

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**SARAH BATISTA DE CARVALHO**

**COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA – REDUÇÃO  
DE CUSTOS E IMPACTOS NAS CONTAS DE ENERGIA**

**Juiz de Fora**

**2017**

**SARAH BATISTA DE CARVALHO**

**COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA – REDUÇÃO  
DE CUSTOS E IMPACTOS NAS CONTAS DE ENERGIA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista com ênfase em Sistemas de Potência.

Orientador: Danilo Pereira Pinto

**Juiz de Fora**

**2017**

Carvalho, Sarah Batista de.  
Combate ao desperdício de energia na Indústria –  
redução de custos e impactos nas contas de energia /  
Sarah Batista de Carvalho – 2017.  
86 p.

Orientador: Danilo Pereira Pinto  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de  
Engenharia, 2017.

1. Combate ao desperdício de energia.  
2. Indústria. 3. Redução de custos 4. Contas de  
energia. I. Pinto, Danilo Pereira, oriente. II.  
Título.

**SARAH BATISTA DE CARVALHO**

**COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA – REDUÇÃO  
DE CUSTOS E IMPACTOS NAS CONTAS DE ENERGIA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista com ênfase em Sistemas de Potência.

Aprovada em 15 de Dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. Danilo Pereira Pinto, D.Sc.- Orientador**

Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Orientador

---

**Prof. Cristiano Gomes Casagrande, D. Eng.**

Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

---

**Prof. Israel Filipe Lopes, M. Eng.**

Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

**AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser o meu porto seguro e estar sempre comigo, me dando condições e forças necessárias para poder adquirir todo o conhecimento necessário, abençoou o meu caminho me proporcionando saúde e disposição para que esta caminhada fosse concluída com êxito. Graças a Ele eu sempre tive certeza que não estava sozinha nessa jornada.

Aos meus pais, Fenelon Ferreira de Carvalho e Eunice Batista de Carvalho, que jamais mediram esforços para me apoiar em qualquer decisão que eu tomasse. Apesar das dificuldades, abriram mão de tudo para me acompanhar até aqui, foram o meu suporte para que eu enfrentasse todos os obstáculos com facilidade. Obrigado pelo apoio, pelo amor, pela compreensão de muitas vezes não estar em casa para que hoje este sonho fosse realizado. Obrigada pela paciência e por confiarem em mim. O meu maior orgulho é ser filha de vocês, obrigada por tudo. Amo vocês!

À minha irmã, Déborah Batista de Carvalho, pelo companheirismo, amor e a melhor amizade. Por entender os meus tempos de ausência e sempre me apoiar, me dando forças nos momentos que mais precisei. Te amo!

Ao Vinícius de Andrade Bernardo pelo amor e incentivo, pela compreensão nos momentos de ausência e por sempre ser o meu apoio nos momentos de insegurança, me motivando a fazer mais e melhor. Obrigada por confiar em mim e estar sempre ao meu lado. Te amo!

Ao Professor Danilo Pereira Pinto, por me acolher e orientar com excelência, sempre disposto, acessível e com boa vontade de tirar minhas dúvidas, independentemente de quais elas fossem. Por sua dedicada orientação, de uma maneira muito clara e objetiva, com conhecimento técnico e disposição de contribuir sempre para o meu conhecimento e crescimento. Muito obrigada!

Aos demais professores da UFJF, pela grande contribuição que tiveram para minha formação acadêmica. Aprendi muito aqui nesta Universidade, e posso dizer que sem a presença de vocês, a minha formação pessoal e profissional hoje não seria a mesma. Muito obrigada!

Aos meus amigos de sala de aula, vocês foram essenciais, obrigada por estarem comigo nos momentos de dificuldade, e sempre estenderem a mão quando eu precisei. Obrigada por todos os bons momentos compartilhados, sentirei saudades de todos vocês.

Agradeço aos amigos da Porte pela amizade e incentivo, pelas experiências que tive nessa empresa que amo e por todos os abraços que faziam os meus dias mais felizes.

Aos amigos da Mercedes Benz de Juiz de Fora por me ensinarem tanto com a vida e como ser uma profissional ética e eficiente. Pelas sugestões e comentários que enriqueceram o atual trabalho.

Finalmente, aos meus amigos, que nas limitadas oportunidades que tivemos de nos encontrar nestes últimos anos, me ajudaram a manter o equilíbrio durante essa caminhada, obrigada!

*“A diferença entre o que  
fazemos e o que somos  
capazes de fazer bastaria  
para solucionar a maioria  
dos problemas do  
mundo.”*

*Mahatma Gandhi*

## **RESUMO**

Resumo da Monografia apresentada à UFJF como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

### **Combate ao desperdício de energia na Indústria – redução de custos e impactos nas contas de energia**

Sarah Batista de Carvalho

Dezembro, 2017

Orientador: Danilo Pereira Pinto.

O constante aumento no consumo de energia elétrica tem demandado estudos e investimentos com o objetivo de gerar mais energia e que a mesma seja melhor gerenciada. Embora seja um desafio suprir esta crescente demanda de energia, o desafio maior é que esta ação seja executada com menos impactos ambientais possíveis, tornando cada vez mais importante a busca por soluções para esta situação.

Este trabalho apresenta conceitos relacionados a contas de energia elétrica, consumidores industriais e eficiência energética. Será apresentada uma metodologia que tem o objetivo de gerar uma cultura de redução do desperdício, bem como ações e projetos que podem ser empregados em uma indústria como uma das soluções possíveis de serem implementadas para o atendimento da demanda e redução nas contas de energia elétrica, considerando menores impactos ambientais.

Um estudo de viabilidade econômica de instalação de lâmpadas LED nas dependências da fábrica em estudo será efetuado. Os resultados do trabalho mostram o quanto projetos de eficiência energética contribuem com a melhoria da eficiência dos processos e o quanto contribuem na redução de gastos, principalmente de energia elétrica.



## **ABSTRACT**

Abstract of Thesis presented to UFJF as a partial fulfilment of the requirements for the title of Electrical Engineer.

### **Combating energy waste in Industry – reducing costs and impacts on energy bills**

Sarah Batista de Carvalho

Dezembro, 2017

Supervisor: Danilo Pereira Pinto.

The constant increase in the consumption of electric energy has demanded for studies and investments with the objective of generating more energy and that it can be better managed. Although it is a challenge to support this growing demand of energy, the biggest challenge is for this action to be executed with the least possible environmental impacts, making it increasingly important to seek solutions to this situation.

This paper presents concepts related to electricity bills, industrial consumers and energy efficiency. It will be presented a methodology that aims to generate a culture of waste reduction, as well as actions and projects that can be used in an industry as one of the possible solutions to be implemented as a support for the demand and reduction in electricity bills, considering lower environmental impacts.

An economical viability study of installing led lamps in the factory's dependencies will be done. The results of the study show how energy efficiency projects contribute to the improvement of process efficiency and how much they contribute to the expenditure reduction, mainly electric energy.

# Lista de Figuras

Figura 1. Participação estimada de energias renováveis no consumo final de energia no ano de 2014. Fonte: REN21_GSR,2016.....	16
Figura 2. Participação estimada de energias renováveis na produção mundial de eletricidade no final de 2015.Fonte: REN21_GSR. ....	16
Figura 3. Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998-2007). Fonte: Atlas Parte 1 (ANEEL, 2008). ....	19
Figura 4. Consumo final de energia por fonte. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética - EPE - Balanço Energético Nacional (2016) – ano base 2015 (BALANÇO 2015, 2016). ....	20
Figura 5. Ganhos de Eficiência (TWh) – Gráfico 18 (Pág.46) retirada do DEA 19-15 – Projeção da demanda de energia elétrica 2016-2020. ....	22
Figura 6. Participação de renováveis na matriz energética. Fonte: (Balanço 2016, 2017) .....	22
Figura 7. Estrutura do consumo por classe (%).....	23
Figura 8. Emissões de GEE do setor de energia por setor de atividade. Fonte:7 Página 15- Relatorios-Seeq-2017-Energia-Industria(SEEQ, 2017).....	24
Figura 9. Evolução da demanda de energia elétrica por segmento de consumo (1990-2015). Fonte: Página 38- Relatorios-Seeq-2017-Energia-Industria (SEEQ,2017).....	26
Figura 10. Comparativo entre tarifa branca e tarifa convencional. Fonte: (ANEEL BRANCA, 2017) .....	35
Figura 11. Exemplo de Conta de consumidor tipo Industrial. Fonte: (CEMIG, 2011)..	44
Figura 12. Exemplo de Conta de consumidor tipo Industrial_Demonstrativo. Fonte: (CEMIG, 2011).....	45
Figura 13. Barras de consumo mensal e curva de meta de consumo de energia elétrica na indústria em estudos.....	56
Figura 14. Fator de potência de hora em hora em um dia produtivo.....	57
Figura 15. Imagens do Gerenciador CCK na Fábrica. ....	59
Figura 16. Imagens do Gerenciador LOGANN na Fábrica.....	60
Figura 17. Imagens do Gerenciador ES da Atlas Copco .....	60
Figura 18. Dados técnicos da lâmpada fluorescente instalada .....	68
Figura 19. Lâmpada LED instalada. Fonte: Lumincenter .....	71

Figura 20. Exemplo de pesquisa de satisfação feita .....	72
Figura 22. Layout Antes da instalação de lâmpadas Led .....	79
Figura 23. Layout Após a instalação de lâmpadas Led .....	79

# Lista de Tabelas

Tabela 1. Consumo per capita de energia elétrica (kWh per capita 2014). Fonte: (Banco Mundial,2014). .....	18
Tabela 2. Percentual de redução do consumo por classe (%) devido as premissas de eficiência energética no uso da eletricidade. Fonte: Tabela 12 a(Pág.57) retirada da Projeção da demanda de energia elétrica 2016-2020 (EPE, 2015).....	21
Tabela 3. Projeção do consumo de energia elétrica na rede (GWh), 2017-2021. Fonte: 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica .....	26
Tabela 4. Subgrupos de tensão a partir da tensão de fornecimento.....	33
Tabela 5. Subgrupos de acordo com as classes de consumo.....	33
Tabela 6. Dados técnicos das lâmpadas do estudo .....	69
Tabela 7. Recorte da Tabela “Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a.....	72
Tabela 8. Medições obtidas em dois locais distintos com iluminação convencional e de LED .....	73
Tabela 9. Cálculo de rentabilidade do estudo.....	76

---

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução .....</b>	<b>15</b>
1.1 Considerações Iniciais .....	15
1.2 Consumidor Industrial .....	23
1.3 Motivação ao tema .....	27
1.4 Estrutura do Trabalho .....	28
<b>Capítulo 2 Conceitos Fundamentais .....</b>	<b>29</b>
2.1 Consumidor livre e cativo .....	29
2.2 Sistema Tarifário Brasileiro .....	30
2.2.1 Tarifação do Grupo B .....	34
2.2.1.1 Tarifação Convencional Monômnia .....	34
2.2.1.2 Tarifação Branca .....	35
2.2.2 Tarifação do Grupo A .....	36
2.2.2.1 Tarifa Convencional Binômnia .....	36
2.2.2.2 Tarifa horária verde .....	37
2.2.2.3 Tarifa horária azul .....	37
2.2.3 Outras parcelas da conta de energia .....	37
2.3 Bandeiras Tarifárias .....	42
2.4 Modelo de Conta de Energia – Consumidor do Tipo A .....	43
2.5 Combate ao desperdício de energia .....	48
2.6 Financiamento para Gestão Eficiente de Energia .....	49
2.7 Gestão Energética .....	51
2.8 Comissão Interna de Conservação de Energia .....	52
2.9 Conclusão do Capítulo .....	54
<b>Capítulo 3 Identificação do Caso .....</b>	<b>55</b>
3.1 Gerenciadores de Insumos na Fábrica em análise .....	57
3.2 Fórum de Novas Ideias .....	61
3.3 Conclusão do Capítulo .....	62
<b>Capítulo 4 Estudo de Caso .....</b>	<b>64</b>

---

4.1	Considerações iniciais.....	64
4.2	LED.....	64
4.3	Situação atual quanto ao uso de luminárias na Fábrica .....	67
4.4	Estudo de viabilidade.....	68
4.5	Implantação e Instalação.....	69
4.6	Constatação de eficácia da instalação .....	71
4.7	Ganhos referente ao projeto .....	74
4.8	Fotos do antes e depois do projeto.....	79
4.9	Conclusão do capítulo.....	80
<b>Capítulo 5 Conclusão e Trabalhos futuros.....</b>		<b>81</b>
5.1	Conclusão.....	81
5.2	Sugestão para estudos futuros.....	82
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>84</b>

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Considerações Iniciais

Atualmente há uma intensa preocupação quanto à preservação do meio ambiente. A sociedade moderna tem buscado novas fontes de energia renovável, visto que no momento atual o meio ambiente ainda sofre muito pelos métodos convencionais de produção de energia, que em sua grande maioria, são bastante agressivos ao meio ambiente.

Dessa forma, tem crescido a cada dia o interesse por estudos sobre a geração de energia, com o objetivo de melhor aproveitar os recursos disponíveis. As fontes primárias de energia, hidrelétrica, solar, nuclear, eólica, dentre outras, transformadas em energia elétrica são hoje um recurso indispensável para o desenvolvimento socioeconômico.

Embora hoje a sociedade tenha inúmeros benefícios decorrentes da energia e dos avanços tecnológicos na área, o acesso a este bem ainda é deficiente. Cerca de 1,2 bilhões de pessoas no mundo ainda não tinham acesso à energia elétrica em 2016 e outra grande parte era atendida de forma precária (NAÇÕES UNIDAS, 2017).

Estes fatores têm contribuído para que a sociedade desperte para uma nova abordagem sobre os recursos energéticos que utilizam. Fatores como a sustentabilidade, poluição ambiental, custo social e segurança energética começaram a ser pensados e discutidos, ou seja, a sociedade atual tem buscado um desenvolvimento atrelado ao gerenciamento dos recursos naturais, visando resolver as demandas energéticas e aperfeiçoar a condição humana preservando os sistemas biológicos.

