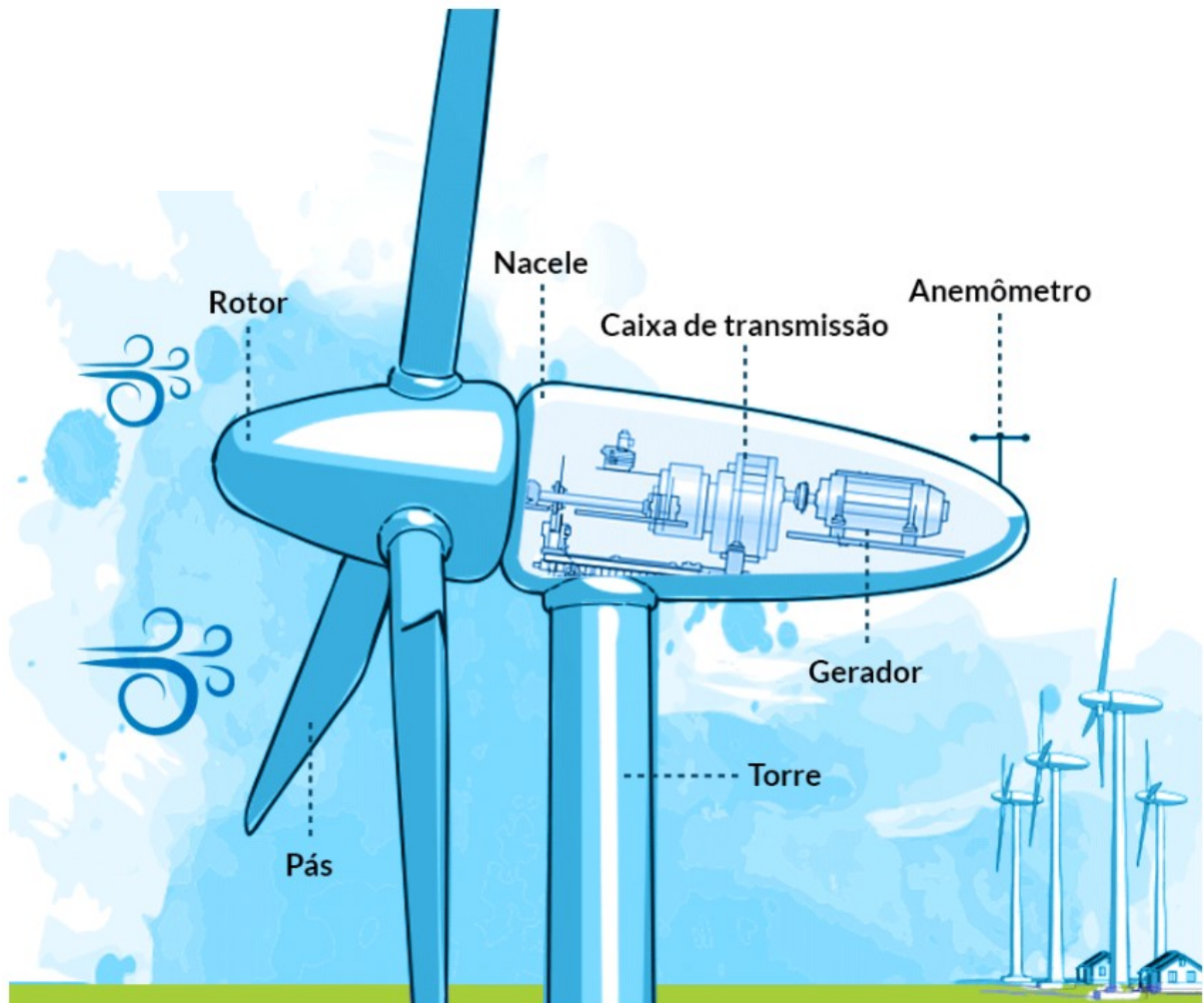


Figura 40 - Parte de uma turbina eólica

Fonte: Atlantic Energias

5.3.4 Sistemas eólicos mundiais

Já citada como potência na geração de energia hidrelétrica, a China também aparece no topo da geração de energia eólica onshore, isto é, em terra. Com o maior parque eólico em construção, mostrado na Figura 42, será capaz de gerar 6 GW, dividindo-se entre o norte do país junto da fronteira da Mongólia.



Figura 41 - Maior parque eólico onshore do mundo na China

Com quatro entre os sete maiores países com capacidade instalada, a Europa possui uma rede da geração consolidada. Apesar da Alemanha possuir a maior capacidade eólica instalada na Europa, o maior parque eólico onshore, isto é, em terra, instalado no continente fica na Inglaterra. O parque Whitelee, na Figura 43, possui 215 aerogeradores com capacidade de geração de 539 MW.



Figura 42 - Parque eólico Whitelee

O ranking onshore é encabeçado, como citado, pela China, 221 GW de capacidade instalada, seguida por Estados Unidos (96,4 GW), Alemanha (59,3 GW), Índia (35 GW),

Espanha (23 GW), Reino Unido (20,7 GW), França (15,3 GW). Na oitava posição, à frente de países como Canadá e Itália, o Brasil possui a maior capacidade eólica da América do Sul.

Com 14,5 GW, vem em uma crescente de 8,9% ano a ano em fevereiro de 2019, segundo sites de pesquisas da área. Hoje, o país conta com mais de 520 parques eólicos, tendo 80% de sua capacidade instalada no nordeste, com Rio Grande do Norte e Bahia como maiores produtores. O Complexo Eólico Cutia, Figura 44, com 180,6 MW de capacidade instalada é o maior em território nacional, dividindo o posto com o Complexo Eólico Bento Miguel, ambos no Rio Grande do Norte.



Figura 43 - Complexo Eólico Cutia: maior parque eólico do Brasil

Também na Inglaterra, está instalado o maior parque offshore, isto é, fora da terra. Mas, não só da Europa, como a nível global. London Array, representado na Figura 45, é o maior parque offshore do mundo desde 2013 e encontra-se localizado no Mar do Norte, a cerca de 20 km da costa de Kent, na Inglaterra.

O parque eólico possui 175 aerogeradores com um diâmetro de rotor de 90 metros, com capacidade de potência instalada de 630 MW, energia suficiente para mais de 470 mil residências, ou dois terços das casas existentes na localidade de Kent.



Figura 44 - Maior parque eólico offshore do mundo

5.3.5 Perspectivas futuras

As perspectivas futuras para ampliação da capacidade instalada de energia eólica são otimistas. Segundo relatório da Wood Mackenzie, a capacidade global pode atingir 741 GWh em 2030. A pesquisa ainda mostra que os EUA estão na liderança do setor e responderão por 49%, ou 365 GWh, da capacidade global acumulada até 2030. A China vem em segundo lugar, também com a expectativa de crescimento exponencial, representando 21%, ou 153 GWh, da capacidade global acumulada ao final da década. Na Europa, o crescimento deve ser mais lento, com o Reino Unido e a Alemanha dominando o mercado até 2025.

Em terras britânicas, o governo promete um projeto a fim de torna-lo o líder mundial em energia eólica. Em discurso, afirmaram projetar uma capacidade energética desse tipo de geração suficiente para atender todas as residências do país. Estima-se aumentar a geração offshore para 40 GW. Atualmente, são 10 GW.

No Brasil, algumas medidas estão sendo tomadas para aumento na capacidade geradora. De acordo com MME, o setor elétrico receberá investimentos de R\$ 400 bilhões até 2030. Parte expressiva dos investimentos será canalizada para o segmento produtivo de energia eólica, conforme expresso no Plano Decenal de Energia (PDE) 2027, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Segundo este documento, a maior expansão da

capacidade instalada será da fonte eólica, com investimentos previstos para construção de novos 14,3 GW, representando, per se, cerca de 24% da expansão total (60,6 GW). De acordo com estas estimativas, a fonte eólica passaria dos atuais 9,2% para 12% da capacidade instalada total. Também há projeções de aumento de capacidade eólica a partir de empresas privadas, como CGN Brasil Energia, que estima adição de 82,8 MW de capacidade instalada no parque eólico Lagoa do Barro, no Piauí.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a potência desse tipo de fonte *onshore* é capaz de atender três vezes o que o país precisa. Agora, o Brasil também tem a capacidade alta para produzir energia eólica *offshore*. Segundo a EPE, o potencial técnico da fonte eólica desse tipo no país é de 700 GW em locais com profundidade até 50 metros. A fim de exemplificação, apenas o litoral do Nordeste brasileiro possui uma capacidade de gerar energia de 50 usinas Itaipu. No Brasil, a Neoenergia, maior grupo privado do setor elétrico brasileiro em número de clientes, começou no início de 2020, o licenciamento de três novos projetos para a construção de eólicas *offshore* no Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Ceará. Juntos, somam 9 GW de capacidade instalada em 600 aerogeradores – maiores projetos em planejamento no país.

5.3.6 Vantagens e desvantagens

Com uma grande capacidade de expansão e instalações futuras, o sistema eólico vem destacando-se na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Porém, suas instalações podem apresentar não somente pontos positivos.

Dentre as vantagens de aderir ao sistema, podemos destacar a fonte inesgotável de matéria prima, isto é, o vento; a não emissão de gases poluentes e geração de resíduos, visto que toda energia gerada é limpa; a diminuição de gases do efeito estufa, visto que não emite dióxido de carbono; diversificação da matriz energética, não sendo tão dependente de outras fontes, em especial a partir de combustíveis fósseis; geração de empregos e investimentos em zonas desfavorecidas, dada a necessidade de instalações de maiores parques eólicos em áreas mais isoladas. Além da sustentabilidade e vantagens à população, é atrativo ao governo pois reduz a dependência energética do exterior, a partir da dependência de combustíveis fósseis, além auxiliar no cumprimento das exigências do protocolo de Quioto.

Porém, podemos observar como pontos negativos a poluição sonora e visual. O ruído proveniente do funcionamento dos aerogeradores pode ser perturbador para a população local, apesar de nos últimos anos o desenvolvimento tecnológico permitir uma significativa redução de tal fator. Além, os parques eólicos geralmente são instalados em áreas livres para o melhor aproveitamento dos ventos, por isso ficam muito visíveis, alterando a paisagem. Muitas pessoas reagem negativamente à nova paisagem. Impactos sobre a fauna também devem ser considerados, como a colisão de aves e morcegos com os aerogeradores e a perda de habitat. Uma alternativa para redução da taxa de mortalidade das aves, uma alternativa é pintar parte das pás de preto. Um instituto norueguês testou, durante 10 anos, a iniciativa e obteve a redução de mais de 70% na taxa. A fim de atenuar outros impactos, as áreas onde serão instalados os parques eólicos devem ser profundamente estudadas.