Apesar da crescente busca por fontes alternativas de geração de energia que reduzem os impactos ambientais, de acordo com a Rede de Políticas de Energias Renováveis para o século 21 (REN21, 2016), em 2014 a participação de combustíveis

fósseis era responsável por 78,3% do consumo final de energia no mundo, como pode ser observado na Figura 1.

Participação estimada de energias renováveis no consumo final mundial de energia, 2014

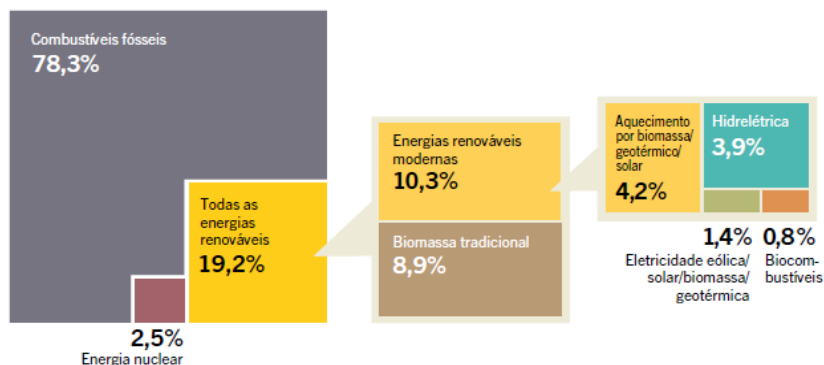
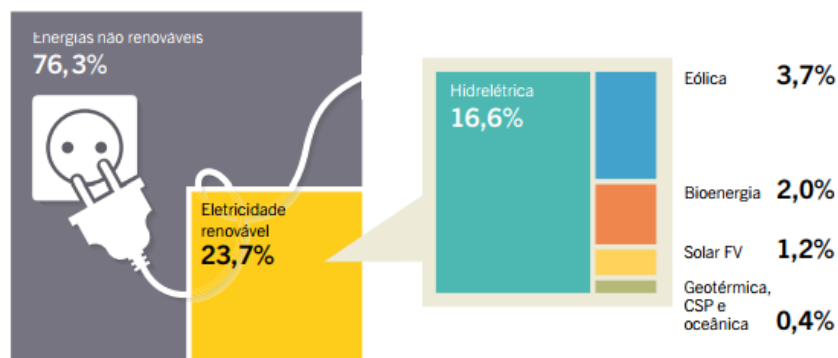


Figura 1. Participação estimada de energias renováveis no consumo final de energia no ano de 2014. Fonte: REN21\_GSR,2016.

Obs.: Biomassa tradicional se refere a combustão direta da madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos.

No segmento referente à geração de energia para o consumo de energia elétrica, as energias não renováveis foram responsáveis por 76,3% no final de 2015, como é indicado na figura 2. Os combustíveis fósseis são não renováveis, e impactam diretamente no aquecimento global (REN21,2016).

Participação estimada de energias renováveis na produção mundial de eletricidade, final de 2015



Com base na capacidade de geração de energias renováveis no final de 2015. As porcentagens não produzem a soma correta das partes devido a arredondamento.

Figura 2. Participação estimada de energias renováveis na produção mundial de eletricidade no final de 2015. Fonte: REN21\_GSR.

As fontes de energia são de extrema importância para o desenvolvimento econômico e para qualidade de vida de qualquer sociedade. O consumo de energia reflete o ritmo de atividades dos setores industrial, comercial e de serviços, além de revelar a capacidade que a população tem para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados.



---

Indicadores mostram que países mais industrializados consomem mais energia. Esses países são considerados desenvolvidos, ou seja, apresentam renda per capita elevada e bem distribuída, com instituições políticas sólidas, com relevância social e econômica e altos níveis de desenvolvimento humano (IDH), que é o índice avaliado de 0 a 1, e feito a partir de três variáveis: expectativa de vida ao nascer, educação e renda per capita (JORNALGGN, 2017). Todos os países que possuem um IDH considerado muito alto, ou seja, 25% das melhores médias do ranking mundial de IDH, também são grandes consumidores de energia. O consumo per capita de energia (kWh/hab/ano) desses países varia muito, mas o menor consumo entre eles é de aproximadamente 6.000 kWh/hab/ano em 2014 (BANCO MUNDIAL, 2014). O Brasil, por exemplo, neste mesmo período estava em 79º no ranking geral do IDH mundial, e a sua colocação no consumo final de energia elétrica per capita era 75º, com um consumo de eletricidade de 2.601 kWh/hab/ano, como pode ser visto na Tabela 1.

Além do IDH, outros fatores devem ser considerados para a análise e compreensão de como o consumo de energia elétrica per capita varia. Um elemento de grande impacto nesses dados é o quão desenvolvido o parque industrial do país é, já que quanto maior este for, maior também será o consumo de energia elétrica deste local. Os países que fazem parte das 20 maiores rendas do mundo, inclusive os países emergentes, são responsáveis pelo consumo de 80% do consumo global de energia elétrica (O GLOBO, 2017). Outras características dizem respeito às temperaturas e quantidade de habitantes do país. O Brasil por exemplo, apesar de ser um grande consumidor de energia mundial, 7º no ranking mundial em 2013, possui uma população relativamente grande, o que contribui para que seu consumo de energia elétrica per capita não fosse tão elevado. (O GLOBO, 2017).

Tabela 1. Consumo per capita de energia elétrica (kWh per capita 2014). Fonte: (Banco Mundial,2014).

Colocação no ranking	País	kWh/hab
1	Islândia	53.832
2	Noruega	23.000
3	Bahrein	19.592
4	Canadá	15.542
5	Qatar	15.309
6	Finlândia	15.250
7	Kuwait	15.213
8	Luxemburgo	13.915
9	Suécia	13.480
10	Estados Unidos	12.987
14	Austrália	10.078
19	Japão	7.820
23	Alemanha	7.035
24	França	6.938
33	Dinamarca	5.859
37	Espanha	5.356
52	China	3.927
53	Chile	3.912
72	Brasil	2.601
78	México	2.090

Esta inter-relação também pode ser verificada com o histórico destes parâmetros, à proporção que os países foram se modernizando, o setor energético foi se desenvolvendo e consumo de eletricidade aumentando também. Abaixo é mostrado no período de 1998 a 2007 a variação ocorrida do PIB mundial e do consumo de energia elétrica e como estes fatores estão correlacionados. De 2003 a 2007 a economia mundial viveu um ciclo de grande expansão, refletida pela variação ascendente do PIB: 3,6% em 2003; 4,9% em 2004; 4,4% em 2005; 5% em 2006 e 4,9% em 2007, segundo série histórica produzida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que é uma fundação pública federal com atividades de pesquisa para suporte técnico e institucional às ações governamentais de políticas públicas e programas de desenvolvimento do

Brasil. No mesmo período, a variação acumulada do consumo de energia mundial foi de 13%, passando de 9.828 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2003 para 11.099 milhões de tep em 2007 (ANEEL, 2008). Como pode ser percebido, o suprimento de energia elétrica é um requisito essencial para o crescimento e desenvolvimento de países em todo o mundo, e essa relação entre PIB e variação de consumo de energia pode ser percebida na Figura 3.

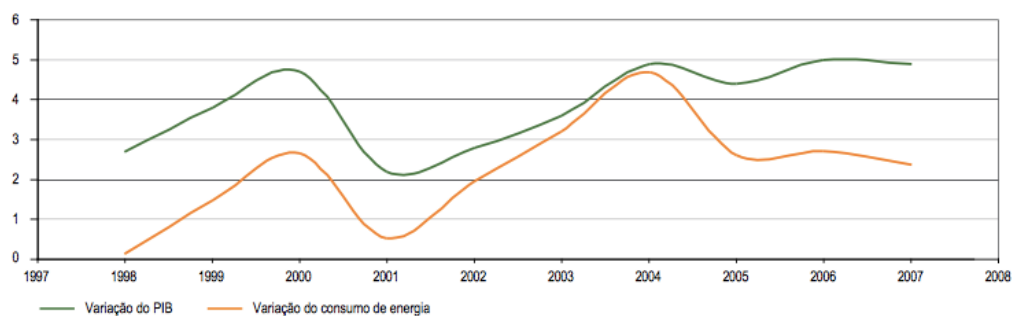


Figura 3. Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998-2007). Fonte: Atlas Parte 1 (ANEEL, 2008).

Na situação energética com relação a energia elétrica, é importante perceber como o consumo de energia elétrica tem uma significativa importância na vida da sociedade. No Brasil, por exemplo, a eletricidade é a segunda fonte por setor de energia mais utilizada (17,2%) (BALANÇO 2015, 2016), como pode ser evidenciado na Figura 4, e dessa forma, o estudo de métodos ou tecnologias para reduzir ou gerenciar seu consumo é de grande valia.

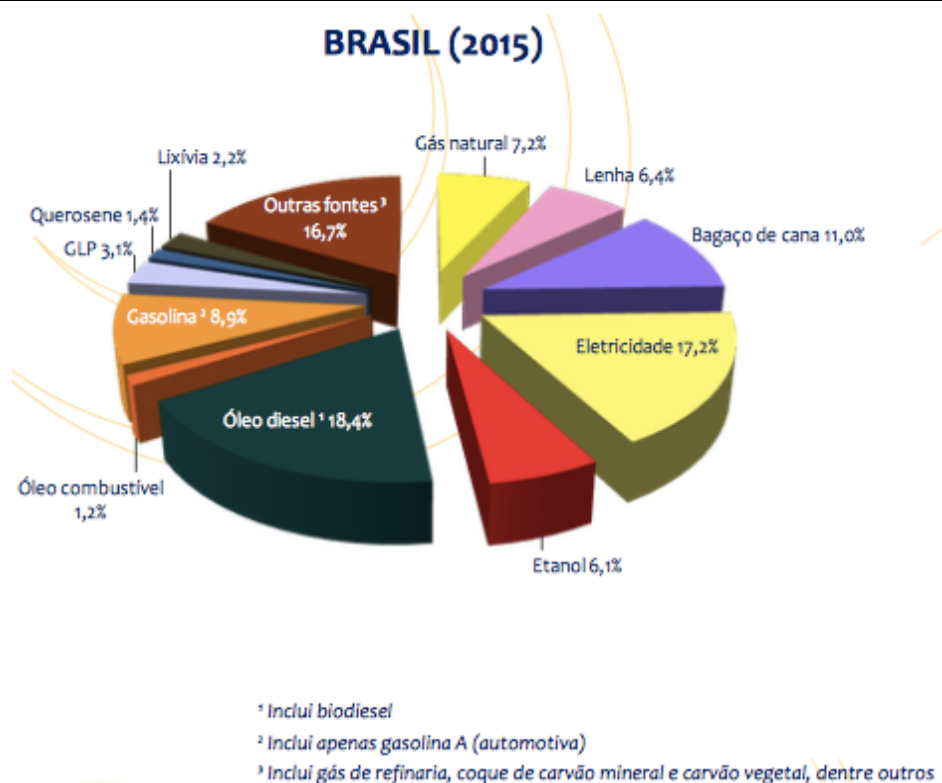


Figura 4. Consumo final de energia por fonte. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética - EPE - Balanço Energético Nacional (2016) – ano base 2015 (BALANÇO 2015, 2016).

Algumas premissas devem ser consideradas para uma melhor análise de consumo de energia elétrica, uma vez que este recurso exerce uma relação direta no comportamento de vários indicadores do mercado. Estas referências são as premissas demográficas, macroeconômicas e setoriais, assim como as referentes à eficiência energética e a autoprodução, que serão explicadas a seguir.

No setor residencial, por exemplo, as variáveis demográficas são importantes de serem consideradas para determinar o número de ligações à rede elétrica, assim como o consumo médio por consumidor apresenta correlação com a renda e com o PIB per capita.

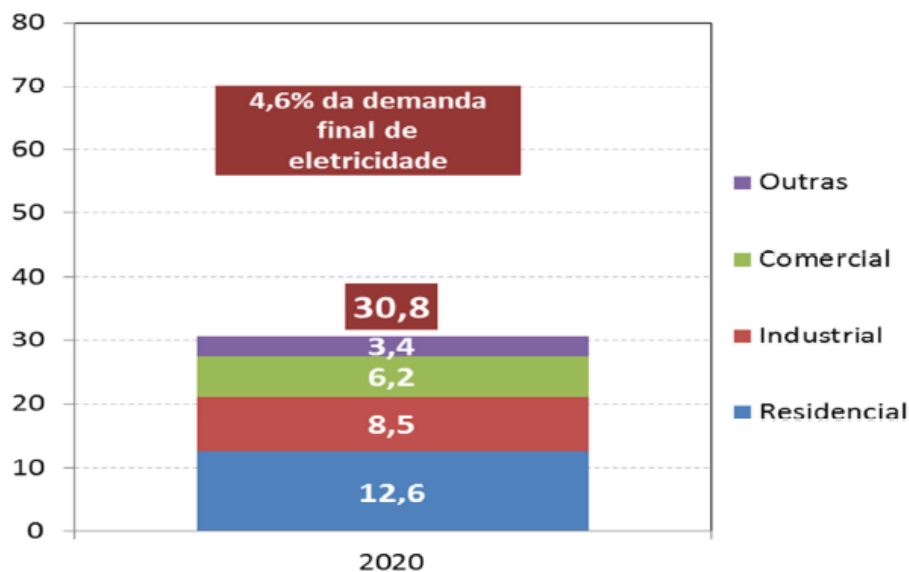
No setor industrial, que será a ênfase deste trabalho, a relação mais forte do consumo de energia elétrica se mantém com a economia nacional, mas também com a economia mundial, em virtude dos segmentos exportadores. Apesar deste setor ser responsável por uma importante parcela do mercado, é nele também que a autoprodução ganha maior relevância, contribuindo assim para o não comprometimento dos investimentos na expansão do parque de geração e transmissão do Setor Elétrico Brasileiro.

Nesse sentido, vale ressaltar que as premissas de eficiência energética, que felizmente perpassam todos os setores de consumo, são muitas vezes consideradas a forma mais econômica de atendimento à demanda.

A Tabela 2 mostra na projeção os percentuais de redução do consumo por cada classe consumidora de energia elétrica em virtude das implementações relativas a eficiência energética. Neste estudo de projeção de demanda de energia elétrica para o período de 2016 a 2020 (EPE, 2015), os ganhos de eficiência energética considerados estão fundamentados em rendimentos energéticos da eletricidade, por segmento de consumo, compatíveis com os dados do Balanço de Energia Útil (BEU) do Ministério de Minas e Energia (MME). No setor industrial foi considerado a dinâmica tecnológica, assim como em outros setores. O gráfico mostrado na Figura 5 ilustra a projeção para 2020 dos montantes do ganho de eficiência energética a serem alcançados pelas classes de consumo de acordo com o mesmo estudo.

Tabela 2. Percentual de redução do consumo por classe (%) devido as premissas de eficiência energética no uso da eletricidade. Fonte: Tabela 12 a(Pág.57) retirada da Projeção da demanda de energia elétrica 2016-2020 (EPE, 2015)

<b>Classe</b>	<b>2020</b>
Residencial	7,4%
Industrial	3,0%
Comercial	5,3%
Outras	3,7%
<b>Total</b>	<b>4,6%</b>



Nota: Considera eficiência autônoma e induzida. O ganho de eficiência refere-se ao ganho acumulado a partir de 2015, expresso como percentual do consumo em cada ano.

Figura 5. Ganhos de Eficiência (TWh) – Gráfico 18 (Pág.46) retirada do DEA 19-15 – Projeção da demanda de energia elétrica 2016-2020.

Em 2016, a participação de geração de fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido particularmente à queda da oferta interna de petróleo e derivados e expansão da geração hidráulica, o que tem contribuído para ganhos maiores na área de eficiência energética, como pode ser visualizado na figura 6.

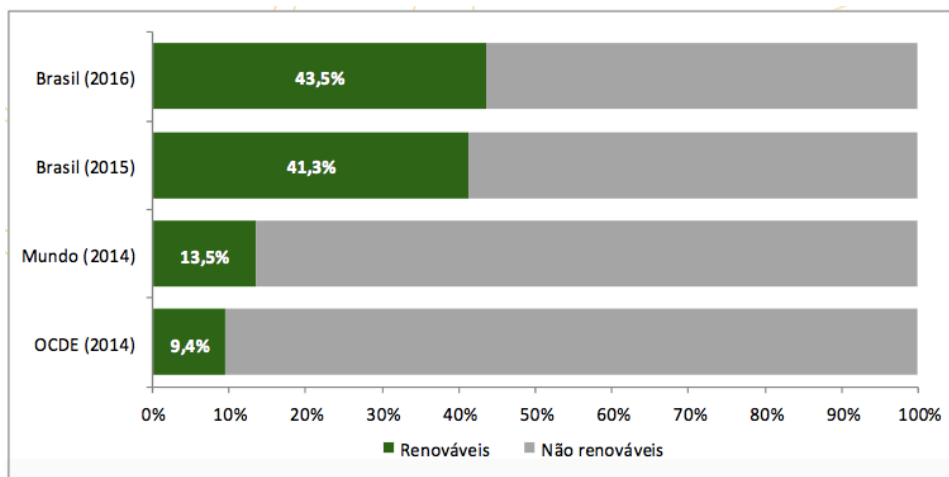


Figura 6. Participação de renováveis na matriz energética. Fonte: (Balanço 2016, 2017)

Os resultados da energia conservada indicam a diferença entre as projeções do consumo final de energia incorporado os ganhos de eficiência energética e o consumo de energia que ocorreria caso fossem mantidos os padrões tecnológicos no ano base, 2015.

## 1.2 Consumidor Industrial

A partir da “Segunda Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2017-2021”(EPE, 2017) desenvolvido pela (Empresa de Pesquisa Energética), ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) e CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), a indústria corresponde atualmente por 35,8% do consumo de energia elétrica do país, sendo o setor de maior consumo nacional, seguido pelo residencial com 28,9%, comercial com 18,9% e outras classes consumidoras por 16,4%, de acordo com os dados do segundo quadrimestre de 2017, como pode ser identificado figura 7. Apesar do alto consumo no setor industrial, este continua com uma gradativa redução devido ao menor crescimento dentre as classes ao longo do período em análise, e assim sua participação relativa passa de 35,8% em 2017 para 35,3% em 2021.

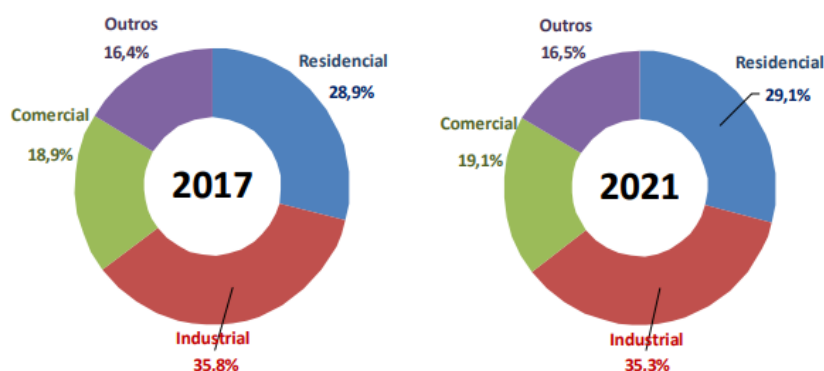


Figura 7. Estrutura do consumo por classe (%)

Como foi dito no item 1.1, a relação mais forte do consumo de energia elétrica se mantém com a economia. A medida que a economia do nosso país vai se desenvolvendo, é natural que o consumo de energia sofra um aumento. De acordo com a Resenha Mensal do Mercado de Energia do mês de Julho da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, Agosto 2017), no primeiro semestre do ano de 2017, o Brasil teve um consumo de energia elétrica de 233.221 giga watt-hora (GWh), obtendo assim um crescimento de 0,4% na comparação com o mesmo período de 2016. Este resultado reflete o crescimento principalmente do setor residencial (1,2%) e do industrial (0,1%), mesmo que a tendência pela 2ª Revisão Quadrimestral (EPE, 2017) seja de redução do consumo energético por parte do setor industrial, como foi possível observar.

Apesar de aparentemente esse aumento no primeiro semestre ser insignificante no setor industrial, ele é mais favorável do que nos anos anteriores. Esta expansão da demanda por energia elétrica reflete um pouco do comportamento da indústria nacional, que de acordo com os dados divulgados no dia primeiro de Agosto de 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicam que a indústria teve uma expansão de 0,5%, e este é o melhor resultado desde o ano de 2013. Os avanços no consumo industrial de energia no primeiro semestre do ano de 2017 têm por principais responsáveis os segmentos têxteis (4,9%) e automotivo (4,4%).

Outro dado referente ao setor industrial é o fato deste setor ser o segundo que mais emite gases do efeito estufa na atmosfera até o ano de 2013, sendo ultrapassado pela geração elétrica nos anos 2014 e 2015, como pode ser evidenciado pela Figura 8. Dessa forma, qualquer ação de redução ou otimização do consumo de energia industrial irá trazer inúmeros benefícios para o meio ambiente.

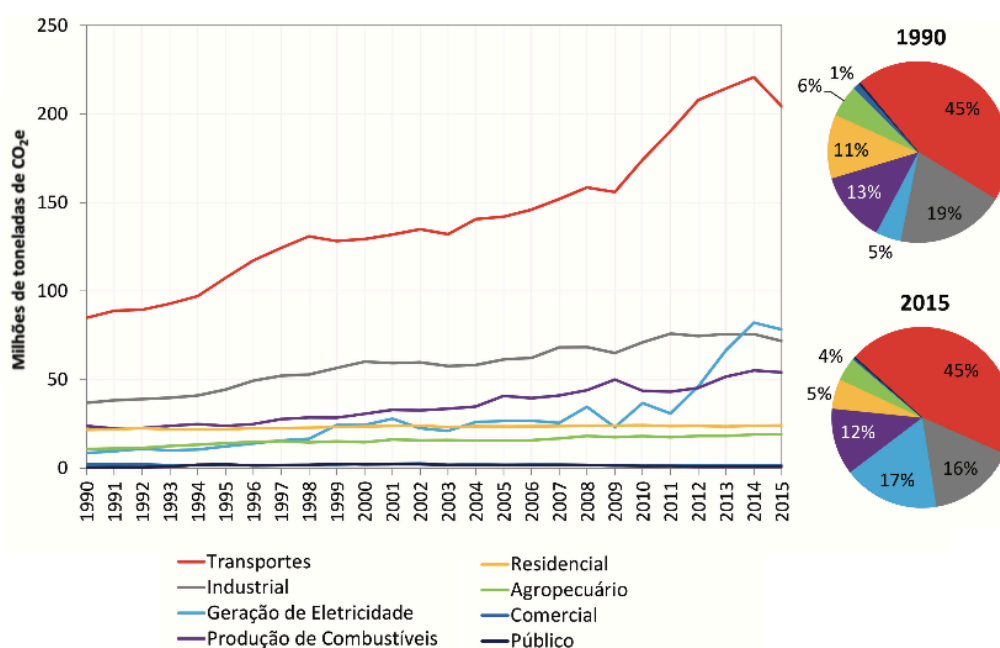


Figura 8. Emissões de GEE do setor de energia por setor de atividade. Fonte:7 Página 15- Relatorios-Seeg-2017-Energia-Industria(SEE, 2017).

Os ganhos com a eficiência energética estão fundamentados em rendimentos energéticos da eletricidade de acordo com os dados da Balança de Energia Útil (BEU) do Ministério de Minas e Energia (MME) a partir dos segmentos de consumo. No setor industrial leva-se em consideração a dinâmica tecnológica de segmentos específicos e



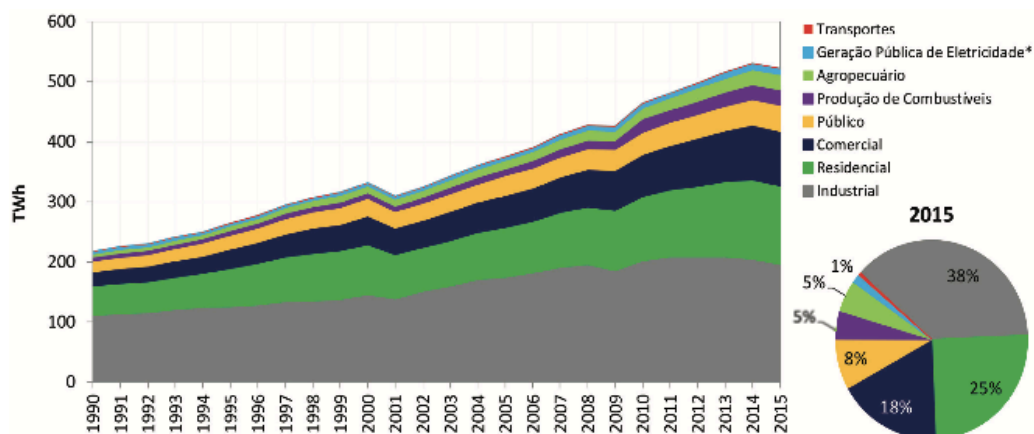
---

dos respectivos equipamentos de uso final de energia, sendo eles, a força motriz, o calor do processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica e outros.

Os principais responsáveis pelo desperdício de energia nas indústrias são os sistemas motrizes, a iluminação e os sistemas de geração de calor ou resfriamento. Consideram-se sistemas motrizes os acionamentos elétricos, o motor elétrico, o acoplamento motor-carga e a carga mecânica ligada ao eixo do motor. Estes desperdícios estão interligados aos métodos de operação, aos processos, treinamentos e qualificações de colaboradores (operadores). Nesse sentido, o sistema de gestão de energia elétrica tem como finalidade definir e encontrar variáveis de consumo da indústria que possam ser controladas e otimizadas, produzindo indicadores e recursos que demonstrem eficiência dos fatores que afetam diretamente o consumo e uso final da energia.

O foco deste trabalho é o consumidor industrial, e a partir das informações obtidas até aqui é possível analisarmos a importância do combate ao desperdício de energia na Indústria, gerando assim redução de custos e impactos nas contas de energia. A economia obtida dá possibilidade ao governo e ao empresário direcionar recursos para outras prioridades. Ações de eficiência energética agregam importantes ganhos ambientais, sociais e de competitividade para a indústria.

Na figura 9 pode ser evidenciado que o alto crescimento da demanda de eletricidade no Brasil no período de 1990 a 2015 mais que dobrou. Nesta imagem é possível perceber também que o setor industrial é responsável pela maior parte do consumo de energia elétrica no país desde o primeiro ano da análise do referido gráfico, em 1990, e continua até o ano final do estudo. Apesar do consumo registrar um crescimento de 2,9% entre 2013 e 2014, houve redução de 1,6% entre 2014 e 2015, causado principalmente pelo desaquecimento do consumo industrial (SEEG, 2017).



\* Geração pública de eletricidade corresponde ao consumo de eletricidade nas centrais elétricas de serviço público, segundo classificação do BEN.

Fonte: Elaborado a partir do BEN 2016, Ano-Base 2015 (EPE, 2016)

Figura 9. Evolução da demanda de energia elétrica por segmento de consumo (1990-2015). Fonte: Página 38- Relatorios-Seeq-2017-Energia-Industria (SEEG,2017).

Mesmo que a classe industrial esteja em processo de gradativa redução de participação no consumo no SIN (Sistema Interligado Nacional), em relação ao consumo total por classe de consumo, a projeção do consumo de eletricidade da indústria na rede crescerá em média 3,4% no período de 2017 a 2021, sendo a classe com menor crescimento relativo. O subsistema que apresenta maior crescimento no período é o Norte, devido à retomada de setores eletro intensivos na região, como pode ser identificado na tabela 3.

Tabela 3. Projeção do consumo de energia elétrica na rede (GWh), 2017-2021. Fonte: 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica.

	2017	2018	2019	2020	2021	Δ% 2017-2021
<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>461.348</b>	<b>476.890</b>	<b>493.972</b>	<b>513.164</b>	<b>533.197</b>	<b>3,7%</b>
<i>Projeção por classe de consumo</i>						
Residencial	133.541	138.207	143.158	148.936	155.036	3,8%
Industrial	165.029	170.181	175.957	182.141	188.434	3,4%
Comercial	87.155	90.169	93.619	97.521	101.613	3,9%
Outras classes	75.623	78.333	81.237	84.566	88.115	3,9%
<i>Projeção por subsistema interligado</i>						
Norte	34.341	35.655	37.886	40.196	42.894	5,7%
Nordeste	73.312	75.865	78.680	82.232	85.465	3,9%
Sudeste/CO	269.676	278.755	287.959	298.138	308.764	3,4%
Sul	84.019	86.615	89.448	92.597	96.074	3,4%

Fonte: EPE/ONS.