Outro aspecto fundamental a ser analisado como ponto de análise é a dependência de uma fonte que pode ter seu desempenho prejudicado mediante condições climáticas. Ou seja, pode necessitar-se de eletricidade em um período onde não há vento.

Esgotadas as possibilidades e planejado com maestria, o sistema eólico pode ser uma excelente fonte de geração de energia e auxiliar na obtenção de energia mais limpa, rentável e sustentável.

5.4 BIOMASSA

Fontes de renováveis vêm se solidificando no mercado na geração de energia elétrica, na tentativa de um consumo oriundo de potenciais sustentáveis, extinguindo fontes a partir de recursos nocivos ao meio ambiente. Na história, a utilização da biomassa como fonte de energia teve seu início com o fogo, em 500 mil a.C. através da madeira para cocção e aquecimento.

Na década de 70, a partir da crise do petróleo, seu uso passou a receber maior incentivo governamental e associado para a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. No período, o país tinha necessidade de diminuir a dependência externa de energia, sujeita à oscilações de preço no mercado internacional.

Responsável por cerca de 9% da energia elétrica do Brasil, a Biomassa está entre as três maiores geradores, atrás apenas de hidrelétricas e eólicas, à frente, inclusive, da geração fotovoltaica. Utilizando matéria orgânica de vegetal acumulada no sistema para produção de

energia, é uma das fontes com maior potencial de crescimento produtivo. Estima-se, segundo estudos, uma quantidade de biomassa global de 2 trilhões de toneladas, o que corresponde a 8 vezes o consumo de energia no mundo anualmente.

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia é considerada biomassa. Ou seja: pode ir desde florestal, como madeira, à agrícola e rejeitos urbanos e industriais, como cana-de-açúcar e lixo, por exemplo. Tanto no mercado internacional quanto interno, é considerada uma das alternativas para redução da utilização e dependência de combustíveis fósseis. Além de energia elétrica, é possível, a partir dela, a obtenção de combustíveis, como biodiesel e etanol.

No capítulo que segue, o processo de geração de energia, bem como aplicações ao redor do mundo, perspectivas futuras, vantagens e desvantagens dessa fonte renovável.

5.4.1 Princípio funcionamento

A biomassa é considerada uma fonte renovável de energia e vem sendo usada em substituição aos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, para gerar eletricidade em usinas termelétricas e por emitir uma quantidade inferior de gases poluentes em comparação às não renováveis.

A geração elétrica a partir da biomassa se dá por meio da termelétricidade: a energia térmica, oriunda da combustão da biomassa é convertida em energia mecânica e, depois, em energia elétrica. É utilizada através da produção de energia a partir de processos de pirólise, gasificação, combustão ou co-combustão de material orgânico que se encontra presente num ecossistema.

Através da técnica de pirólise, a fonte primária é exposta a elevadas temperaturas sem presença de oxigênio, visando acelerar sua decomposição. Na gasificação, o processo é semelhante, originando um gás inflamável que pode ser filtrado, visando a remoção de alguns componentes químicos. As diferenças entre os dois métodos são que a gaseificação exige menor temperatura e resulta apenas em gás. O biogás gerado é usado como energia mecânica que ativa um gerador ou em caldeiras para queima direta e cogeração de energia térmica. Tal tecnologia demorou a se tornar competitiva do ponto de vista comercial, sendo ainda incipiente no Brasil. A maior dificuldade para a sua aplicação não é o processo básico de

gaseificação, mas a obtenção de um equipamento capaz de produzir um gás de qualidade, com confiabilidade e segurança, adaptado às condições particulares do combustível e da operação.

Outra forma de produção de energia elétrica utilizando biomassa é através do método de combustão. Aqui, a queima da matéria prima é realizada em altas temperaturas na presença abundante de oxigênio, produzindo vapor em pressões elevadas utilizado em caldeiras ou para movimentação de turbinas de geradores elétricos. É uma das formas mais comuns de geração de energia elétrica a partir de biomassa e trabalha entre 20% e 25% de eficiência.

A co-combustão é uma prática que substitui a utilização de carvão mineral nas caldeiras das usinas termoeletricas pela biomassa. Assim, é possível reduzir consideravelmente a emissão de poluentes. Nesse método, a faixa de desempenho da biomassa ultrapassa 30%, sendo, então, uma escolha mais atrativa em questões de eficiência e financeira. Todo o processo é ilustrado pelo diagrama da Figura 46.

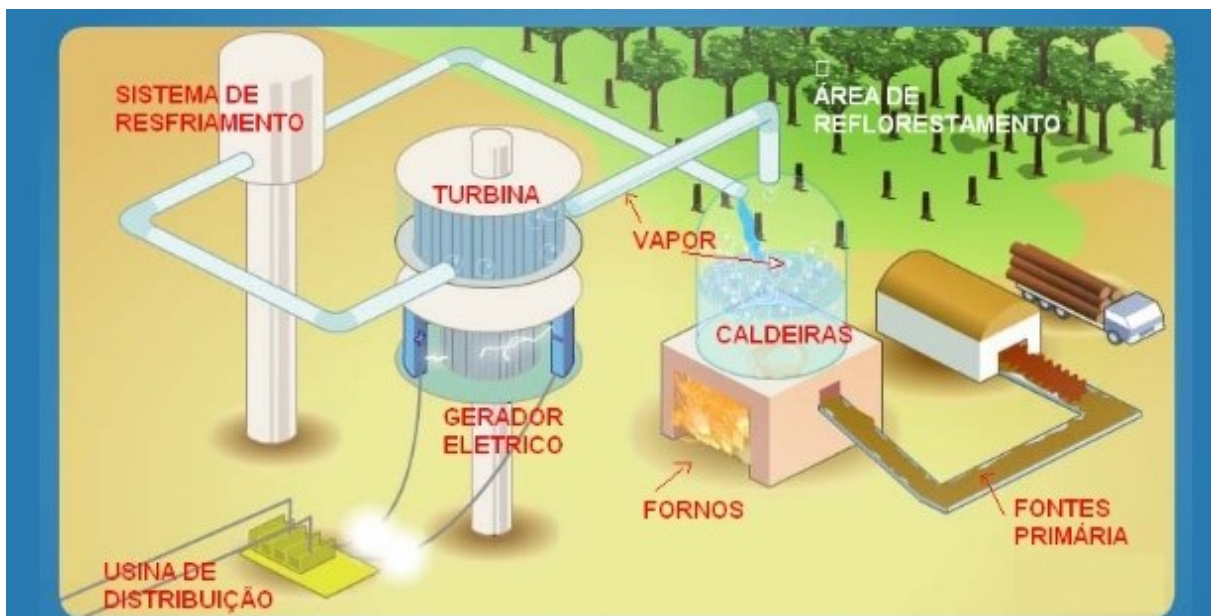


Figura 45 - Diagrama de operação de usina de biomassa

5.4.2 Cenário atual

Novamente, a China aparece entre as principais potências de geração de energia a partir de fonte renovável no mundo. Atualmente, o país possui mais de 300 plantas em operação e viu sua capacidade instalada crescer quase 30% nos últimos anos. Visando o aumento dessa capacidade geradora, na cidade de Shenzhen, está sendo construída a maior usina de produção de bioenergia a partir do lixo, como vemos na Figura 47. Ela possuirá

capacidade de processar cerca de 5 mil toneladas de resíduos diariamente. Isso corresponde à transformação de energia de um terço do lixo produzido por dia pela população da região.

Como método de operação, a usina capturará o calor gerado a partir da incineração de resíduos indesejados e o utilizará para acionar uma turbina que gera eletricidade. Além disso, a planta também produzirá energia solar, já que projeta cerca de 40 mil m² de painéis solares instalados em seu teto.



Figura 46 - Maior planta produtora de bionergia do mundo

No topo do ranking de potencial produtivo está o Brasil. Segundo levantamento da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a matriz energética brasileira utiliza 43,5% de biomassa, enquanto a média mundial é de apenas 14%, e que o sistema de cogeração, a partir da biomassa, é responsável por 8,2% da energia elétrica consumida no Brasil. Em escala mundial, a média é de 2,3%. A geração da bioeletricidade em geral (que inclui as diversas biomassas) para a rede foi de 7.757 GWh de janeiro a maio deste ano, aumento de 9% em relação a igual período em 2019. O volume gerado equivalente a atender mais de 4 milhões de unidades residenciais pelo ano de 2020 inteiro. Do total da geração da biomassa, 82% ocorreu em cinco Estados: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e Goiás.

O Estado que mais gerou bioeletricidade para a rede foi São Paulo, responsável por 34% do total de geração de janeiro a abril de 2020. Somente a geração de bioeletricidade para

a rede pelo Estado de São Paulo (1.591 GWh) seria equivalente a atender ao consumo anual de energia elétrica de 823 mil unidades residenciais.

Em capacidade instalada de geração, atualmente outorgada pela ANEEL, o Brasil detém 174.564 MW. A biomassa em geral representa 9% da matriz elétrica brasileira, com 15.320 MW instalados, ocupando a 4ª posição na matriz, atrás das fontes hídrica, eólica e gás natural.

5.4.3 Perspectivas futuras

Ainda que o Brasil seja destaque quando o assunto é energias renováveis e bioenergia, há muito a avançar, como representa o gráfico da Figura 48. No setor elétrico, a participação da biomassa atingiu cerca de 9% em 2019.

O Plano Nacional de Energia (PNE) 2050, elaborado pelo MME e EPE, prevê um potencial de 530 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), que equivale a 6.163,9 TWh. No ano, a biomassa residual agrícola poderá contribuir com cerca de 165 milhões de tep, representando a principal fonte com potencial para oferta de bioenergia.

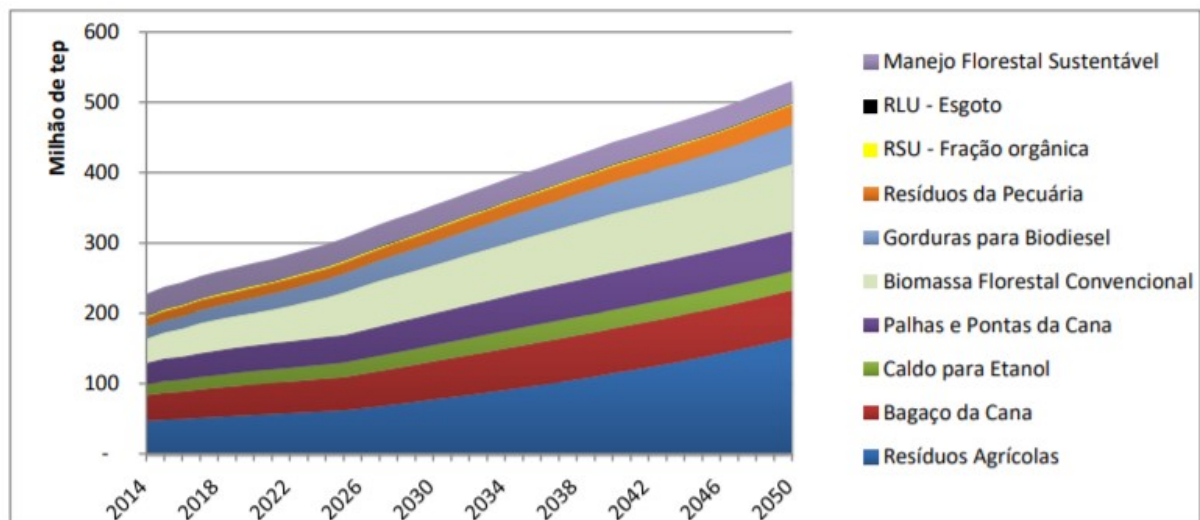


Figura 47 - Evolução do potencial de bioenergia no longo prazo
Fonte: EPE

O planeta de uma maneira geral preocupa-se e busca por novas fontes de energia. O Brasil é o país com maior foco e capacidade de produção futura nessa modalidade de geração de energia.