---

### 1.3 Motivação ao tema

Este assunto que até então era de grande significado, teve uma importância ainda maior ao ter contato com o tema na experiência durante a realização do estágio em uma indústria. Neste local, teve-se a oportunidade de trabalhar na área de infraestrutura com a coordenação de um fórum de eficiência energética, podendo planejar e desenvolver projetos que beneficiam a empresa e reduzem custos a partir do desenvolvimento de projetos dessa ordem. Mediante tal fato, o interesse a respeito do tema foi ampliado, e observou-se a oportunidade de trabalho com grande potencial de oferecer qualificação em um assunto tão atual, com parâmetros muito interessantes e que poderiam trazer benefícios para a indústria, para a academia e para a sociedade em geral.

Portanto, considerando-se a necessidade de diminuir o desperdício de energia elétrica no país e buscar a eficiência energética no setor elétrico, motivado a atingir o desenvolvimento tecnológico, segurança energética, eficiência econômica, novos parâmetros incorporados à cidadania e a redução de impactos ambientais; justifica-se o interesse sobre o estudo de propostas que incentivam a cultura de combate ao desperdício de energia. Esta metodologia funciona como uma fonte virtual de produção de energia, já que a energia economizada por um consumidor poderá ser utilizada por outro sem agredir o meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é mostrar de forma clara como projetos de combate ao desperdício de energia podem impactar na redução de gastos de uma indústria, podendo atuar tanto na vertente humana, quanto na vertente tecnológica para disseminação de uma cultura para redução de desperdício de energia elétrica sem gerar grandes prejuízos aos recursos naturais. Dessa forma, o foco deste trabalho está no impacto que os projetos de combate ao desperdício de energia em indústrias podem ter nas contas de energia de uma empresa.

---

## 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi, assim, estruturado em cinco capítulos. Este fez uma breve introdução apresentando um panorama geral do tema abordado, com atualidades a respeito da eficiência energética, com foco principal no cenário industrial. O objetivo foi mostrar as principais motivações, bem como a importância de se desenvolver projetos de eficiência energética em indústrias.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos preliminares que serão necessários para uma melhor compreensão do tema. É feito um estudo detalhado do atual sistema tarifário brasileiro, bem como a explicação da metodologia que será empregada como alternativa para a disseminação da cultura de gestão energética.

O Capítulo 3 apresenta uma visão geral de informações que serão importantes nas análises do local a ser feito o estudo de caso. O final do capítulo contém uma breve apresentação do Fórum de Eficiência Energética da Indústria em análise.

O Capítulo 4 dedica-se à apresentação do estudo de caso, desenvolvido em parceria com uma indústria da cidade de Juiz de Fora. O projeto baseia-se na elaboração e execução de um projeto de eficiência energética para substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED no local.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões gerais do trabalho e procura levantar um senso crítico em relação aos pontos de melhoria e propostas de trabalhos futuros.

---

## Capítulo 2

### Conceitos Fundamentais

Para haver compreensão sobre eficiência energética e como os projetos que usam esta metodologia podem impactar nas contas de energia, é necessário que alguns conceitos fundamentais sejam compreendidos. Este capítulo procura fundamentar estes conceitos de forma que o entendimento se torne mais simples. Além disso, serão esclarecidos os principais termos necessários para compreender a conta de energia, como sistema tarifário, bandeiras tarifárias, tipos de consumidores e assuntos relacionados a eficiência energética, como gestão energética.

#### 2.1 Consumidor livre e cativo

O mercado de contratação de energia elétrica brasileiro é separado em dois tipos, ACR (Ambiente de Contratação Regulada), onde estão os consumidores cativos, e ACL (Ambiente de Contratação Livre), formado pelos consumidores livres.

Os consumidores cativos são aqueles que compram a energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados. Neste, é paga uma fatura de energia com os valores referentes a todos os serviços prestados relacionados ao abastecimento de energia elétrica, incluindo distribuição, transmissão, geração, e as tarifas reguladas pelo Governo. Nesta contratação o consumidor está exposto a riscos e não tem como gerenciá-los.

No mercado livre acontecem contratos bilaterais entre geradores ou comercializadores para a compra da energia. Esta transação acontece com condições através da abertura de negociação relacionados a volume requerido de energia, prazo, preço entre outros. Nesta contratação a energia é livremente negociada e o consumidor é responsável por gerenciar as incertezas na decisão da contratação, gerenciar os riscos associados e suas compras de energia. Cada unidade consumidora deve pagar uma fatura para a concessionária local referente aos serviços prestados e distribuição e uma ou mais faturas referentes à compra de energia. Essa negociação permite que

---

Consumidores Industriais e Comerciais contratem seu fornecimento de energia elétrica diretamente com Geradores e Comercializadores, tendo benefício de escolher entre os diversos tipos de contrato o que melhor atende às suas expectativas de custo benefício.

O contrato de energia no Mercado Livre de Energia de acordo com o decreto nº 5163 de julho/2004 determina que os consumidores devem garantir 100% da sua carga, por intermédio de geração própria ou por contratos registrados na CCEE. A partir do Mercado Livre é possível obter uma opção de contratação com alto poder de economia, segurança e confiabilidade para adquirir energia elétrica por um valor negociável. Nesse contexto, o consumidor tem a possibilidade de escolher entre os diversos contratos o que melhor atende às suas expectativas de custo e de benefício.

No mercado livre há duas possibilidades de contratação de energia, sendo energia convencional ou incentivada. Esta última foi uma um estímulo dado pelo Governo à expansão de geradores de fontes renováveis limitados a 30MW de potência, como por exemplo PCH (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Eólica, Solar e Biomassa. Neste módulo o comprador de energia proveniente desses geradores recebe descontos (50%, 80% ou 90%) nas tarifas do uso do sistema de distribuição. A energia convencional é proveniente de geradores a partir de grandes hidroelétricas ou usinas termelétricas.

A instituição pública responsável pelo registro, monitoramento e liquidação de todos os contratos, além da medição da energia gerada e consumida no Sistema Interligado Nacional é a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), que foi criada em 2004. A atuação desta Câmara divide-se nas Categorias de Geração, Distribuição, Comercialização, Consumidores Livres e Especiais. Atualmente o Mercado Livre de Energia representa 25% de toda carga que do SIN. (LIVRE, 2017)

## **2.2 Sistema Tarifário Brasileiro**

As contas de energia elétrica são fontes de informações importantes que trazem dados a respeito de como a energia está sendo utilizada em determinado instalação.

No trabalho de otimização dos recursos energético é essencial que se tenha acesso ao histórico de contas de energia, e a partir da mesma se faça uma análise dos dados de consumo, demanda, impostos, taxas, multa, dentre outros. O acompanhamento

---

das contas é uma ferramenta importante de controle, devendo ser criteriosamente analisada antes que qualquer investimento em equipamentos ou alterações nos processos produtivos sejam feitos. Para uma correta tomada de decisão, é necessário conhecer o sistema tarifário, e este acontece pela compreensão do conjunto de normas e regulamentos que estabelecem o preço da eletricidade para diferentes tipos de consumidores.

O sistema tarifário brasileiro tem como regimento mais recente regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, a Resolução Normativa nº 414(ANEEL 414, 2010), publicada em 09/09/2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma consolidada e atualizada, bem como substitui a antiga Resolução nº 456, de 29/11/2000. Esta Resolução de 2010 tem algumas alterações que foram atualizadas na Resolução Normativa Nº 479, de 3 de Abril de 2012(ANEEL 479, 2012).

A tarifa de Energia Elétrica é o valor definido pela ANEEL, que deve ser pago pelos consumidores finais pelo consumo de energia elétrica e pelo uso dos sistemas de transmissão e distribuição, então dividido da seguinte forma:

- Tarifa de Energia (TE): Valor determinado pela ANEEL em R\$/MWh utilizado para efetuar o faturamento mensal do consumo de energia.
- Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD): valor determinado pela ANEEL, em R\$/MWh (energia) ou em R\$/kW (demanda) para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema.
- Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST): é um encargo legal do setor elétrico brasileiro que incide sobre os consumidores conectados aos sistemas elétricos das concessionárias de transmissão. Existe o TUST Rede Básica relativo ao uso de instalações da Rede Básica, e o TUST Rede Básica Fronteira, referente ao uso de instalações de fronteira da Rede Básica.

Para os usuários do sistema de distribuição, a TUSD diferencia-se por subgrupo, posto e modalidade tarifária. A TE diferencia-se por posto e modalidade tarifária. Sendo os postos tarifários: posto tarifário ponta, posto tarifário fora de ponta e posto tarifário intermediário. As modalidades tarifárias são: modalidade tarifária horária

---

azul, modalidade tarifária horária verde, modalidade tarifária convencional binômia, modalidade tarifária horária branca e modalidade tarifária convencional monômia.

Para melhor entendimento do conteúdo serão definidos alguns conceitos a seguir:

- Posto tarifário Ponta: Intervalo de três horas diárias consecutivas de maior demanda da distribuidora de acordo com a curva de carga de seu sistema elétrico, definido pela concessionária, de segunda a sexta-feira, exceto feriados;
- Posto tarifário Intermediária: Período de duas horas, sendo uma hora imediatamente antes e depois ao posto tarifário ponta, aplicado ao grupo B;
- Posto tarifário Fora de Ponta: Corresponde às horas complementares às três horas relativas ao horário de ponta e intermediário anteriormente definidos, acrescido do total das horas dos sábados, domingos e feriados nacionais.
- Período seco: Compreende o intervalo situado entre os fornecimentos abrangidos pelas leituras dos meses de maio a novembro de cada ano. Este é um período com pouca incidência de chuva, e por este motivo o sistema elétrico utiliza com maior intensidade as usinas termelétricas, cujo custo de produção de energia elétrica é maior quando comparado ao custo de produção requerido pelas usinas hidráulicas. Assim, as tarifas de consumo neste período possuem um preço maior que as tarifas de consumo no período úmido.
- Período úmido: Compreende o intervalo situado entre os fornecimentos abrangidos pelas leituras dos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte. Este é um período de chuvas, e por esse motivo, o sistema utiliza com uma intensidade maior as usinas hidráulicas, portanto, as tarifas de consumo nos horários de ponta(HP) e fora de ponta(HFP) são mais baratas quando comparadas às do período seco.

Por esta resolução, os consumidores são classificados de acordo com os níveis de tensão de atendimento pela concessionária, assim, são divididos em dois grupos, A e B.



Os consumidores do grupo A são aqueles cuja tensão de alimentação é igual ou superior a 2,3 kV e ainda, em caráter opcional, os consumidores atendidos em tensão inferior a essa, porém através de sistemas subterrâneos de distribuição em tensão secundária. O grupo A tem tarifa binômia, ou seja, pagam pelo custo do consumo de energia elétrica e pagam por uma demanda faturável. O grupo A é subdividido nos grupos A1, A2, A3 A4 e AS de acordo com a tensão de atendimento, como pode ser observado na Tabela 4. (ANEEL, 2012)

Tabela 4. Subgrupos de tensão a partir da tensão de fornecimento.

<b>Subgrupo</b>	<b>Tensão de fornecimento</b>
A1	<i>Igual ou superior a 230 kV</i>
A2	<i>De 88 kV a 138kV</i>
A3	<i>De 69 kV</i>
A3a	<i>De 30 kV a 44kV</i>
A4	<i>De 2,3 kV a 25kV</i>
AS	<i>Inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição</i>

As unidades consumidoras classificadas como grupo B são aquelas alimentadas com tensão menor do que 2,3 kV. O grupo B é caracterizado pela estrutura tarifária monômia e subdividida nos seguintes subgrupos:

Tabela 5. Subgrupos de acordo com as classes de consumo.

<b>Subgrupo</b>	<b>Classe de consumo</b>
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação Pública

As tarifas são cobradas diferentemente para cada grupo de unidade consumidora. A seguir serão detalhadas as estruturas tarifárias para ambos os grupos e a tributação aplicada sobre o consumo de energia elétrica.

---

### **2.2.1 Tarifação do Grupo B**

Para o grupo B, o sistema de tarifação aplicado é a convencional monômnia, ou seja, paga-se apenas pela energia consumida, dada em kWh/mês multiplicado pelo valor da tarifa, que difere de concessionária para concessionária.

Porém, foi aprovado pela ANNEEL uma nova opção de tarifa, para entrar em vigência a partir de 2018, que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia de acordo com o dia e o horário do consumo, a tarifação tarifária horária branca. O consumidor só poderá solicitar a adesão à tarifa branca a partir de 2018, pois os medidores contam com inovações que não estão previstas no PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, que são elaborados pela ANEEL e normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica). A seguir será explicado o funcionamento das duas tarifas.

#### **2.2.1.1 Tarifação Convencional Monômnia**

Esta estrutura tarifária é determinada pela cobrança de uma tarifa única de consumo de energia sem diferenciação de horas e dias. Cada subgrupo tem uma tarifa específica correspondente a sua classe. Assim, a tarifa do consumidor será calculada de acordo a fórmula (2.1):

$$T_{consumo} = Tarifa\ da\ classe * Consumo\ de\ energia\ medido \quad (2.1)$$

Além disso, são computadas na conta de energia os impostos, referentes aos encargos setoriais e tributos. O valor do ICMS (Imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços), varia de estado para estado, e tem como a base de cálculo para a tributação a tarifa de energia consumida. No entanto, os governos estaduais buscam aumentar a arrecadação, incluindo na base de cálculo do ICMS o valor das tarifas do Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) e de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (TUST). A Lei Kandir (87/1996), que trata das operações e prestações de serviços sobre os quais o imposto deverá incidir, não prevê a incidência no uso dos sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica.

### 2.2.1.2 Tarifação Branca

A tarifa branca é uma nova modalidade de tarifação monômnia para consumidores cativos de baixa tensão (Grupo B, exceto os subgrupos de baixa renda e iluminação pública). Esta modalidade sinaliza aos consumidores a variação do valor de energia conforme dia e horário do consumo e foi criada com o objetivo de incentivar a mudança de hábitos no consumo de energia elétrica, pretendendo assim modelar uma curva de demanda mais uniforme para o sistema como pode ser verificado essa diferença na figura 10.

Essa nova estrutura tarifária é opcional, ou seja, o consumidor poderá decidir se quer continuar na tarifação convencional ou se prefere migrar para a tarifa branca. Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o consumo de energia elétrica nos horários fora de ponta (aquele com menor demanda de energia na área de concessão), a opção pela Tarifa Branca poderá ser uma oportunidade de reduzir o valor pago da conta de energia elétrica.

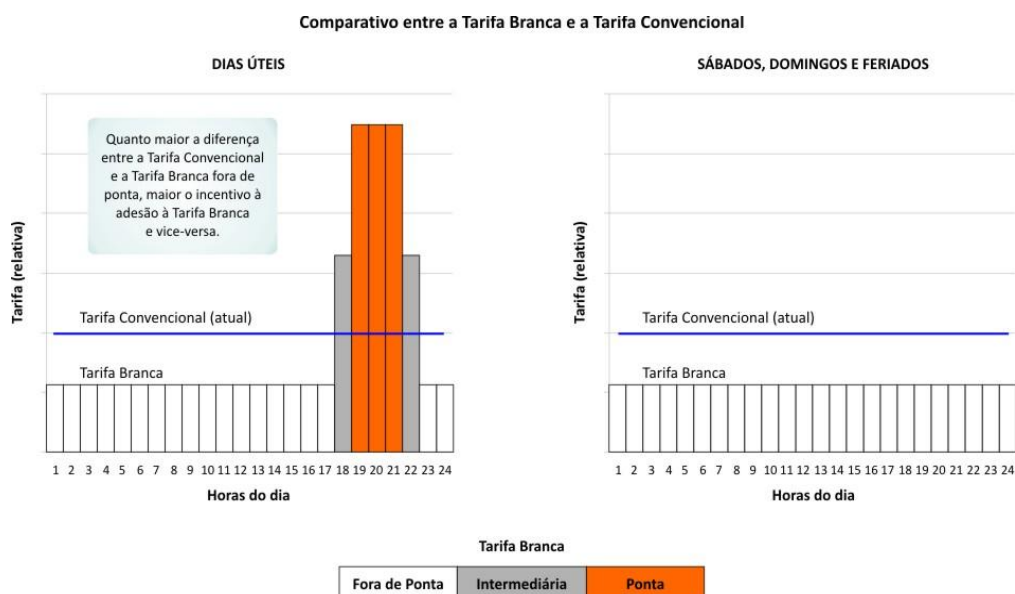


Figura 10. Comparativo entre tarifa branca e tarifa convencional. Fonte: (ANEEL BRANCA, 2017)

É importante que o consumidor antes de optar pela troca de tarifa, se certifique que seu perfil de consumo se enquadra melhor nesta modalidade, além de conhecer a relação entre a tarifa branca e a convencional, uma vez que, quanto maior for a diferença entre as duas tarifas, os benefícios da tarifa branca serão ainda maiores.

A partir de 1º de janeiro de 2018, todas as distribuidoras do país deverão atender aos pedidos de adesão à tarifa branca das novas ligações e dos consumidores

---

com média de consumo superior a 500 kWh/mês. Em 2019, esse atendimento será estendido às unidades com consumo médio superior a 250 kWh/mês e, em 2020, para os consumidores de baixa tensão, qualquer que seja o consumo.

Pode-se observar que a tarifa branca se enquadra em um dos tipos de gerenciamento pela demanda, a tarifa de acordo com o horário de uso. Sendo assim ela é dividida nos três postos tarifários.

Vale ressaltar que cada distribuidora de energia possui um horário diferente de maior demanda e estes horários são revisados de quatro em quatro anos. Em Minas Gerais, por exemplo, a CEMIG tem como horário de ponta o intervalo compreendido entre 17h e 20h.

### ***2.2.2 Tarifação do Grupo A***

O sistema de tarifação aplicado no grupo A caracteriza-se por ter uma estrutura binômia, ou seja, o consumidor paga pela demanda contratada e pela energia consumida. Este sistema é composto por três diferentes tarifas: Tarifa Convencional, Tarifa Horária Verde e Tarifa Horária Azul, dependendo da instalação.

#### ***2.2.2.1 Tarifa Convencional Binômia***

A modalidade tarifária convencional binômia é aplicada sem distinção horária e constituída pela cobrança da tarifa única para o consumo de energia e tarifa única para demanda de potência para todo o dia. Além disso, ela é composta pelo somatório de todas as parcelas referentes a ultrapassagem, a energia reativa excedente (caso exista) e o acréscimo no valor final referente ao ICMS.

Estão enquadrados nesta tarifa os consumidores que possuem demanda contratada inferior a 300kW e pertencem aos subgrupos A3a, A4 ou AS, ou seja, aqueles cuja tensão de fornecimento é inferior a 69kV, mas esta é apenas uma opção para estes, podendo também serem enquadrados na tarifa verde ou azul. Os consumidores com demanda contratada inferior a 300kW que ultrapassem esse limite porém, considerando os últimos 11 meses, por 3 meses consecutivos ou 6 meses alternados perderão o direito de continuar nesta estrutura tarifária.

---

### **2.2.2.2 Tarifa horária verde**

Perante a sazonalidade do mercado de energia e visando manter um melhor equilíbrio entre a oferta e a demanda”, aos clientes do grupo A são oferecidos as modalidades tarifárias horo-sazonal. Esta é a estrutura tarifária caracterizada pela aplicação de tarifas que ocorre de forma diferenciada no que diz respeito ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência de acordo com a hora do dia.

As unidades consumidoras do grupo A enquadrados no sistema de tarifa horo-sazonal verde são aqueles que possuem a conta de energia elétrica composta pelo somatório de todas as parcelas referentes ao consumo (ponta e fora de ponta), demanda, ultrapassagem, a energia reativa excedente (caso exista) e o acréscimo no valor final da fatura referente ao ICMS. Nesta estrutura tarifária a contratação da demanda pelo consumidor não tem diferenciação de preço quanto aos horários do dia e período do ano, porém apresenta preços diferenciados para o consumo, de acordo com o horário (ponta ou fora de ponta).

### **2.2.2.3 Tarifa horária azul**

Os consumidores do grupo A enquadrados no sistema de tarifa horo-sazonal azul são aqueles que possuem a conta de energia elétrica composta pelo somatório de todas as parcelas referentes ao consumo (ponta e fora de ponta), a ultrapassagem, a energia reativa excedente (caso exista) e o acréscimo ao valor final referente ao ICMS. Nesta estrutura tarifária a contratação da demanda pelo consumidor tem diferenciação de preço quanto aos horários do dia e período do ano, além de apresentar preços diferenciados para o consumo, de acordo com o horário (ponta ou fora de ponta) e com os períodos do ano (seco e úmido).

### **2.2.3 Outras parcelas da conta de energia**

A conta de energia elétrica é composta pelo somatório de todas as parcelas referentes ao consumo, demanda, ultrapassagem, a energia reativa excedente (caso exista) e o acréscimo no final do ICMS.

### 2.2.3.1 Parcela de Consumo de Energia Ativa

É a parcela referente à tarifa única para o consumo de energia (R\$/MWh), e é calculada multiplicando-se o consumo de energia ativa no mês pelo valor de tarifa de consumo.

$$P_{Consumo} = Tarifadeconsumo * Consumomedido \quad (2.2)$$

### 2.2.3.2 Parcela de Consumo de Demanda Ativa

É a parcela referente à tarifa única para a demanda de potência (R\$/kW) e é calculada multiplicando-se a demanda faturada pela de tarifa de demanda. A demanda faturada será a demanda contratada caso a demanda medida não ultrapasse em até 10% a demanda contratada, caso contrário a demanda faturada será a própria demanda medida. Vale ressaltar que a tarifa de demanda é única, independente do horário do dia ou período do ano para a tarifa verde, e no caso da tarifa azul terão duas parcelas, uma referente a demanda na ponta outra na fora de ponta.

Para o consumo de energia elétrica ativa, utilizar a seguinte fórmula:

$$P_{Demanda(p)} = Tarifadedemanda(p) * Demandacontratada(p) \quad (2.3)$$

Para consumidores especiais ou livres, quando o montante de energia elétrica ativa medida for maior que o produto do número de horas do ciclo pelo limite estabelecido para a energia elétrica ativa contratada, fixado em MW médio, o faturamento da energia elétrica ativa deve ser calculado por:

$$P_{Demanda(p)} = MWmédio \text{ contratado} \times HORAS \text{ ciclo} \times \frac{Demandacontratada(p)}{Demandacontratadaciclo} \times Tarifadedemanda(p) \quad (2.4)$$

Onde:

- $P_{Demanda(p)}$  = Faturamento da energia elétrica ativa, por posto tarifário “p”, em Reais (R\$);

- $Tarifadedemanda(p)$  = Para os consumidores especiais ou livres com CCER celebrado, tarifa de energia “TE” das tarifas de fornecimento, por posto tarifário “p”, aplicáveis aos subgrupos do grupo A, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh) ou, para os demais unidades consumidoras, a tarifa final de energia elétrica ativa homologada por posto tarifário “p”;
- $Demandacontratada(p)$  = Montante de energia elétrica ativa medido em cada posto tarifário “p” do ciclo de faturamento, em megawatt-hora (MWh);
- $Demandacontratada\ ciclo$  = Montante de energia elétrica ativa medido no ciclo de faturamento, em megawatt-hora (MWh);
- $MWmédio\ contratado$  = Limite estabelecido para a energia elétrica ativa contratada, fixado em MW médio para cada ciclo de faturamento;
- p = indica posto tarifário, ponta ou fora de ponta, para as modalidades tarifárias horárias.

### 2.2.3.3 Parcela de Ultrapassagem

Caso a demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição – MUSD medidos ultrapassemos valores contratados em mais de 5%, há a cobrança da tarifa de ultrapassagem sobre a quantidade extrapolada do contrato. A tarifa de ultrapassagem é o valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD – Consumidores Livres. Assim, a tarifa do consumidor terá a adição de mais um valor, de acordo com a equação a seguir:

$$\begin{aligned}
 P_{Ultrapassagem(p)} &= Tarifadeultrapassagem(p) * (Demandamedida(p) \\
 &\quad - DemandaContratada(p)) \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

Onde:

- $P_{Ultrapassagem(p)}$  = Valor correspondente à demanda de potência ativa ou MUSD excedente, por posto tarifário “p”, quando cabível, em Reais (R\$);

- 
- $Tarifadeultrapassagem(p)$  = Valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD-Consumidores-Livres; e
  - $Demandamedida(p)$  = Demanda de potência ativa ou MUSD medidos, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);
  - $DemandaContratada(p)$  = Demanda de potência ativa ou MUSD contratados, por posto tarifário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW).
  - p = indica posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia.”

#### 2.2.3.4 Parcela de Energia Reativa Excedente

No inciso IV do § 1º do artigo 95 da Resolução 414/2010 (ANEEL 414, 2010), diz que “O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras do grupo A, o valor de 0,92.” Para as unidades consumidoras do Grupo A, a medição do fator de potência é obrigatória e é faturado se:

- Os valores do fator de potência possuir valores inferiores a 0,92 capacitivos durante um período de 6 horas consecutivas, compreendido de acordo com a concessionária, entre 23h e 30min e 6h e 30min, medida em cada intervalo de 1 hora.
- Os valores do fator de potência possuir valores inferiores a 0,92 indutivo durante o intervalo de tempo complementar o descrito relatado no item anterior, verificados a cada intervalo de 1 hora.

Assim, o excedente de energia reativa, que ocorre quando o fator de potência indutivo ou capacitivo é inferior ao fator de potência referência, é cobrado os valores correspondentes à energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes conforme as seguintes equações:

$$F_{ER} = \sum_{t=1}^{n1} \left[ CA_t * \left( \frac{f_r}{f_t} - 1 \right) \right] * TCA \quad (2.6)$$



$$F_{DR}(p) = [MAX_{t=1}^{n2}[(DA_t * \frac{f_r}{f_t})] - DF(p)] * TDA \quad (2.7)$$

Onde:

- $F_{ER}(p)$  = Valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “fr”, no período de faturamento, Reais(R\$);
- $CA_t$  = Montante de energia elétrica ativa medida em cada intervalo “T” de 1(uma) hora, durante o período de faturamento, em megawatt – hora (MWh);
- $f_r$  = Fator de potência de referência igual a 0,92;
- $f_t$  = Fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “T” de 1(uma) hora, durante o período de faturamento;
- $TCA(p)$  = Valor de referência equivalente à tarifa de energia "TE" da bandeira verde aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh).
- $F_{DR}(p)$  = Valor, por posto tarifário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “fr” no período de faturamento, em Reais (R\$);
- $DA_t$  = Demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora “T”, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);
- $DF(p)$  = Demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);
- $TDA(p)$  = Valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência - para o posto tarifário fora de ponta - das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul e das TUSD-Consumidores Livres, conforme esteja em vigor o Contrato de Fornecimento ou o CUSD, respectivamente;
- MAX = função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário “p”;
- T = indica intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento;

- 
- $p$  = indica posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia; (ANEEL 479, 2012)
  - $n1$  = número de intervalos de integralização “T” do período de faturamento para os postos tarifários ponta e fora de ponta; e (ANEEL 479, 2012)
  - $n2$  = número de intervalos de integralização “T”, por posto tarifário “p”, no período de faturamento.

### 2.3 Bandeiras Tarifárias

As bandeiras tarifárias foram criadas para representar melhor o custo da geração de energia elétrica no Brasil, cobrando um valor adicional à tarifa de energia elétrica. Assim, todos os consumidores cativos conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) têm o mesmo valor de bandeira tarifária (ANEEL, 2017).