5.4.4 Vantagens e desvantagens

A busca por alternativas eficazes de produção e distribuição de energia é um elemento essencial para o ser humano, principalmente na atual sociedade, onde os modos de consumo se intensificam a cada dia. Diante dessa dependência de recursos energéticos, surge a necessidade de diversificar a utilização das fontes energéticas.

Todo processo conta com pontos positivos e negativos. Não é diferente com a geração de energia através de biomassa. A produção de bioenergia apresenta inúmeras vantagens, sendo uma fonte de energia alternativa ao modelo energético mundial, baseado no uso de fontes não renováveis. Contudo, essa fonte energética também apresenta desvantagens.

Como vantagens, destaca-se o fato de ser uma fonte de energia renovável, visto que é um recurso energético que pode regenerar-se em curto espaço de tempo, além de reaproveitar resíduos, gerando um baixo custo, limpa, afinal gera poucos poluentes e reduz a emissão de gás carbônico, independência energética e geração de receita local, contribuindo também para a geração de empregos.

Entre as desvantagens relacionadas a seu custo, podemos citar o desmatamento de florestas quando aplicada essa matéria prima na geração de energia elétrica, menor poder calorífico que outros combustíveis, dificuldade no transporte e armazenamento de biomassa sólida, eficiência reduzida, visto que se gasta mais energia em poder calorífico que em gases para geração de energia.

Visto as desvantagens citadas, diversas pesquisas e alternativas estão sendo conduzidas a fim de minimizar os pontos negativos e fazer valer os positivos. Assim, o uso da bioenergia como fonte sustentável ao uso de fontes não renováveis mantém-se em pauta relevante e pode tornar-se ainda mais presente na geração de energia elétrica mundial.

5.5 ENERGIA DAS ONDAS

Considerado uma fonte estratégica para todo o mundo e, principalmente, para o Brasil, o mar vem chamando a atenção de especialistas em energia, que já testam e implantam algumas alternativas de geração, como a usina de ondas.

Fazendo parte dos tipos de energia a partir de fontes renováveis, a energia das ondas é mais uma com geração oriunda de meios sustentáveis. Com grande potencial de produção, está apta a ser utilizada em várias regiões do mundo e vem passando por estudos a fim de sua real implantação, visando a diminuição de seus custos e evolução tecnológica.

Trata-se de uma tecnologia recente e ainda em fase de testes, mas que depende de uma matéria prima geradora de energia abundante em grande parte do planeta, em especial no Brasil, país litorâneo. Em evolução, tem potencial para tornar-se mais uma estabelecida fonte de renovável de geração de energia a fim de extinguir a utilização de não renováveis com geração nociva ao meio ambiente.

5.5.1 Princípio funcionamento

A usina de ondas, representada na Figura 49, traz como inovação central sua estrutura em módulos, o que permite a ampliação de sua capacidade. Cada módulo de sua construção é formado por um flutuador, um braço mecânico e uma bomba conectada a um circuito de água doce. A medida que as ondas se movimentam no mar, os flutuadores acompanham-nas, acionando, então, as bombas hidráulicas, com atuação semelhante à de um pistão. Esta ação faz com que a água doce presente no circuito fechado, que não se relaciona com o ambiente externo, circule em alta pressão.

A água em pressões elevadas é encaminhada à um acumulador, o qual possui água e ar comprimido em câmara hiperbárica. Então, o acumulador libera a água em alta pressão, a qual movimentará a turbina ligada ao gerador, transformando energia mecânica em elétrica.

Em conjunto ao movimento das ondas, o mar possibilita geração de energia impulsionada pela movimentação das marés. A esta chama-se maremotriz. Nesta, a energia é gerada por meio do movimento de maré ou pela diferença entre as alturas de marés alta e baixa. Para aproveitar a energia potencial das marés, é necessário construir um sistema similar ao de usinas hidrelétricas, com barragem, eclusa e unidades que geram energia elétrica.

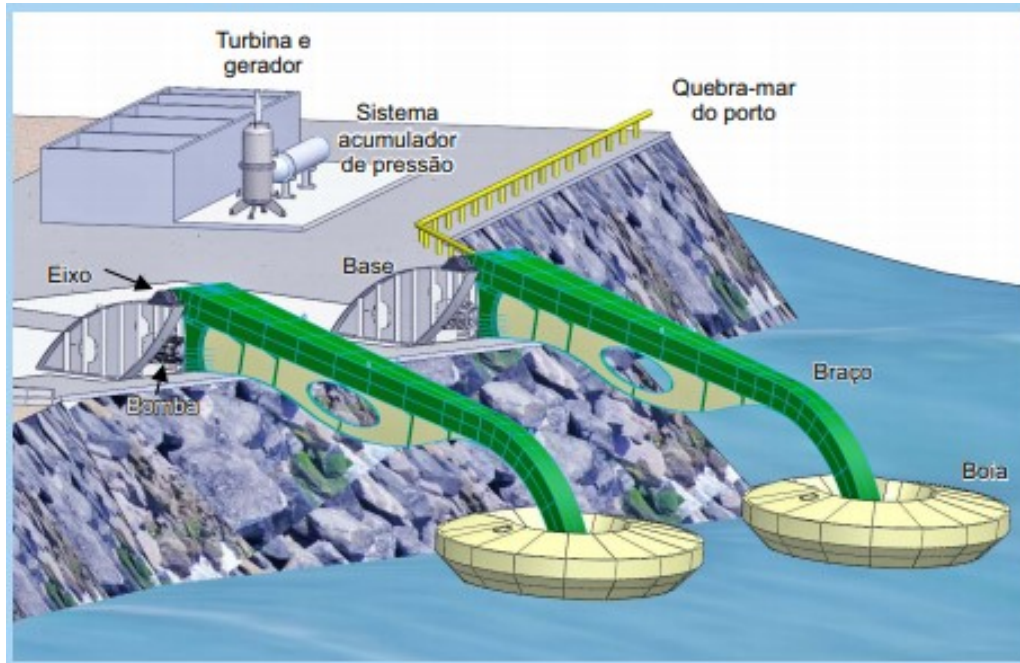


Figura 48 - Diagrama de geração de energia em usina de ondas

5.5.2 Usina em operação

Pioneiro nesse tipo de geração de energia, o Brasil possui uma usina em operação. Estima-se que os 8 mil quilômetros de extensão litoral no Brasil podem receber usinas de ondas suficientes para gerar 87 gigawatts. Sendo assim deste total, 20% seriam convertidos em energia elétrica, o que aproximadamente equivale a cerca de 17% da capacidade total instalada no País.

Atualmente, localizada no Porto de Pecém, a 60 km de Fortaleza, Ceará, apenas a usina, que leva o nome do porto, está em operação utilizando essa tecnologia. Localizada no quebra-mar do porto, a usina de ondas, mostrada na Figura 50, é a primeira na América Latina responsável pela geração de energia elétrica por meio do movimento das ondas do mar. Com tecnologia nacional, a estimativa é de que o equipamento de baixo impacto ambiental esteja completamente pronto para operação até 2021. Estima-se uma capacidade de geração de energia 100 kW.



Figura 49 - Usina de Pecém, no Ceará. Primeira usina de ondas do mundo

5.5.3 Vantagens e desvantagens

A fonte de geração de energia renovável pioneira a partir dessa tecnologia possui, como todas as outras, vantagens e desvantagens.

Como pontos positivos, há de destacar-se a fonte renovável e inesgotável, visto que as ondas do mar não se limitam à uma época do ano e independem da ação humana; não emitem gases prejudiciais ao meio ambiente, nem poluição; redução de dependência de combustíveis fósseis, nocivos ao planeta; mínimos riscos ambientais e à superfície terrestre, visto que não necessita de qualquer escavação ou perfuração para obtenção de matéria prima.

Os pontos negativos a citar envolvem, principalmente, custo e construção. Por ser uma tecnologia não usual, os custos de instalação de um sistema de geração de energia de ondas são elevados, principalmente se comparados à capacidade de geração. O sistema precisa apresentar instalações resistentes e sólidas o suficiente para suportarem às tempestades a que estarão sujeitas e, ao mesmo tempo, serem sensíveis ao ponto de captar o máximo de movimento gerado pelas ondas. Outra desvantagem a mencionar é a localidade. Apenas

idades próximas à costa, e à usina, poderão usufruir desta fonte energética. Assim, não se torna viável à todas regiões e países.

Ainda assim, com as desvantagens mencionadas, é uma excelente alternativa à redução do uso de combustíveis fósseis e poluentes para geração de energia. Um projeto pioneiro, originado no Brasil, pode se tornar um enorme provedor de energia mundial, principalmente a cidades litorâneas com baixo desenvolvimento e acesso à infraestrutura elétrica.

6 EMPRESA DE APLICAÇÃO

O presente estudo baseia-se na aplicação de um controle de iluminação na unidade de Pindamonhangaba da empresa Novelis do Brasil Ltda.

Com sede em Atlanta, Estados Unidos, a multinacional, que pertence ao grupo indiano Aditya Birla, com foco em sustentabilidade, é líder mundial em laminados e reciclagem de alumínio. Basicamente, produz alumínio em folha para utilização automotiva, latas para bebidas, embalagens, transportes pesados, arquitetura, produtos eletrônicos, dentre demais aplicações.

A empresa está situada em 4 continentes (Américas do Norte e Sul, Europa e Ásia), em 10 países com 24 locais de operação. Também possui escritórios e centros de pesquisas e desenvolvimento espalhados pelo mundo. No Brasil, possui duas unidades fabris, uma em Santo André, de menor capacidade, e outra em Pindamonhangaba, local de aplicação do projeto. Seu escritório fica localizado em São Paulo, onde são executadas a maior parte das atividades administrativas. Além disso, possui centros de coletas de latas de alumínio espalhados pelo Brasil, a fim de coletar e reciclar o material, dando início ao processo de produção.