De acordo com a ANEEL, a criação das bandeiras tarifárias permite ao consumidor ser mais ativo no controle do seu próprio consumo. As tarifas têm seus valores revisados anualmente, dependendo da situação energética do país. Este é um sistema que tem como objetivo mostrar aos consumidores faturados pela distribuidora por meio da tarifa de energia, os custos atuais da geração de energia elétrica. As bandeiras são divididas em Verde, Amarela e Vermelha, estas serão explicadas abaixo (ANEEL, 2017).

- **Bandeira Verde:** Utilizada quando há condições favoráveis para a geração de energia elétrica (geração principalmente hidráulica). A tarifa de energia não sofre acréscimos.
- **Bandeira Amarela:** Utilizada quando há condições de geração de energia elétrica um pouco mais cara (uso parcial de térmicas). Valor da tarifa sofre um acréscimo de R\$0,010 para cada 1kWh consumido.
- **Bandeira Vermelha – Patamar 1:** Utilizada quando as condições de geração de energia elétrica se tornam muito desfavoráveis e custosas (muito uso de térmicas). Valor da tarifa sofre um acréscimo de R\$0,030 para cada 1kWh consumido.

- 
- **Bandeira Vermelha – Patamar 2:** Utilizada quando as condições de geração de energia elétrica se tornam ainda mais desfavoráveis e custosas (uso extremo de térmicas). Valor da tarifa sofre um acréscimo de R\$0,050 para cada 1kWh consumido.

Estes valores são referentes à atualização do final do ano de 2017. Todos os consumidores cativos das distribuidoras serão faturados pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados (ANEEL, 2017).

Toda a quantia arrecadada pelas bandeiras é depositada em uma conta, conhecida como Conta Bandeiras, sobre a responsabilidade da CCEE (Câmara Comercializadora de Energia Elétrica). O dinheiro desta conta será utilizado para ressarcir as distribuidoras que tiveram prejuízos devido à situação desfavorável à produção de energia elétrica (ANEEL, 2017).

## **2.4 Modelo de Conta de Energia – Consumidor do Tipo A**

A nota fiscal de energia elétrica, também conhecida como conta de energia é um documento muito importante para o gerenciamento energético. Através dela é possível analisar e verificar se o preço médio está sendo o menor possível.

A seguir será possível identificar todos os itens que compõem uma conta de energia a partir de um modelo. Refere-se a uma conta fictícia de um cliente do subgrupo A4 inserido na modalidade tarifaria azul, podendo ser evidenciado o maior número de situações possíveis.

A nota fiscal dos clientes de média tensão é formada por duas partes. Na primeira está contida as informações a respeito do cliente e dos valores faturados no mês. Na segunda parte é apresentado o demonstrativo das grandezas obtidas.

Para facilitar a identificação e a descrição dos campos da conta de energia, cada um deles receberá uma numeração e será detalhado posteriormente.



Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.961.160/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136/0087 / Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXX  
32341-560 CONTAGEM, MG  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
INSCRIÇÃO ESTADUAL XXXXXXXXXXXX

Referente a  
**AGO/2011**  
Código de Débito Automático  
**000090045063**

**Nº DO CLIENTE**  
**7000062832** 1

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº000001210 - PTA Nº16.000114527.70

<b>Classificação</b> Industrial 3	<b>Medição</b> THS Azul A4 4	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 01/07 Atual 01/08 Próxima 01/09	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 15/09 Apresentação 19/09	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3009004506</b> 2
--------------------------------------	---------------------------------	---	--	--

**Informações Técnicas**  
Conforme demonstrativo anexo

**Informações Gerais**  
Tarifa vigente conforme Res Anel nº 1127, de 05/04/11.  
Tarifas aplicadas referentes ao período seco.

**Valores Faturados**

Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço	Valor(R\$)
Demanda Ativa kW HFP/Único	1,080 7	16,56320169	17,888,24
Ultrapassagem kW HFP/Único	180 10	33,12640338	5,962,74
Demanda Ativa kW HP	882 8	59,02786950	52,062,57
Energia Ativa kWh HFP/Único	163,800 10	0,21338000	34,951,62
Energia Ativa kWh HP	18,000 10	0,33781535	6,080,67
Demanda Reativa kW HFP/Único	90 27	16,56320169	1,490,67
Demanda Reativa kW HP	108 20	16,56320169	1,788,81
Energia Reativa kWh HFP/Único	7,200 29	0,17504953	1,260,33
Energia Reativa kWh HP	3,600 30	0,17504953	630,14
<b>Encargos/Cobranças</b>			
Contrib. Custeio Itum. Pública			20,57

**Indicadores de Qualidade de Fornecimento**

Mês/00/0000	Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	Valores Permitidos
DIC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FIC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMIC	0,00	0,00	-	-	-

Tensão: Nominal= 13,8 kV Mts.= 12,9 kV Mts.= 14,5 kV  
Voltagem: Energia Das. Sist. Distribuição: 0,00

**Informações de Faturamento**  
Ocorrência de demanda de ultrapassagem - entrar em contato com o seu Agente Comercial.

**VENCIMENTO**  
**26/09/2011**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 122.136,36**

**Histórico de Consumo**

Mês/Ano	Demanda(kW)		Energia(kWh)		HR
	HP	HFP	HP	HFP	
JUL/11	0	0	0	0	0
JUN/11	0	0	0	0	0
MAY/11	0	0	0	0	0
ABR/11	0	0	0	0	0
MAR/11	0	0	0	0	0
FEB/11	0	0	0	0	0
JAN/11	0	0	0	0	0
DEZ/10	0	0	0	0	0
NOV/10	0	0	0	0	0
OCT/10	0	0	0	0	0
SET/10	0	0	0	0	0
AGO/10	0	0	0	0	0

**Reservado ao Fisco**  
**849D.AB16.07BA.05E7.65CE.D08F.1D73.0411**

ICMS	PASEP	COFINS
Base de cálculo (R\$)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
122.115,79	1.367,65	6.313,34

**REAVISO DE CONTA(S) VENCIDA(S) / DÉBITO(S) ANTERIORE(S)**

Mês/Ano	Valor(R\$)
FEB/2010	145.534,50

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 187 - Ligação gratuita de telefones fixos e tarifada na origem para telefones celulares. Ouvidoria CEMIG: (31)3806-3838

<b>Unidade de leitura</b> <b>41053079</b>	<b>Conta Contrato</b> <b>000090045063</b>	<b>Vencimento</b> <b>26/09/2011</b>	<b>Total a pagar</b> <b>R\$ 122.136,36</b> Agosto/2011
--	--	--	--

83690001221-9 36360138000-1 00423869011-1 00090045063-6



Figura 11. Exemplo de Conta de consumidor tipo Industrial. Fonte: (CEMIG, 2011)

CEMIG		www.cemig.com.br/atendimento						
Distribuição S.A.		Cemig Torpedão 29810						
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.160/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087		Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002						
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG		Fale com a Cemig 116						
<b>DEMONSTRATIVO DE GRANDEZAS FATURADAS</b>								
<b>Cliente:</b> SEU NOME	<b>Unidade:</b> SUA CIDADE							
<b>Instalação:</b> 000000000	<b>Medidor:</b> AAA00000000	<b>Período de Medição:</b> 02/07/2011 a 01/08/2011						
<b>Subgrupo:</b> A4	<b>Local de Medição:</b>	<b>Mês / Ano:</b> 08/2011						
<b>Modulação contratual / Horário de ponta:</b> 17:30 as 20:30		<b>Dias livres:</b> SAB e DOM						
<b>LEITURAS</b>								
Segmentos	HFP/único		HP		HR			
Grandezas	Leitura anterior	Leitura atual	Leitura anterior	Leitura atual	Leitura anterior	Leitura atual		
KW	5.690 <b>14</b>	5.750 <b>13</b>	4.731 <b>14</b>	4.840 <b>13</b>		0		
kWh	<b>21</b> 18.509	<b>20</b> 18.600	<b>21</b> 2.130	<b>20</b> 2.140	0	0		
kVArh					0	0		
UFER	1.656 <b>32</b>	1.660 <b>31</b>	158 <b>32</b>	160 <b>31</b>	0	0		
DMCR	<b>26</b> 6.418	6.483 <b>25</b>	5.073 <b>26</b>	5.128 <b>25</b>		0		
<b>DEMANDA(kW)</b>								
Segmento	Produto	Registrado	Acerto Reg.	Data/Hora	Acerto Fat.	Contratado	Faturado ultrapass.	Faturado normal
HFP/Único	Demanda ativa	1.080 <b>11</b>				900 <b>9</b>	180 <b>16</b>	1.080 <b>7</b>
	Demanda Energia Interrupt.							
	Demanda reativa - UFDR							90 <b>27</b>
	DMCR	1.170 <b>23</b>						
HP	Demanda ativa	882 <b>12</b>				850 <b>10</b>	<b>17</b> 882	882 <b>8</b>
	Demanda Energia Interrupt.							
	Demanda reativa - UFDR							108 <b>28</b>
	DMCR	990 <b>24</b>						
HR	Demanda ativa							
	Demanda reativa - UFDR							
	DMCR							
<b>ENERGIA(kWh)</b>								
Segmento	Produto	Registrado	Acerto Reg.	Contratado	Take	Acerto Fat.	Faturado ultrapass.	Faturado normal
HFP/Único	Energia ativa	163.800 <b>18</b>						163.800 <b>18</b>
	Energia Interruptível							
	Energia reativa - UFER	7.200 <b>29</b>						7.200 <b>29</b>
	kVArh							
HP	Energia ativa	18.000 <b>19</b>						18.000 <b>19</b>
	Energia Interruptível							
	Energia reativa - UFER	3.600 <b>30</b>						3.600 <b>30</b>
	kVArh							
HR	Energia ativa							
	Energia reativa - UFER							
	kVArh							

Figura 12. Exemplo de Conta de consumidor tipo Industrial\_Demonstrativo. Fonte: (CEMIG, 2011)

---

A seguir, os números representados nos campos da conta de energia elétrica estão numerados sequencialmente detalhados. Alguns dos campos fazem referência a uma mesma grandeza mas são identificados por dois números diferentes em dois campos, nesses casos será feita apenas uma descrição para os horários fora de ponta e horário de ponta.

1. N° do cliente: este número identifica o cliente. Deve ser usado nos contatos com a CEMIG para facilitar o atendimento.
2. N° da instalação: identifica a instalação consumidora, pois um mesmo cliente pode possuir várias instalações.
3. Classificação: classifica o cliente quanto a sua atividade(residencial, rural, comercial ou industrial).
4. Categoria: indica em qual modalidade tarifaria o cliente está inserido, além do subgrupo (no exemplo: tarifa azul e pertence ao subgrupo A4).

5. e 6. Leitura anterior e atual: dados obtidos do medidor referente às leituras do mês anterior e atual.

7. e 8. Demanda ativa em kW: Mostram os valores faturados de demanda nos HFP/Único e HP, respectivamente. Referem-se aos valores das demandas registradas (11) e (12) quando estes ficarem acima dos valores de demandas controladas (9) e (10). Se os valores registrados ficarem abaixo dos valores contratados, serão faturados as demandas contratadas. O valor de referente a 8 não existe para tarifa horo-sazonal verde e convencional. (Neste exemplo foram faturados os valores registrados (11) e (12), pois ocorreram ultrapassagem nos dois horários.

9. e 10. Demanda contratada em kW: São indicados os valores de demandas contratadas nos HFP/Único e HP, respectivamente. O valor HP(10) não existe nas modalidades verde e convencional. O ideal é que seja contratado demandas próximas às atuais necessidades do cliente.

11. e 12. Demanda ativa registrada em kW: São indicadas as demandas registradas (kW) nos HFP/Único e HP, respectivamente. Esses valores são calculadas através das diferenças de leituras de kW (atual(13) – anterior(14)), multiplicadas pela constante de faturamento de kW, (15) dividido por 100. (No exemplo: Dem. Reg. HFP =  $[(5.750 - 5.690) \times 1.800] / 100 = (60 \times 1.800) / 100 = 1.080$  kW).

16. e 17. Ultrapassagem em kW: quando a demanda registrada ficar acima do limite de 5% da contratada, a diferença será faturada com tarifa de ultrapassagem, que é

---

maior que a tarifa normal. O valor da ultrapassagem é definido pela diferença da registrada(11) e a contratada(9) quando ocorrer ultrapassagem do limite de tolerância de 5%, acrescida das perdas de transformação, quando houver.

Em alguns clientes de média tensão a medição pode ser realizada antes do transformador, sendo conhecida como medição em baixa tensão. Nesse caso acrescentam-se as perdas de transformação (33), que são de 2,5% de toda a demanda registrada. Não é o caso deste exemplo, mas caso fosse, essas perdas deveriam ser consideradas na demanda de ultrapassagem.

No exemplo as demandas contratadas com 5% de tolerância são 945kW no HFP e 893 kW no HP, sendo assim, ocorreu ultrapassagem do limite de tolerância de 180 kW no HFP (1080 – 900), mas não ocorreu no HP, pois o valor registrado ficou dentro do limite de tolerância.

18. e 19. Energia ativa em kWh: indicam os valores faturados de energia nos HFP/Único e HP, respectivamente. As energias faturadas são os valores de energia registrados, acrescidos das perdas de transformação, quando houver. Estes são os resultados da diferença de leituras de kWh (atual – anterior), multiplicadas pela constante de faturamento de kWh(22). O valor de (19) não existe para a tarifa convencional.

No exemplo: Energia registrada no HFP = [(18.600 – 18.509) x 1.800] = 163.800 kWh.

23. e 24. Demanda máxima corrigida registrada(DMCR): Corresponde aos valores de DMCR no período de faturamento (FDR), nos HFP e HP, respectivamente. Os valores são calculados a partir das diferenças de leituras de DMCR(atual(25) – anterior(26)), multiplicadas pela constante de faturamento de kW(15), dividido por 100.

No exemplo: DMCR no HFP = [(6.483 – 6.418) x 1.800] / 100 = 1.170

27. e 28. Demanda reativa(UFDR): Referem-se aos valores faturados de demanda reativa nos HFP e HP, respectivamente. Esses valores aparecem quando as DMCRs excedem as demandas faturadas e são obtidas da diferença das DMCR e das demandas faturadas nos respectivos horários acrescidos das perdas de transformação, caso houver. O valor de (28) não existe para tarifa verde e convencional.

No exemplo: Demanda reativa HFP = 1.170 – 1.080 = 90 kW

29. e 30. Energia Reativa: Refere-se aos valores faturados de energia elétrica reativa nos HFP e HP, respectivamente. Esses valores aparecem quando o fator de potência horário for menor que 0,92. As energias reativas faturadas são os valores de

---

energia reativa registradas, acrescidas das perdas de transformação, quando houver. O valor de (30) não existe para a tarifa convencional. Esses valores são obtidos a partir do resultado das diferenças de leituras dos valores de energia reativa atual ((31) – anterior(31)), multiplicados pela constante de faturamento de kWh(22).

No exemplo: Energia reativa registrada no HFP =  $[(1.660 - 1.656) \times 1.800] = 7.200$  kWh.

Obs.: Os valores da tarifa da energia reativa de HFP e HP são diferentes, são menores que os valores da energia ativa do HFP. Para estes consumidores do A4 a tarifa de energia ativa é composta de duas parcelas: da TUSD e da TE; na cobrança da energia reativa só é considerada a parcela da TE.

33. Percentual de perdas: quando a medição é realizada na média tensão este valor é 0 ou não aparece (como neste exemplo). Caso seja realizada na baixa tensão, esse valor seria de 2,5%. Considera-se que o transformador possui uma perda de transformação de 2.5% de todas as grandezas envolvidas (kW, kWh e kVAr).

34. Fator de carga: indicador dos fatores de carga nos HFP e HP. Esse indicador informa se o cliente de média tensão está utilizando de maneira coerente a energia elétrica. Esse índice varia entre 0 a 1 e aponta a relação entre o consumo de energia e a demanda dentro de um determinado espaço de tempo.

35. Fator de potência: indica o fator de potência quando a unidade consumidora for faturada na modalidade Convencional. Esse valor não deve ser menor que 0,92, pois caso isso ocorra, a fatura será onerada com o pagamento de reativos excedentes.

## **2.5 Combate ao desperdício de energia**

O combate ao desperdício de energia consiste na utilização otimizada de energia, melhorando assim o uso da mesma e eliminando possíveis desperdícios. O uso eficiente da energia está totalmente alinhado com os pilares do desenvolvimento sustentável criados pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente - Nações Unidas, que foi definido como sendo o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer com o atendimento às futuras gerações, não esgotando assim os recursos para o futuro. Dessa forma, os resultados econômico-financeiros gerados



---

devem contribuir para o desenvolvimento do bem estar da sociedade à qual está inserido, além de preservar a natureza (CARTILHA SENGE, 2015).

O combate ao desperdício de energia elétrica possui duas vertentes. A primeira é a vertente humana, que está relacionada com a capacitação dos cidadãos comuns e a formação de responsáveis da área tecnológica com o objetivo de gerar mudanças de hábitos e atitudes que podem contribuir na implementação e disseminação da cultura de combate ao desperdício.

A segunda vertente é a tecnológica. Esta por sua vez, trata-se de novas tecnologias para modernização de equipamentos, materiais ou processos nas aplicações da produção e manutenção. O objetivo desta vertente é a redução do consumo de energia, reduzindo assim os custos de uma instalação, podendo até abrir possibilidades para projetos e desenvolvimentos com cogeração e geração própria. Muitas vezes esta vertente é denominada eficiência energética. Este é um conceito de conteúdo tecnológico direcionado para a otimização de processos e equipamentos com o objetivo de melhorar o desempenho na produção dos serviços com um menor consumo de eletricidade. O uso de equipamentos eficientes, por exemplo, é uma maneira adotada no combate ao desperdício de eletricidade.

Promover a eficiência energética é essencialmente utilizar o conhecimento de forma aplicada, empregando os conceitos da engenharia, da economia e da administração aos sistemas energéticos (VÁRIOS AUTORES, 2006).

## **2.6 Financiamento para Gestão Eficiente de Energia**

No Brasil existem diversos programas, dispositivos legais, regulamentações e mecanismos de fomento e financiamento à eficiência energética, mini e micro geração de energia através de fontes de energias renováveis.

Alguns desses dispositivos e mecanismos são: “Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia”; “Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (Programa de P&D)”; Incentivos fiscais para aquisição de equipamentos (federais e estaduais); Incentivos fiscais para tecnologias importadas na área de geração de energia através de fontes renováveis (federais e estaduais); Fontes de financiamento nas áreas de energia mini e micro geração, eficiência energética e de sustentabilidade de bancos públicos, privados e de fomento; Fontes de fomento para

---

consultoria na área de eficiência energética para micro e pequenas empresas; “Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica”(PROCEL); “Programa de Incentivo às fontes alternativas de energia elétrica (PROINFA)”;

Prêmios nacionais e estaduais e chamadas públicas nas área aqui abordadas, entre outros.

Para título de exemplo serão detalhados dois destes programas:

- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL):

Este é um programa do governo federal, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás. O objetivo da sua criação em 1985 foi promover o uso eficiente de energia elétrica e combater seu desperdício. A atuação do PROCEL inclui diversos segmentos da economia, que contribui para a economia de energia elétrica do país e gera benefícios para toda a sociedade.

As ações promovidas por este programa incluem desenvolvimento para aumento da eficiência nas áreas de equipamentos, iluminação pública, conhecimento, indústria e comércio, edificações, dentre outros. De acordo com o PROCEL, os ganhos acumulados com o Programa no período de 1986 a 2016 foram capazes de obter uma economia de 107 bilhões de kWh (PROCEL, 2017). Em 2016 contribuiu com a economia de 15,1 bilhões de kWh, o equivalente a 3,29% de todo o consumo nacional de energia elétrica naquele ano (ELETROBRAS, 2017).

Alguns dos subprogramas da PROCEL:

- PROCEL Reluz (Projetos de eficiência energética em iluminação pública com tecnologia LED)
  - Selo PROCEL (Permite ao consumidor saber os equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e que consomem menos energia)
  - PROCEL Edifica (Eficiência energética nas edificações)
- Programa de Eficiência Energética (PEE):

Por meio de projetos, este programa visa promover o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia através de melhoria da eficiência energética de processos, equipamentos e usos finais de energia. Espera-se a partir disso que haja aumento de energia economizada e demanda evitada, estimulando assim o

---

aprimoramento de novas tecnologias da área, promovendo o desenvolvimento do mercado de eficiência energética e a criação de práticas e hábitos que reduzem o desperdício de energia (PEE, 2017).

Além disso, como forma de financiamento da gestão de energia, ainda existem os contratos de performance firmados entre o cliente e a empresa prestadora de serviços. Assim, são estabelecidas as condições para o desenvolvimento e remuneração das implantações das atividades técnicas, produtos, equipamentos ou serviços que são executados para melhoria da eficiência energética. A remuneração da contratada está vinculada à performance realizada, ou seja, será paga com os recursos provenientes da economia gerada pela combate ao desperdício de energia. Este tipo de iniciativa tem se tornado muito comum em indústrias (ABESCO, 2017).

## **2.7 Gestão Energética**

Com uso eficiente de energia elétrica, a indústria terá uma melhor utilização das instalações e equipamentos elétricos, além de uma redução no consumo de energia, o que gera economia nas despesas com eletricidade. Este melhor aproveitamento de energia provoca um aumento de produtividade e qualidade no produto final, mantendo os níveis de segurança e diminuindo os tempos de parada das máquinas para realização de manutenção. Esta economia da indústria também produzirá redução nos investimentos com a construção de usinas e redes elétricas, reduzindo assim o custo da eletricidade, dos preços dos produtos e serviços, com uma maior confiabilidade no fornecimento de energia. A redução no consumo de energia afeta toda a cadeia produtiva, abrangendo os consumidores finais que sentirão o reflexo favorável no preço do produto final (COPEL, 2005).

O sistema de gestão energética tem como finalidade estabelecer e encontrar as variáveis de consumo que podem ser controladas e otimizadas através do uso de indicadores e recursos que demonstram a eficiência energética. Para isso, faz-se necessário conhecer o consumo energético, tendo a capacidade de contabilizar e seguir a evolução do consumo de energia, dispondo dos dados para as tomadas de decisões ligadas a esta área.

---

O uso adequado e eficiente da energia elétrica deve se fazer presente no planejamento das indústrias. Apesar de hoje o assunto sobre programas de eficiência energética estar muito em voga, pouco se conhece sobre como um sistema de gestão de energia agregado a sistemas de controle e automação pode ser utilizado como ferramenta de gestão de eficiência energética, podendo reduzir os custos e melhorar a produtividade, assim como a competitividade da indústria.

## **2.8 Comissão Interna de Conservação de Energia**

A Comissão Interna de Conservação de Energia, a CICE, é uma ferramenta de grande importância na implementação de programas de eficiência energética. Esta comissão tem como objetivo propor, implementar e acompanhar medidas efetivas de utilização otimizada de energia, assim como controlar e divulgar informações que serão úteis no combate ao desperdício de energia (ROCHA, 2005).

Como mecanismo para combate aos desperdícios de energia, muitas empresas e corporações veem como alternativa eficaz a formação de comissões que levam os colaboradores daquele determinado local a reverem as atividades que levam ao consumo indevido de energia. Muitas vezes esse processo passa a fazer parte dos princípios da empresa, incluídos por exemplo, nos processos de melhoria contínua e qualidade total. Vale ressaltar que este combate ao desperdício não se restringe ao consumo de energia elétrica, mas também dos outros insumos, como matéria prima, água, gás, equipamentos, entre outros.

Para que haja um desenvolvimento dessas vertentes no ambiente a qual se vê a necessidade de uma formação de um programa de eficiência energética, faz-se necessário a construção de uma Comissão Interna de Eficiência Energética (CIEE) ou Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE).

A CICE poderá ser formada por representantes do empregador ou dos empregados, e o seu tamanho depende do porte da empresa. Sugere-se que ela seja composta por pelo menos três integrantes, sendo um o coordenador. Caso a empresa seja de grande porte o ideal é que em cada setor/área deverá haver um participante da CICE (ROCHA, 2007). Quanto mais heterogênea esta comissão for, maiores serão as chances de sucessos, uma vez que o programa terá uma melhor representatividade

---

atingindo a todos os setores e atividades desenvolvidas nas instalações (SILVA JÚNIOR, 2005).

Estas comissões normalmente são formadas em empresa, escola ou instituição para a realização de trabalhos de educação, conscientização energética e ambiental, monitoramento do consumo da energia e desenvolvimento de projetos de infraestrutura que promovem a eficiência energética no local. Esta comissão participa do processo de acompanhamento, registros e resultados de trabalhos voltados ao uso racional e eficiente de energia.

A CICE deverá possuir um plano de trabalho contendo objetivos, metas, cronogramas de execução e estratégia de ação. As principais fases que devem ser desenvolvidas na busca da eficiência energética é a avaliação, publicação do diagnóstico, tomada de decisão e realização de ações. Estas divisões das tarefas facilitam a visualização do problema em estudo e na busca pela melhor alternativa de solução do mesmo, além de proporcionar dados mais confiáveis para os processos.

São atribuições da CICE:

1. Realizar ou contratar diagnóstico energético;
2. Controlar e acompanhar o faturamento de energia e elaborar relatórios e gráficos gerenciais visando subsidiar a tomada de decisões;
3. Avaliar o cumprimento das metas estabelecidas e avaliar potenciais de redução do consumo de energia elétrica e demanda;
4. Propor medidas de gestão de Energia Elétrica;
5. Realizar periodicamente inspeções nas instalações e nos procedimentos das atividades com o objetivo de identificar possíveis pontos de melhoria;
6. Conscientizar e motivar os empregados a terem atitudes que evitem o desperdício de energia;
7. Participar de aquisições que envolvem consumo de energia de forma a considerar a avaliação do custo benefício desta aquisição.

---

## 2.9 Conclusão do Capítulo

A conta de energia é um mecanismo essencial para que seja feita uma análise correta a respeito de ganhos que um local pode ter em virtude de ações ligadas ao combate do desperdício de energia. A compreensão dos itens que a compõem são de suma importância para a verificação de erros e visibilidade de pontos de melhoria energética do local.

O combate ao desperdício de energia é uma ferramenta usada nas vertentes humana e tecnológica que contribuem na redução do consumo de energia elétrica sem gerar prejuízos à produção e qualidade dos processos, além de fomentar uma cultura de combate ao desperdício de energia. A CICE é um instrumento que auxilia nesse processos, e juntamente com gerenciadores e programas de financiamento para a gestão eficiente de energia, tem contribuído para que esta metodologia seja empregada em muitas empresas e indústrias.

Após o entendimento desses conceitos importante, a compreensão do estudo de caso é facilitado, e será detalhado a seguir.

---

## Capítulo 3

### Identificação do Caso

Este capítulo apresentará de uma maneira geral as informações que serão importantes nas análises da instalação considerada como caso de estudos.

A indústria a qual é o nosso objeto de estudo trabalha em dois turnos, sendo de 7h às 2h, além de dois sábados por mês. A mesma faz parte do Mercado Livre de Energia, com energia do tipo convencional. Possui tensão de fornecimento de 138 kV, portanto está inserido no subgrupo A2 e é classificada na tarifa horária Azul. Este cliente possui um contrato de energia de 5,5MWh e demanda contratada igual a 5.000 kW, sendo a demanda contratada no período seco/úmido de ponta 8.000 kW e no período seco/úmido fora de ponta 10.000kW.

A indústria em estudo sempre busca alternativas para redução do consumo de energia. Uma análise feita foi o gerenciamento do contrato de energia. Em 2013 houve a redução de 11.000kW para 10.000kW de demanda contratada no horário fora de ponta e de 9.000kW para 8.000kW no horário de ponta. Com esta ação a empresa pôde obter tarifas menores devido ao melhor fator de carga e redução da demanda em horários que anteriormente eram considerados críticos. A energia não desperdiçada e a demanda reduzida poderão ser disponibilizadas a outros setores consumidores, otimizando a distribuição da energia consumida, retardando investimentos, maximizando a receita e aumentando a confiabilidade do sistema.

Neste mesmo sentido, no final de 2016 foi renegociado o contrato de energia com a comercializadora a fim de que o volume requerido de energia estivesse melhor dimensionado de acordo com o consumo do local naquele momento. Para otimizar as transações com o mercado de energia, a indústria em estudo tem um contrato com uma empresa prestadora de serviços de consultoria e gestão de energia.