Seu processo de operação conta, basicamente, com cinco divisões internas: reciclagem do alumínio, refusão, laminação a quente, laminação a frio e acabamento. Atualmente, está passando por um processo de expansão, visando aumento na capacidade produtiva e abrangência de mercado.

7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONTROLE DE ILUMINAÇÃO

Há inúmeras formas de realizarmos uma melhor utilização da energia elétrica e, assim, obtermos a eficiência energética. O presente estudo adotou um dos métodos citados, através da redução no consumo de energia elétrica.

Buscando projetos a fim de reduzir consumo de energia, conseqüentemente de gastos, e caminhar no propósito sustentável da empresa, estudamos a implementação de um sistema de controle no circuito de iluminação de um galpão logístico na Novelis. Como vimos, a iluminação é um dos sistemas que mais apresenta consumo nas instalações, de modo geral. Aplicando esforços sobre esse ponto, a oportunidade de evolução é bem significativa, tendo um *saving* em valores de energia elétrica e financeiros.

O galpão já contava com tecnologia LED, ou seja, o consumo já havia sido otimizado com relação à instalação original. No entanto, foi observado que a área, que também conta com telhas translúcidas e algumas aberturas laterais, tinha sua iluminação artificial desnecessariamente em funcionamento durante 24 horas. Durante o dia, a iluminação natural adentrava pelas telhas e aberturas e proporcionava ao local claridade suficiente para realização das atividades. Com essa aplicação, poderemos observar como um local que já havia recebido melhorias a fim de reduzir o consumo de energia, ainda pode ofertar novas oportunidades.

O projeto caracteriza-se como um piloto na empresa, adotando um galpão de menor movimentação e impacto nos processos. Os valores ao decorrer deste capítulo apresentados são estimativos e nominais, mas podem dimensionar um cenário geral e ilustrar resultados mais impactantes.

7.1 NORMATIVA

Todo ambiente possui uma quantidade mínima de luminosidade necessária estabelecida a partir da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Ela regulamente e indica a luminosidade básica para realização de diversas atividades a fim de proporcionar o ambiente mais adequado ao indivíduo ali presente. Tal luminosidade é medida pela unidade lux.

Projetos luminotécnicos ou arquitetônicos devem basear-se na mesma a fim de determinar a iluminação em determinado ambiente. O valor mínimo é descrito, bem como a uniformidade no local. Essa medida visa garantir um valor de distribuição uniforme da iluminação, a fim de não causar disparidade de luminâncias ou ofuscamento, visto que um valor máximo não é definido.

No caso do galpão em questão, a norma, pela Figura 51, indica que o mínimo de luminosidade aceita é um valor médio de 300 lux.

PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS), TAREFAS E ATIVIDADES COM A ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E QUALIDADE DA COR

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E_n lux	UGR _L	R_a	Observações
1. Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	T_{cp} no mínimo 4.000 K.
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas.

Figura 50 - Quantidade de lux médio mínima determinada pela ABNT

O aparelho capaz de medir a quantidade de luminosidade em um ambiente chama-se luxímetro, representado na Figura 52. Contando com um sensor, ele mede a intensidade de luz e envia a informação, processada pela sua parte operacional, ao display.

A fim de confirmar a possibilidade de desativação do sistema de iluminação artificial durante o período diurno, realizamos a medição apenas da iluminação natural no ambiente com o luxímetro e, conforme imagem abaixo, obtivemos o valor médio de 552 lux, ou seja, 84% superior ao valor mínimo.

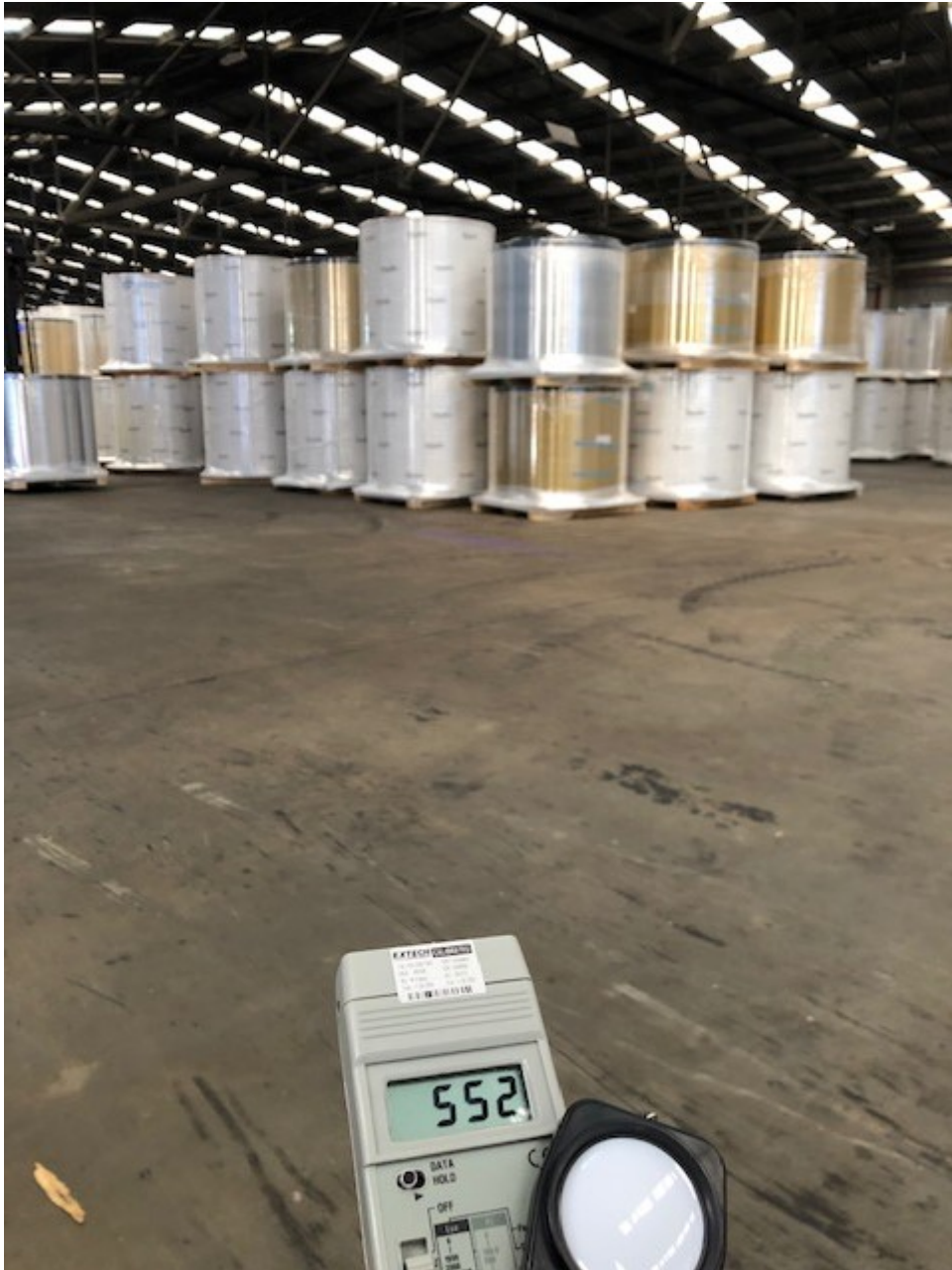


Figura 51 - Valor de iluminância no local apenas com iluminação natural

Assim, baseado em norma, fica evidenciado a não necessidade de iluminação artificial em alguns períodos do dia. A partir dessa informação, era necessário realizar o próximo passo: a definição do método de controle automático que identificará quando há necessidade ou não da utilização do sistema artificial de iluminação.

7.2 ANÁLISE DE APLICAÇÕES

Identificada a oportunidade de melhoria e definido o objetivo a ser alcançado, partimos à definição do conjunto a ser aplicado. Há algumas possibilidades para controlar a iluminação.

Principalmente em residências, podemos realiza-lo a partir de um sistema dimmer. Tal tecnologia permite regular a intensidade luminosa da fonte a partir da variação de sua resistência. Essa característica controla a quantidade de corrente elétrica que chega à lâmpada, fazendo com que seu brilho seja mais ou menos intenso. Assim, ao invés do tradicional interruptor, temos uma chave seletora que, ao ser girada, realiza o controle. Porém, em sistemas industriais torna-se inviável por conta do tipo de instalação. Por agregar grande quantidade de carga, tais instalações contam com painéis de potência, com disjuntores controlando-as.

Outra possibilidade seria o controle utilizando uma tecnologia própria para iluminação, chamada DALI (Digital Addressable Light Interface). Esse sistema, mais sofisticado, controla e gerencia a iluminação por meio dos drivers da luminária. Ele gera a possibilidade de dimerização, criação de cenários, obtenção de dados das luminárias, controle a partir de dispositivos móveis, seleções individuais ou coletivas etc. No entanto, é uma tecnologia que, apesar de se aplicar exclusivamente à iluminação, é mais custosa, visto a necessidade de adequação de todo o sistema.

Descartada tal possibilidade, analisamos uma com objetivo semelhante já aplicada na empresa: fotocélula. Esse dispositivo possui um componente interno sensível à presença de luminosidade e que informa ao sistema a qual está integrada sua necessidade de funcionamento. Assim, de acordo com a condição do ambiente, o sistema é automaticamente ligado ou desligado, sem a necessidade de interferência humana. Com base no desempenho do dispositivo em algumas instalações atuais, verificou-se a baixa confiabilidade, visto, principalmente, sua deficiência de ajuste.

Por fim, optamos por adotar um sensor de lux para nosso projeto. Muito similar a fotocélula, o mesmo diferencia-se em seu ajuste. Mais robusto e confiável, emite informação ao sistema a fim de controla-lo.

Apenas o sensor para controlar o acionamento ainda não transmitia o grau de confiabilidade que procurávamos. Em conjunto ao mesmo, definimos um relé digital que disponibiliza a função *timer*, ou seja, com horários previamente definidos para ligar e desligar

as luminárias, independente do sensor. Assim, além do controle via sensor, teríamos uma outra fonte controlando o acionamento do sistema.

7.3 INSTALAÇÃO EXISTENTE

Oportunidades de melhoria sempre são bem-vindas, ainda mais se os resultados apresentados a partir da execução forem convincentes.

O galpão passara por melhorias anos antes, tendo toda sua estrutura de iluminação alterada de vapor de sódio para LED, utilizando luminária representada pela Figura 53. Assim, as 57 luminárias LED de 130 W geravam uma luminosidade muito satisfatória para a atividade local. Porém, como mencionado, durante o período diurno, a iluminação natural (leia-se em dias claros) supria a quantidade necessária para a tarefa ali executada.



Figura 52 - Modelo de luminária utilizado no local

Durante a análise de viabilidade do projeto, foi observada uma segunda oportunidade de melhoria. Não influenciando na eficiência, mas na estética e, mais prioritariamente, segurança da instalação, o quadro de distribuição, apresentado na Figura 54, responsável não só pela iluminação do pátio de movimentação, mas pelo restante do galpão, como iluminação,

tomadas e ar-condicionado dos escritórios, estava em condições de risco, com disjuntores em más condições, distribuição de cargas incorretas, carcaça com avarias etc.

Assim, junto à aplicação do método de eficiência energética, desenvolvemos a instalação de um novo painel, mantendo os circuitos, mas adicionando nosso novo controle de iluminação, além, é claro, de correção da distribuição de circuitos.



Figura 53 - Painel substituído

7.4 DESENVOLVIMENTO PROJETO

Após a definição de aplicação a realizar, planejamos a atividade. Em parceria com a empresa DBTEC, sediada também na cidade de Pindamonhangaba, iniciamos o

desenvolvimento do projeto. Devido ao estudo de eficiência energética contar com uma melhoria, foi necessário avaliar a instalação atual e aprimorar o projeto para produzir um novo painel, com todos os dispositivos de segurança necessários e maior confiabilidade.

Conforme citado anteriormente, o galpão é composto de 57 luminárias, divididas em 12 fileiras, como podemos ver na planta baixa representada pela Figura 55.

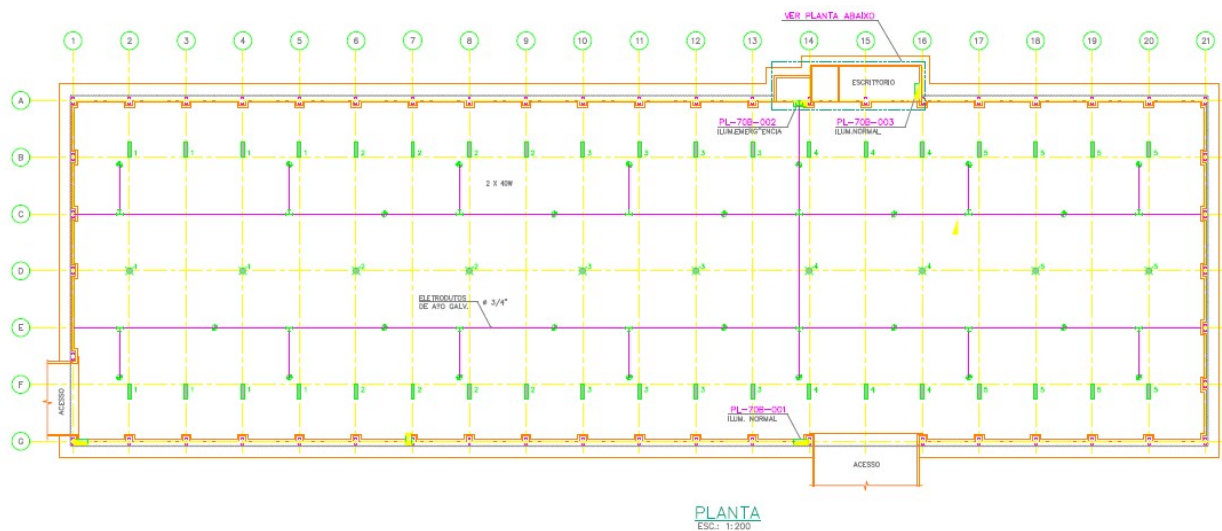


Figura 54 - Planta com distribuição das luminárias no galpão

Junto à novos disjuntores, o painel também era composto de um relé timer com display digital trabalhando junto ao sensor de lux, o qual controlaria a informação oriunda das leituras do sensor.

7.4.1 Painel de controle

O painel trifásico controlava, além da iluminação do galpão, todos os escritórios, bem como suas tomadas, iluminações e ar condicionados. Devido às condições em que o antigo encontrava-se, foi identificada a necessidade de desenvolvimento de um novo. Para tal, desenvolvemos todo o diagrama unifilar com base nas cargas existentes.

Assim, dividimos a iluminação do galpão em 7 circuitos, cada um contando com um disjuntor e uma contatora. Visando uma maior confiabilidade, visto que somente a equipe de manutenção autorizada tem acesso à parte interna do painel, colocamos chaves manuais externas, conectadas à sinalização LED, como podemos observar pela Figura 56. Essa medida visa indicar os circuitos em operação, com o intuito de acusar caso algum esteja desativado

sem a necessidade de acessar a parte energizada, além de possibilitar à operação ligar ou desligar, manualmente e de forma segura, a iluminação do local.



Figura 55 - Painel novo

Além das chaves individuais, inserimos uma chave responsável por controlar todo o circuito de iluminação. Nela, escolhemos entre automático, isto é, controle independente da ação humana a partir do relé, ou manual, opção que atua independente da informação do relé, mantendo-o sempre ligado ou desligado, dependendo da posição das chaves individuais. Essa opção foi disponibilizada pois, baseado em feedbacks da operação, às vezes, mesmo com a

iluminação ambiente sendo suficiente para atender às atividades do local, julgavam necessária a presença de iluminação artificial. A Figura 57 apresenta suas interligações.



Figura 56 - Interligação das chaves com sinalizações

Além dos disjuntores bipolares individuais para o circuito de iluminação e do disjuntor tripolar geral, outros quatro disjuntores foram distribuídos, sendo dois bi e dois tripolares. Esses controlam as demais cargas do galpão, como ar condicionado, iluminação e tomadas do

escritório e cabine de conferência logística. A Figura 58 apresenta a composição interna do painel.

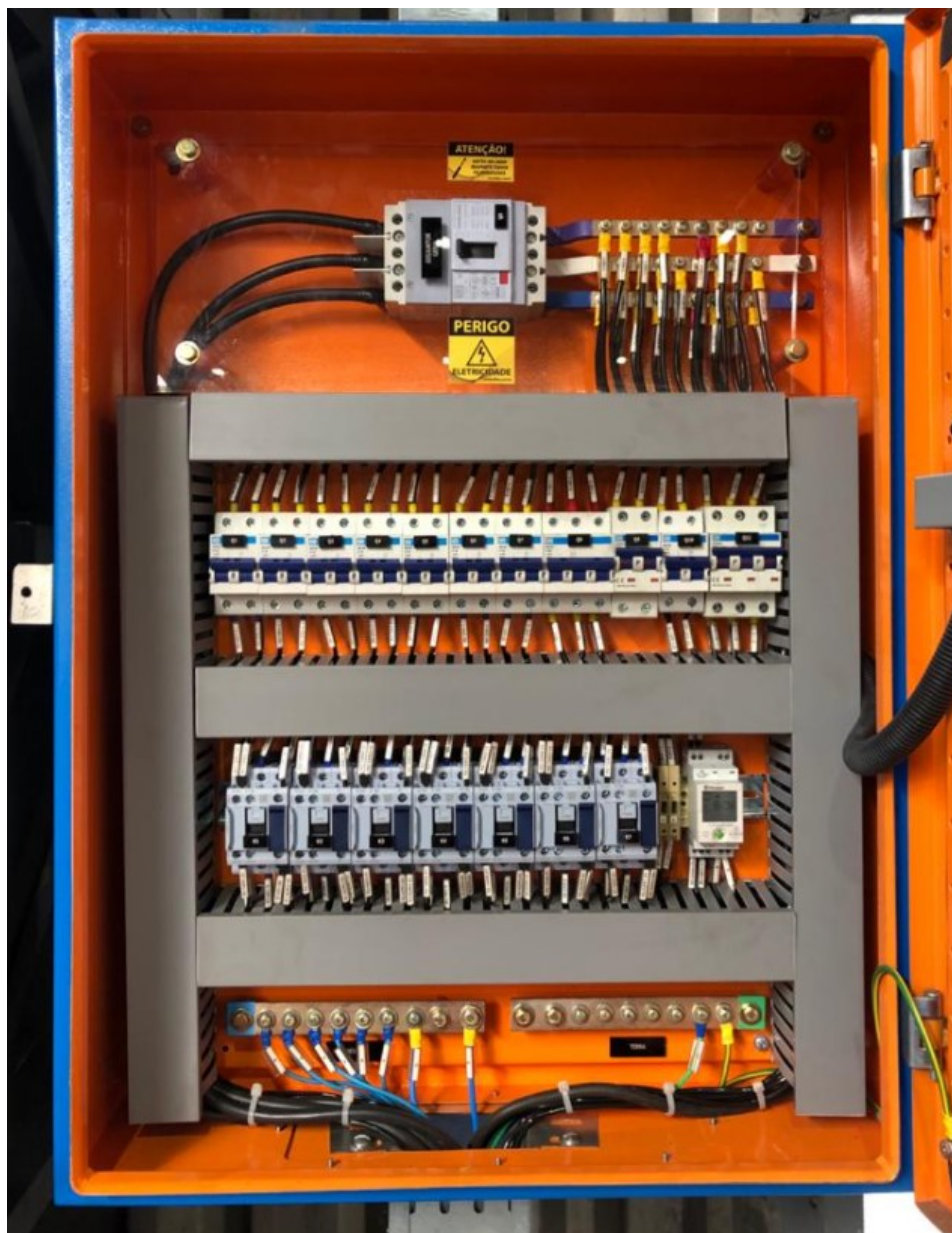


Figura 57 - Distribuição interna do painel

7.5 RELÉ FOTOELÉTRICO E SENSOR DE LUX

Para o controle da iluminação, o relé fotoelétrico será a interface entre o sensor, que fará a leitura da luminosidade no local, e as contadoras, responsáveis pelo acionamento da iluminação.

O relé, representado na Figura 59, que pode ser ajustado de 0 a 1000 lux, foi setado em 300 lux, ou seja, a luminosidade mínima exigida em norma para as atividades realizadas no local. Ao identificar que a área possui luminância natural suficiente para trabalhar sem o auxílio das luminárias, envia um comando às contadoras e desliga o sistema, mantendo a iluminação ambiente. A medida que o dia decorre ou a claridade natural diminui, o sensor identifica e passa a informação ao relé que, automaticamente, retorna com a iluminação artificial.



Figura 58 - Relé fotoelétrico aplicado no projeto

Outra possibilidade oferecida pelo dispositivo é o timer. Essa função permite que seja definido um horário para que o mesmo envie um comando para acionar e desligar o sistema. Durante o horário definido para não utilização de iluminação artificial, o relé fotoelétrico atua em paralelo, isto é, caso o sensor de lux identifique luminosidade natural abaixo do pré-programado no relé e o circuito, mesmo por definição do timer, esteja desligado, é enviada uma comutação automática e as luminárias entram novamente em operação. Durante o período de funcionamento do circuito via determinação da configuração do timer, o sensor não atua. O diagrama ilustrativo que apresenta as opções de programação é representado pela Figura 60.

Funções 11.91

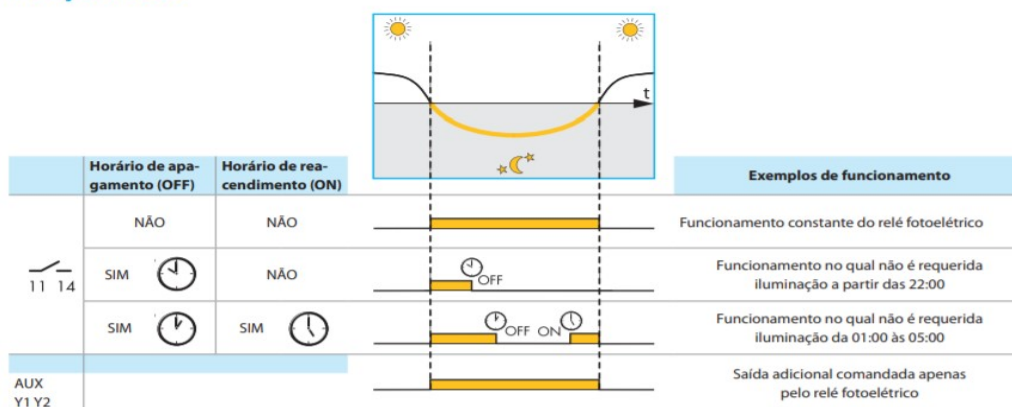


Figura 59 - Programação da função timer no reléfotoelétrico série 11.91

OBS: Os horários informados são meramente ilustrativos.

Levando em consideração o nascer e pôr do sol, definimos a atuação do *timer* das 17 h às 07 h. A partir das 07 h, o sistema fica em função do sensor. Caso a iluminação natural atenda o mínimo específico, ele atua e o galpão fica ausente da operação das luminárias. Às 17 h, independente da claridade externa, as luminárias entram em atuação. Podemos ver essa configuração na Figura 61.

O reléfotoelétrico possui um sistema de compensação da luz artificial da luminária. Ou seja, consegue identificar quando a iluminação entra ou sai de operação sem influenciar no comando passado à instalação. Assim, evita-se o incômodo do acender e apagar das luminárias desnecessariamente por conta de uma instalação correta.

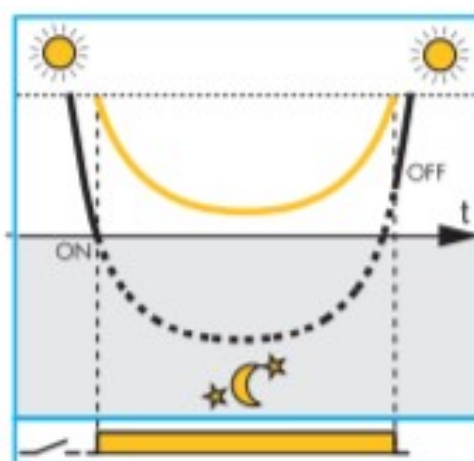


Figura 60 - Diagrama de atuação do relé

Mesmo com tal função, é necessário termos um ponto de atenção à instalação do sensor, representado pela Figura 62. Recomenda-se posicioná-lo de modo a evitar que a luz

artificial influencia em sua funcionalidade. O princípio de compensação da influência da luz controlada, presente no relé, pode auxiliar quando não é possível evitar que uma parte da luminosidade atinja o sensor. Isso causa um delay no apagar da luminária. No entanto, mesmo com tal função, o posicionamento correto ainda é importante.



Figura 61 - Sensor de lux

7.6 INSTALAÇÃO DO PAINEL

Para realização da instalação do painel, planejamos com antecedência os passos a seguir visando um trabalho sem erros e seguro. Responsável pelos serviços, a empresa DBTEC disponibilizou dois funcionários, além do contato técnico e comercial, incumbido da programação do relé fotoelétrico.

O primeiro passo foi definir o ponto exato de instalação do novo painel. Devido às ligações já existentes, optamos por apenas substituir o antigo, mantendo o atual em mesma posição. Após a definição, identificamos o cubículo que comandava a alimentação do painel. Além, identificamos via planta elétrica se o mesmo era responsável por outras alimentações. Constatadas as cargas, agendamos a data da execução do serviço e comunicamos a área a fim de que se programassem para o desligamento parcial da área.

Dias antes da execução da atividade, os prestadores de serviço compareceram à planta fabril a fim de acordar os últimos detalhes e preparar a área, levando parte das ferramentas e materiais a serem utilizados. Em conjunto, o técnico de segurança responsável analisou a atividade a ser executada e desenvolveu as documentações necessárias para liberação do processo, como APR e PT, além da WO gerada pelo solicitante do serviço.

7.6.1 Problemas durante instalação

No dia da execução do serviço, os profissionais da área em questão foram notificados acerca do início das atividades. Em seguida, o responsável por média e alta tensão da Novelis fez o procedimento LOTO para desligamento, desenergização e bloqueio do disjuntor de comando do Trafo que alimenta o painel do galpão. A partir disto, foram colocadas todas as etiquetas de bloqueio individuais, reunida toda a documentação e liberado o serviço.

Poucos minutos após o procedimento, fomos realizar a conferência das cargas desativadas. Constatamos, então, que o escritório do galpão também estava sem energia. No entanto, o mesmo não estava indicado como carga na planta baixa da instalação. As salas não poderiam ficar ausentes de alimentação pois determinadas atividades essenciais à empresa ocorriam apenas ali. Dessa maneira, não seria possível prosseguir com o trabalho.

Além disso, um dos disjuntores contemplados no projeto apresentou falha, a reposição não era imediata e não havia possibilidade de retornar o painel sem tal instalação, visto que o reserva não possuía as mesmas características.

7.6.2 Solução

Diante da situação, realizamos uma pequena reunião para troca de ideias e solução das criticidades encontradas. Para isso, além dos responsáveis da DBTEC, reunimos alguns profissionais Novelis responsáveis pela MT e AT.

Após alguns minutos de brainstorm, decidimos executar o máximo possível sem precisar desligar o escritório e acordamos com os responsáveis da área que, quando não fosse mais possível a continuidade, seria necessário a interrupção temporária a fim de concluir a atividade. O procedimento obedecia aos requisitos de segurança.

Assim, aproveitando o período desenergizado, desconectamos os demais componentes e alimentações que não impactariam nos serviços administrativos, isolamos a área ainda energizada e prosseguimos com a instalação.

Durante a instalação, reaproveitamos um dos disjuntores que estavam em boas condições de uso. Apesar de boa parte do painel estar avariado e em más condições, além de

instalação fora de norma, identificamos um componente que poderia ser reaproveitado e faria com que o serviço não precisasse ser, novamente, paralisado.

7.6.3 Finalização

O caminho reverso precisou ser realizado, desbloqueamos o disjuntor de controle principal e alimentamos energeticamente o escritório. Após a resolução dos empecilhos aos quais topamos durante a execução, continuamos com o processo.

Para posicionamento do novo painel, mais robusto e confiável, foi desenvolvida uma base metálica a ser soldada na estrutura do galpão. Nela, o painel seria preso, compensando seu peso e dando mais segurança.

Fixado o painel, a passagem dos cabos desenergizados foi iniciada a fim de conectá-los aos componentes internos responsável pelo controle das cargas. Seguindo o leito original, os cabos se adequaram perfeitamente à nova instalação. Com o auxílio de uma plataforma elevatória, posicionamos, estrategicamente, o sensor de lux e sua comunicação com o relé.

Dado momento, finalizado o máximo sem interferir no escritório, precisamos realizar o procedimento de LOTO novamente para bloquearmos qualquer parte energizada e trabalharmos com segurança. Então realizamos o mais breve possível, sem abdicar de confiabilidade e segurança, a ligação do disjuntor responsável pela alimentação das salas administrativas e liberamos o painel para funcionamento após cerca de 10 horas de trabalho ininterruptos.

No dia seguinte, focamos nos ajustes finos, como organização dos cabos no leito de passagem, fechamento dos mesmos, identificações, programação do reléfotométrico e organização final da área de trabalho, como limpeza geral, descarte do painel e componentes antigos.

7.7 RESULTADOS DO PROJETO

O capítulo 4 deste estudo nos apresentou comprovações de como o LED é uma fonte luminosa de potencial elevado, seja na produção de iluminação, quanto no baixo consumo para tal.

Também em capítulos anteriores pudemos observar que, por maior que seja a eficiência energética em sua instalação, pode haver alguma oportunidade de melhoria. Não foi diferente no sistema de iluminação escolhido para a realização do estudo.

O galpão, que fica com iluminação em funcionamento full-time, conta com 57 luminárias de 130 W. Como visto anteriormente, multiplicando os valores de quantidade de luminárias, potência e horas de funcionamento, conseguimos obter o consumo total da instalação. A tabela abaixo apresenta os valores em watts e Reais do consumo atual considerando apenas a iluminação do galpão.

Período	Potência consumida [kW]*	Valor [R\$]*
Diário	177,84	R\$ 27,87
Semanal	1244,88	R\$ 195,12
Mensal	5335,2	R\$ 836,24
Anual	64911,6	R\$ 10.174,24

Tabela 5 - Consumo do galpão com iluminação industrial 24 horas acionada
*Valores nominais, podendo variar no real. Considerado 30 dias mensais e 365 anuais

O projeto de melhoria, além dos quesitos estética, segurança e confiabilidade, visa reduzir ao máximo o consumo e custo com energia elétrica sem interferir na qualidade da iluminação local. Assim, durante os horários previamente mencionados, o galpão sem iluminação artificial, contando apenas com a ambiente, por cerca de 10 horas diárias. A tabela abaixo expressa o consumo a partir desse período fora de operação.

Período	Potência consumida [kW]*	Valor [R\$]*
Diário	103,74	R\$ 16,26
Semanal	726,18	R\$ 113,82
Mensal	3112,2	R\$ 487,81
Anual	37865,1	R\$ 5.934,98

Tabela 6 - Consumo do galpão com iluminação industrial 14 horas acionada
*Valores nominais, podendo variar no real. Considerado 30 dias mensais e 365 anuais

Com esse cenário, podemos observar uma redução no consumo e custo de cerca de 42%. Ou seja, anualmente, apenas com essa aplicação, teríamos uma redução 27.046,5 kW/H ou R\$ 4.239,27.

O cálculo acima baseia-se em 365 dias anuais. No entanto, não são todos os dias do ano que temos incidência solar. A cidade de São Paulo possui cerca de 1738 de sol por ano. Com base nisso, nossa porcentagem de redução no consumo cai. A tabela a seguir apresenta os valores anuais em watts e reais.

Horas	Potência consumida [kW]*	Valor [R\$]*
8760	64911,6	R\$ 10.174,24
7022	52033,02	R\$ 8.155,66

Tabela 7 - Comparativo dos consumos do sistema de iluminação industrial

OBS: 365 dias por ano totaliza 8760 horas.

**Valores estimados, podendo sofrer variação no real.*

Neste cenário, tentando trazer os valores mais próximos à realidade, teríamos uma redução de, aproximadamente, 20% no consumo de energia elétrica. Em valores, 12.878,58 kW/H ou R\$ 2.018,59.

Esses valores representam apenas um galpão da planta fabril, sendo esse de menor dimensão se comparado com os demais, principalmente com as manufaturas. Escalando esse projeto, as reduções para a companhia seriam expressivas, podendo alocar tal capital em outros projetos.

8 CONCLUSÃO

A sociedade está em constante mudança em diversos fatores e o mundo recebe, a cada dia, novas tecnologias visando melhoria na qualidade de vida de sua população. Dentre as mudanças e tecnologias em aplicação, temos o setor energético. Modos de consumo e geração de energia estão se adaptando visando uma utilização mais sustentável e econômica, reduzindo os impactos ambientais e financeiros. Considerando o panorama energético, de aumento no consumo mundial devido à inserção de novas tecnologias no mercado, fez-se necessário, não só introduzir, mas aprofundar no tema.

O presente documento teve como objetivo principal mostrar as consequências benéficas advindas de boas condutas de consumo, a fim de conscientizar e apresentar, através de fatos e dados, a importância para atualização da utilização de recursos energéticos.

Após algumas protocolos e medidas políticas e ambientalistas para diminuição nos registros de geração de poluentes e nocividades ao ecossistema, a utilização de energia a partir de fontes renováveis ganhou força. Assim, tecnologias como geração a partir de recursos hídricos, solares, eólicos e biomassa ganharam força e incentivos governamentais e privados, tornando-se principais geradores mundialmente. Porém, em muitos locais, esse impulso ainda não é o suficiente.

No entanto, todas essas fontes, apesar de benéficas e renováveis, apresentam pontos positivos e negativos. A maioria das desvantagens relacionam-se com custos elevados de instalação. Tal fator deve-se, principalmente, à maior popularização de tais tecnologias ainda ser recente. As faltas de incentivo estatal financeiro e educativo à sociedade ainda são empecilhos no processo de maior alcance para produção energética sustentável, em especial fotovoltaica e eólica. Algumas delas, como a hidrelétrica, as mais comuns formas de geração, em especial no Brasil, também apresentam fatores negativos que podem impactar no meio ambiente. Porém, são fatores que podem ser controlados mediante estudo de caso e análise de instalação, fazendo com que se mantenha como excelente alternativa à substituição de combustíveis fósseis na geração de energia.

Porém, há outras maneiras de obtenção de eficiência energética sem a complexidade de uma geração sustentável, em sua maioria inacessível à população geral. Pequenos hábitos cotidianos, quando alterados, podem contribuir para uma melhor sustentabilidade e utilização da energia. Desconectar da rede equipamentos sem utilização é uma delas. Mesmo desligado, os produtos eletrônicos conectados à tomada continuam consumindo, mesmo que em baixa

escala, eletricidade. Multiplicando tal consumo por todos os aparelhos de uma residência, pelas horas anuais, o impacto resultante é significativo. Procurar por produtos com melhor eficiência é outra alternativa. O selo PROCEL tem a função de indicar nos equipamentos tais valores a fim de fornecer ao consumidor a informação de qual equipamento consumirá menos energia, impactando no que mais importa ao cliente: o custo.

A iluminação, à parte dos equipamentos eletrônicos, é um tema que merece atenção, e foi destacada em nosso estudo. Principalmente em indústrias, que utilizam lâmpadas de potência mais elevadas que em residências, comércio ou escritórios, o impacto de consumo e financeiro pode ser radicalmente transformado. A potência de cada lâmpada geralmente encontrada em galpões industriais não é inferior à 150 W. Um notebook, por exemplo, consome menos da metade desse valor (65 W). Ou seja: iluminação é uma carga de alto consumo industrial.

Substituir sistemas de iluminação que contenham lâmpadas de descargas, como de vapor de sódio, por exemplo, por tecnologias mais avançadas, como o LED, pode reduzir o custo com energia elétrica – visto que consomem menos, manutenção – visto que possuem maior vida útil, pró-atividade – visto sua escala de temperatura de cor, e alocação de mão de obra – visto que pode gerar um controle automático do sistema, além do já citado fator manutenção.

Pensando nisso, aplicamos uma solução em sistema de iluminação que gera os benefícios acima citados, bem como a obtenção de eficiência energética.

Projetado com base nas instalações elétricas de um galpão logístico da empresa Novelis do Brasil, o sistema de controle automático de energia visa, sobretudo, aplicar eficiência energética visando redução de consumo e custo. Para tal, o sistema identifica quando a luminosidade ambiente é suficiente para manter o local em operação obedecendo o mínimo estipulado em meta. Assim, uma vez identificada, a iluminação artificial é desativada, gerando a redução e eficiência buscada. O sistema em questão já contava com luminárias LED. Em nosso estudo, conseguimos obter uma economia, de consumo e custo, de 42%.

Os resultados encontrados mostram o quão importante é a prática de bons hábitos e a busca por melhorias contínuas. O local em questão já contava com luminárias LED, uma tecnologia com bons índices de consumo. Ainda assim, após estudo de caso, encontramos uma possibilidade de reduzir o consumo quase pela metade.

Geração de energia a partir de fontes de renováveis – as opções são múltiplas, e melhores hábitos de consumo energético podem gerar um planeta mais sustentável, com

melhores perspectivas futuras, além de impactar positivamente na valorização da alocação financeira da sociedade.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR, Os 20 Maiores Parques Solares Fotovoltaicos do Mundo. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/os-20-maiores-parques-solares-fotovoltaicos-do-mundo.html>>. Acesso em: 21/09/2020.

AKATU, Cuidado com o consumo no modo stand-By. Disponível em: <<https://www.akatu.org.br/dica/9/#:~:text=Desligue%20seus%20aparelhos%20da%20tomado%20e%20poupe%20energia.&text=A%20luz%20vermelha%20ou%20verde,aparelho%20est%C3%A1%20consumindo%20energia%20el%C3%A9trica.>>. Acesso em: 12/08/2020.

ALDO BLOG, Futuro da Energia Solar No Brasil. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/blog/futuro-da-energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 21/09/2020.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, Energia Hidráulica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 05/08/2020.

ATLAS ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, Fatores de Conversão. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf>. Acesso em: 05/08/2020.

AUTOSSUSTENTÁVEL, Energia das Ondas. Disponível em: <<https://autossustentavel.com/2020/04/ondomotriz-energia-ondas.html>>. Acesso em: 25/09/2020.

BASTOS, Wisley. Estudo de Caso de um Projeto Fotovoltaico Integrado à Edificação
BATISTA, Pollyeana. Energia Solar no Brasil. Disponível em: <<https://www.estudopratico.com.br/energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 23/09/2020.

BERNADINO, Mateus. Breve História do Setor Brasileiro de Energia, Disponível em: <<https://medium.com/mateus-bernardino-arquivos/breve-hist%C3%B3ria-do-setor-brasileiro-de-energia-64f6f4186e8d>> Acesso em: 04/08/2020.

BLUESOL, Energia Solar Fotovoltaica Vantagens e Desvantagens. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 23/09/2020.

BLUESOL, Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>>. Acesso em: 21/09/2020.

BLUESOL, História Do Sol Como Fonte Energética do Mundo. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/origem-da-energia-solar/>>. Acesso em: 21/09/2020.

BRASIL ESCOLA, 10 maiores hidrelétricas do mundo. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/as-maiores-hidreletricas-mundo.htm>>. Acesso em: 05/08/2020.

CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Brasil é o país com maior potencial de produção de bioenergia no mundo. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/brasil-e-o-pais-com-maior-potencial-de-producao-de-bioenergia-no-mundo/>>. Acesso em: 24/09/2020.

CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Cresce Participação da cana-de-açúcar na Geração de Energia. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/cresce-participacao-da-cana-de-acucar-na-geracao-de-energia/>>. Acesso em: 24/09/2020.

CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Estudos preveem geração de energia no oceano brasileiro. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/estudos-preveem-geracao-de-energia-no-oceano-brasileiro/>>. Acesso em: 25/09/2020.

CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Geração de Eletricidade de Cana até abril atenderia 1,6 mi de Residências por um ano. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/geracao-de-eletricidade-de-cana-ate-abril-atenderia-16-mi-de-residencias-por-um-ano/>>. Acesso em: 24/09/2020.

CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Produção de Biogás e o Setor Sucroenergético. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/setor-sucroenergetico-e-a-producao-de-biogas/>>. Acesso em: 24/09/2020.

CARMELO, Bruno. Como era o mundo em 1995. Disponível em: <<http://www.adorocinema.com/noticias/filmes/noticia-117393/?page=6>>. Acesso em: 05/08/2020.

CASTRO, Nivalde; OLIVEIRA, Carlos. A energia eólica no Brasil e no mundo: desafios e Perspectivas. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/55_castro_2019_06_17.pdf>. Acesso em: 21/09/2020.

CEMIG, Energia Inteligente. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documents/GUIA%20MELHOR%20CONSUMO_CARTILHA.pdf>. Acesso em: 11/08/2020.

CEMIG, História de Eletricidade no Brasil. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/historia_da_eletricidade_no_brasil.aspx#:~:text=1879%20%E2%80%93%20Dom%20Pedro%20II%20concedeu,da%20eletricidade%20na%20ilumina%C3%A7%C3%A3o%20p%C3%ABlica.>. Acesso em: 30/07/2020.

CEMIG, Produção de Energia. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/energia_e_voce/Paginas/como_a_energia_eletrica_e_produzida.aspx#:~:text=A%20energia%20que%20a%20Cemig,elevadora%20e%20linhas%20de%20transmiss%C3%A3o.>. Acesso em: 30/07/2020.

CUBI, Mercado de Eficiência Energética – Brasil e Mundo. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/mercado-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 11/08/2020.

DEGMAR FELGUEIRAS CASTRO, Eficiência Energética Aplicada a Instalações Elétricas Residenciais. Disponível em:

<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013941.pdf>>. Acesso em: 11/08/2020.

DESCOMPLICA, Energia Hidrelétrica Vantagens e Desvantagens. Disponível em: <<https://descomplica.com.br/artigo/energia-hidreletrica-vantagens-e-desvantagens/TTr/>>. Acesso em: 04/08/2020.

DW, Alemanha registra recorde de energia renovável. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/alemanha-registra-recorde-de-energia-renov%C3%A1vel-a-51921693>>. 11/08/2020

ECO.A, Eficiência energética – Brasil na rabeira global. Disponível em: <<https://eco.a.org.br/eficiencia-energetica-brasil-na-rabeira-global/>>. Acesso em: 11/08/2020.

EDP, Tarifas Baixa Tensão. Disponível em: <<https://www.edp.com.br/distribuicao-sp/saiba-mais/informativos/tabela-de-fornecimento-baixa-tensao>>. Acesso em: 11/08/2020.

EIA, Classificações sobre energia no mundo. Disponível em: <<https://www.eia.gov/international/overview/world>>. Acesso em: 05/08/2020.

ENERGÊS, Surgimento da Energia Eólica. Disponível em: <<https://energes.com.br/energia-eolica/historia-da-energia-eolica/>>. Acesso em: 21/09/2020.

ENERGY EGYPT, EETC acerta aumento na conta de compartilhamento de custos de EGP 1,6 Disponível em: <<https://energyegypt.net/tag/benban/>>. Acesso em: 23/09/2020.

EPE, Consumo Anual de Energia Elétrica por classe. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>>. Acesso em: 05/08/2020.

EPE, Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 05/08/2020.

EPE, Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20no%20Horizonte%202050%20\(NT%20PR%2004-18\).pdf#page=95&zoom=100,90,169](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20no%20Horizonte%202050%20(NT%20PR%2004-18).pdf#page=95&zoom=100,90,169)>. Acesso em: 11/08/2020.

ÉPOCA NEGÓCIOS, Maior Usina de Geração de Energia a Partir de Lixo do Mundo na China. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Mundo/noticia/2019/07/china-constroiu-maior-usina-de-geracao-de-energia-partir-de-lixo-do-mundo.html>>. Acesso em: 24/09/2020.

ESTADO DE MINAS, Energia Eólica Reino Unido. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2020/10/06/interna_internacional,1192069/johnson-promete-transformar-reino-unido-em-lider-mundial-da-energia-eo.shtml>. Acesso em: 23/09/2020.

EXAME, Países líderes em eficiência energética. Disponível em: <

FAPESP, Rotas da Eletricidade. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/rotas-da-eletricidade/>>. Acesso em: 21/09/2020.

FINDER, Relé Fotoelétrico. Disponível em: <<https://findernet-cms-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/app/uploads/2020/09/13084126/S11PT-1.pdf>>. Acesso em: 28/09/2020.

FRACCHETTA, Alexandre. Efeitos da Iluminação no Comportamento Humano. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=3&Cod=723>>. Acesso em: 18/08/2020.

GESTÃO EDUCACIONAL, Biomassa. Disponível em: <<https://www.gestaoeducacional.com.br/biomassa-o-que-e/#:~:text=Origem%20da%20biomassa,e%20se%20proteger%20do%20frio>>. Acesso em: 23/09/2020.

GRUPO ABRIL, Energia Elétrica. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/historia/energia-eletrica/>>. Acesso em: 30/07/2020.

HADDAD, Jamil e NOGUEIRA, Luiz. Eficiência Energética no Brasil. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/20182/a2c57853-ea85-8e11-9220-0c013ac884e8>>. Acesso em: 11/08/2020.

ILUMINIM, História das Lâmpadas. Disponível em: <

INSTITUTO CPFL, Eficiência energética: redução de custos e sustentabilidade ambiental. Disponível em: <<http://www.institutocpfl.org.br/2009/09/22/eficiencia-energetica-reducao-de-custos-e-sustentabilidade-ambiental/>>. Acesso em: 11/08/2020.

LEDSTAR, Luminária Industrial LED 130W LEDSTAR® High Bay. Disponível em: <<https://www.ledstar.com.br/produto/luminaria-industrial-led-130w-high-bay/>>. Acesso em: 18/08/2020.

LEGGU, Equivalência da lâmpada LED X Lâmpada incandescente. Disponível em: <<https://www.leggu.com.br/equivalencia-da-lampada-led/#page-content>>. Acesso em: 18/08/2020.

LUKMA, Lâmpadas Vapor de Sódio. Disponível em: <<http://www.lukma.com/pdfs/148.pdf>>. Acesso em: 18/08/2020.

LUMICENTER, Métodos de avaliação das fontes luminosas. Disponível em: <<https://www.lumicenteriluminacao.com.br/reproducao-de-cores-irc-e-tm-30/#:~:text=Por%>

C3%A9m%2C%20n%C3%A3o%20%C3%A9%20toda%20fonte,varia%20de%200%20%C3%A0%20100.>. Acesso em: 14/08/2020.

LUXFORT, Índice de reprodução de cor. Disponível em: <<https://luxfortdobrasil.com/iluminacao/o-que-e-indice-de-reproducao-de-cor/>>. Acesso em: 14/08/2020.

MARCCUCI, Fabricio. História da Energia Eólica e suas utilizações. Disponível em: <<https://fabricioengmec.blogspot.com/2017/07/historia-da-energia-eolica-e-suas.html>>. Acesso em: 23/09/2020.

MEDEIROS, Valdemar. Investimento de Energia Eólica no Piauí. Disponível em: <<https://clickpetroleogas.com.br/empresa-de-energia-investira-r444-milhoes-em-energia-eolica-no-piaui/>>. Acesso em: 24/09/2020.

MMA, Protocolo de Quioto. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>>. Acesso em: 05/08/2020.

MME, Plano Nacional de Eficiência Energética, Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36208/469534/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energi%C3%A9tica+%28PDF%29.pdf/899b8676-ebfd-c179-8e43-5ef5075954c2?version=1.0>>. Acesso em: 30/07/2020.

MPSP, Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. Disponível em: <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/EA_n.89.21.pdf>. Acesso em: 30/07/2020.

MUNDO DA CIÊNCIA, História da Eletricidade, Disponível em: <[https://www.mundociencia.com.br/fisica/historia-da-eletricidade/#:~:text=%C3%A9lektron\)%20urgiu%20o%20nome%20eletricidade,atritando%2Dse%20em%20terra%20seca.>](https://www.mundociencia.com.br/fisica/historia-da-eletricidade/#:~:text=%C3%A9lektron)%20urgiu%20o%20nome%20eletricidade,atritando%2Dse%20em%20terra%20seca.>)>. Acesso em: 04/08/2020.

MUNDO DA ELÉTRICA, Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/aparelhos-em-stand-by-gastodesnecessario/https://blogs.gazetaonline.com.br/conexadigital/908/aparelhos-em-stand-by-e-o-consumo-de-energia/>>. Acesso em: 12/08/2020.

MUNDO EDUCAÇÃO, Bioenergia. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bioenergia.htm>>. Acesso em: 24/09/2020.

PORTA ENERGIA, Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>>. Acesso em: 24/09/2020.

PORTAL BIOSISTEMAS, Energia das ondas no Brasil. Disponível em: <<http://www.usp.br/portalbiosistemas/?p=7953>>. Acesso em: 25/09/2020.

PORTAL ENERGIA, Componentes e aplicações de um sistema Micro-Eólico. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/componentes-e-aplicacoes-de-um-sistema-micro-eolico/>>. Acesso em: 23/09/2020.

PORTAL ENERGIA, Energia hídrica vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-hidrica-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 05/08/2020.

PORTAL ENERGIA, Gerar Eletricidade com a Energia das Ondas e Marés tem Vantagens e Desvantagens. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-ondas-mares/>>. Acesso em: 25/09/2020.

PORTAL ENERGIA, Tudo Sobre Biomassa. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>>. Acesso em: 24/09/2020.

PORTAL ENERGIA, Vantagens dos LEDs. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/11-vantagens-do-led-sobre-a-lampada-vapor-metalica-e-de-sodio/>>. Acesso em: 14/08/2020.

PORTAL SOLAR, As maiores usinas de energia solar do Brasil. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/maiores-usinas-de-energia-solar-do-brasil>>. Acesso em: 23/09/2020.

PORTAL SOLAR, Painéis Solares. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/preco-dos-paineis-solares-cai-90-em-nove-anos.html>>. Acesso em: 21/09/2020.

PORTAL SOLAR, Sistemas de Armazenamento de Energia. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/capacidade-global-dos-sistemas-de-armazenamento-de-energia-deve-atingir-741-gwh-em-2030.html>>. Acesso em: 21/09/2020.

PORTAL SOLAR, Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html>>. Acesso em: 23/09/2020.

POWER LUME, Led. Disponível em: <<https://www.powerlume.com.br/o-led/#:~:text=Dopando%2Dse%20com%20f%C3%B3sforo%2C%20a,de%20acordo%20com%20a%20concentra%C3%A7%C3%A3o.&text=Existem%20tamb%C3%A9m%20os%20leds%20brancos,e%20emite%20a%20luz%20branca.>>. Acesso em: 18/08/2020.

PROTESTE, Consumo. Disponível em: <<https://www.proteste.org.br/dinheiro/orcamento-familiar/noticia/consumo-saia-do-stand-by-e-poupe-energia>>. Acesso em: 12/08/2020.

REIS, Pedro. Maior central solar do mundo inaugurada no Egito. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/maior-central-solar-mundo-egito-145091/>>. Acesso em: 23/09/2020.

SOLAR PRIME, Futuro da Energia Solar. Disponível em: <<https://blog.solarprime.com.br/saiba-mais-sobre-o-que-esperar-do-futuro-da-energia-solar/#:~:text=Perspectivas%20mundiais,a%20representar%2048%25%20em%202050.>>. Acesso em: 23/09/2020.

SOLARVOLT, Usinas Solares. Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/maiores-usinas-solares-do-mundo/>>. Acesso em: 23/09/2020.

SUÇUARANA, Monik. Energia Eólica. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/tecnologia/energia-eolica/>>. Acesso em: 21/09/2020.

UOL, Aprenda a Economizar. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/financas-pessoais/noticias/redacao/2015/01/28/aparelhos-em-stand-by-gastam-12-da-luz-de-uma-casa-aprenda-a-economizar.htm#:~:text=Retire%20da%20tomada%20aqueles%20equipamentos,de%20energia%20el%C3%A9trica%20da%20resid%C3%Aancia.>>. Acesso em: 12/08/2020

VARGAS, Cláudia. Os impactos da iluminação: visão, cognição e comportamento. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o_impacto_da_iluminacao_no_comportamento_humano.pdf>. Acesso em: 14/08/2020.

VIVA DECORA, Lâmpada LED. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/lampada-de-led-esquenta/#:~:text=95%25%20da%20energia%20consumida%20%C3%A9,energ%C3%A9tica%20%C3%A9%20muito%20mais%20alta.>>. Acesso em: 14/08/2020.

YOUTUBE, Top 15 Países que mais geram energia em hidrelétricas (1965-2018). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wMxcwD-WDoQ>>. Acesso em: 05/08/2020.