Outra ação usada pela indústria foi a prática de melhoria contínua em todos os processos e sistemas da fábrica. A aplicação de Kaizen é um exemplo dessas ações que teve como objetivo reduzir os desperdícios de energia na empresa. Kaizen é uma metodologia com enfoque no curto prazo que permite eliminar e reduzir de maneira

eficiente os desperdícios de um processo, obtendo assim ganhos rápidos e expressivos na área. Através dessa ferramenta foi possível fazer alterações do perfil de operação de sistemas, em processos de manutenção e “retrofit” de equipamentos, podendo assim reduzir o consumo de energia.

Uma outra análise feita na empresa em estudo foi a respeito da diferença do que estava sendo consumido em relação ao que estava sendo contratado. A análise foi feita nos períodos de ponta e fora de ponta dos períodos secos e úmidos, através do gerenciador de energia CCK, que será explicado posteriormente neste trabalho.

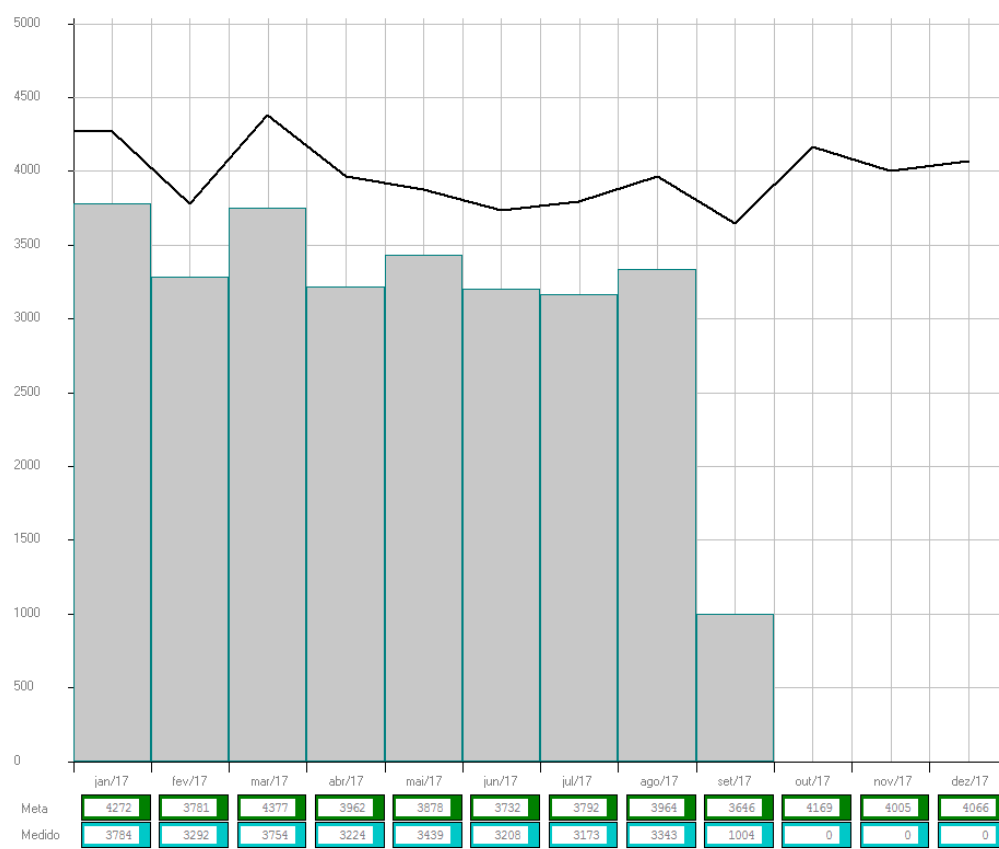


Figura 13. Barras de consumo mensal e curva de meta de consumo de energia elétrica na indústria em estudos

Como pode ser visto na Figura 13, o consumo de energia está bem próximo das metas baseadas na demanda contratada, não sendo necessários pagamentos referentes a tarifa de ultrapassagem da demanda.

Uma outra possibilidade de melhoria estudada foi aperfeiçoamento das alternativas para otimização do fator de potência da fábrica.



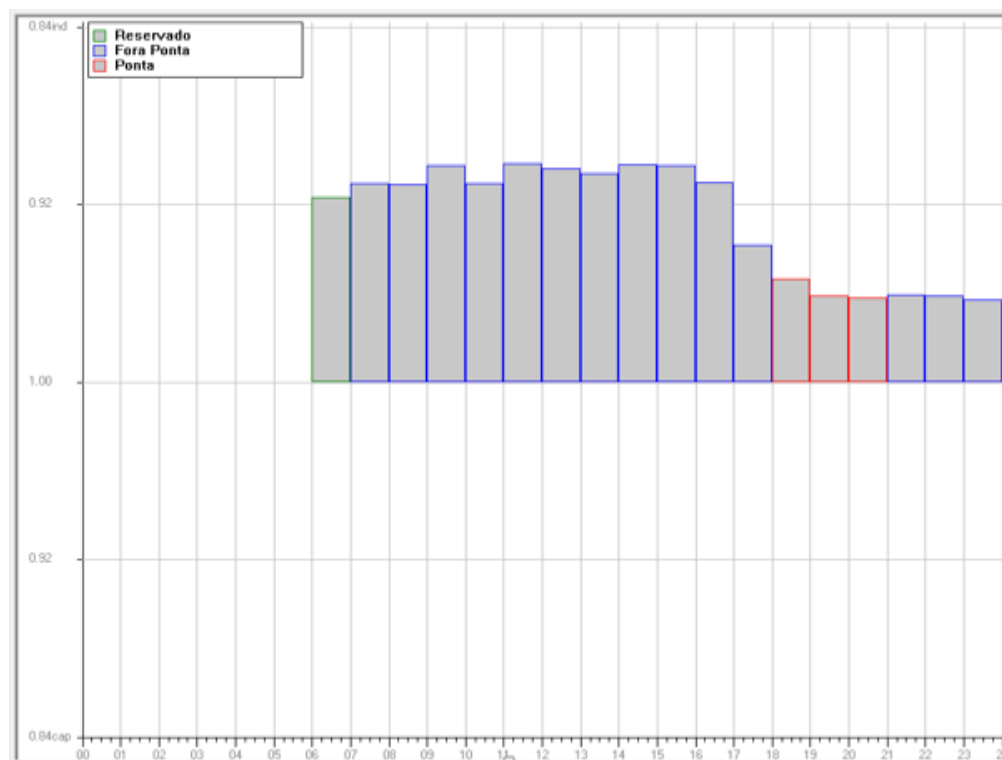


Figura 14. Fator de potência de hora em hora em um dia produtivo.

Entretanto, os bancos de capacitores existentes na fábrica são suficientes para que os limites permitidos não sejam ultrapassados. Como pode ser visto na figura 14, o fator de potência no geral ficou acima de 0,92 indutivo ou passou pouco deste limite. Como a análise deste parâmetro é feita baseando-se no resultado final do mês, o valor nos últimos anos sempre fica dentro das normas.

### 3.1 Gerenciadores de Insumos na Fábrica em análise

O propósito do gerenciamento de eficiência energética na indústria é a compreensão de forma geral do consumo de energia elétrica em todas as áreas responsáveis pelo funcionamento produtivo da planta. Esta visão sistêmica dos processos proporciona a integração dos vários setores de consumo da indústria, a identificação através da coleta de dados e verificação dos setores que são os maiores consumidores de energia na planta e, baseado nisso, é possível propor ações de controle e eliminação dos desperdícios, melhorando assim o aproveitamento da energia. Nesse mesmo sentido, é de grande valia que sejam apresentadas práticas de combate às perdas e desperdícios e, desse modo, seja exposta a economia obtida após a implementação das ações. (ELÉTRICO, 2017)

---

Na Fábrica em estudo, existem várias ferramentas de gerenciadores de energia que auxiliam na coleta de dados e análise dos consumos dos insumos. O uso das informações provenientes desses gerenciadores acontece por meio do monitoramento e controle remoto de processos, com o intuito de otimizar o consumo dos insumos energéticos e utilidades de maneira automática, sem a interrupção da produção ou quaisquer outros danos. Os sistemas utilizados são apresentados a seguir:

- CCK

O principal gerenciador de insumos que a indústria em estudo utiliza é o Sistema de Gerenciamento CCK. Este sistema foi implantado pela própria empresa prestadora do serviço em 2011, tendo um custo apenas na implantação. Caso haja necessidade de treinamento ou suporte técnico do gerenciador é requerida a prestação de serviço da empresa CCK.

Este gerenciador dá a possibilidade de ser feito o acompanhamento do consumo de eletricidade, gás natural, água potável e ar comprimido da planta, viabilizando o conhecimento em detalhes das despesas mensais com esses elementos, verificando a evolução ao longo do tempo e sendo possível identificar ações que possam ser adotadas para minimizar as despesas com esses insumos.

Inicialmente este gerenciador foi implantado apenas para monitorar as grandezas elétricas e acompanhar o perfil histórico de medições de energia da unidade consumidora. A instalação do sistema foi motivada pela necessidade de reduzir custos gerados por multas de ultrapassagem de demanda e fator de potência, obter maior eficiência no uso da energia e, conseqüentemente, diminuir o valor das contas, além de permitir ganhos de produtividade, pois se trata de uma ferramenta que facilita a manutenção e a operação da planta industriais. Posteriormente viu-se a oportunidade do sistema ser também usado para os outros insumos citados acima.

As principais aplicações desse sistema estão relacionadas com a eliminação de desperdícios, aumento da eficiência, criação de banco de dados e histórico que auxiliam no planejamento energético da Fábrica e controles de parâmetros importantes. Dentre os eventos que podem ser armazenados no CCK pode-se citar: consumo de energia ativa e reativa; demanda; fator de utilização, fator de carga; fator de potência; afundamento de tensão; transientes; conhecimento da sazonalidade dos consumos; conhecimento dos custos específicos e de produção por setores e períodos, entre outros benefícios. Abaixo estão algumas imagens de aplicação do gerenciador:



Figura 15. Imagens do Gerenciador CCK na Fábrica.

- LOGANN

Outro gerenciador que existe na planta é o Logann. Este sistema foi implantado também em 2011 pela empresa e mensalmente é pago um valor para o seu controle. O mesmo concede a possibilidade de realizar o gerenciamento e controle da iluminação e do ar condicionado das dependências da planta em análise. Através do mesmo é possível programar os horários de início e desligamento desses equipamentos, o que trouxe otimização do consumo de energia elétrica e de forma automática, eliminando os desperdícios e aumentando a eficiência do sistema.

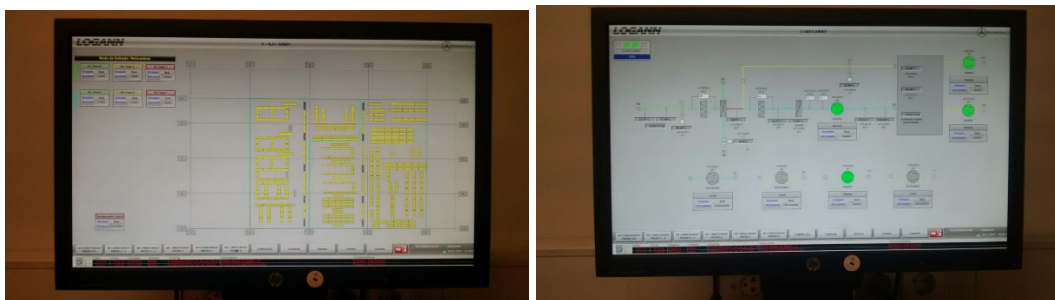


Figura 16. Imagens do Gerenciador LOGANN na Fábrica.

- Outros Gerenciadores

Nesta planta industrial existem outras ferramentas de gestão e controle que auxiliam na administração de insumos ou de equipamentos associados. Um deles é o controlador central ES da Atlas Copco, que seleciona a melhor combinação de máquinas para proporcionar a saída de ar necessária da forma mais eficiente. Esse gerenciamento de compressores permite o monitoramento de pressão das três bandas de pressão existentes na planta, o que facilita a manutenção e a operação das máquinas, trazendo ganhos de produtividade, em termos de manutenção e vida útil de equipamentos e sistemas.

Abaixo é mostrado o visor do controlador ES da Atlas Copco com as curvas de monitoramento de pressão das três bandas de pressão existentes na planta:



Figura 17. Imagens do Gerenciador ES da Atlas Copco

Outra ferramenta utilizada é o Tracer SC da Trane, responsável pelo gerenciamento e controle autônomo de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar

---

condicionado, usados no sistema de climatização e em processos produtivos da fábrica que precisam de água gelada. O gerenciamento por parte dos operadores pode ser feito de forma remota via internet.

Assim, é possível perceber que através de um sistema de gerenciamento é possível monitorar uma série de variáveis em tempo real e armazená-las para análises que potencializem o uso eficiente da energia elétrica. Isto viabiliza ao consumidor industrial a utilização de ferramentas de gestão de eficiência energética, dando possibilidade a um gerenciamento de visão sistêmica de todos os setores de consumo de energia. As principais vantagens que estes sistemas oferecem são:

- Controle otimizado de demanda e de fator de potência;
- Otimização do aproveitamento da rede física instalada.
- Disponibiliza dados para estudo e análises;
- Possibilidade de análise do perfil do consumo das máquinas e equipamentos industriais;
- Possibilidade de calcular valores economizados com a eficiência;
- Propor alterações e ações de redução aos desperdícios.

### **3.2 Fórum de Novas Ideias**

Em 2011 a planta industrial em estudo possuía uma CICE, entretanto esse departamento se extinguiu em pouco tempo de funcionamento. Hoje existe o Fórum de Novas Ideias, como é denominado, que foi criado em março de 2016, por colaboradores do departamento de Infraestrutura e Engenharia da Fábrica. Esta comissão tem como objetivo o desenvolvimento de projetos que combate ao desperdício dos principais insumos de abastecimento da planta, sendo eles, energia elétrica, gás natural e água potável. Esta Comissão substitui a ideia da CICE.

As reuniões deste Fórum são feitas semanalmente, com registros em atas e coordenadas por dois dos oito membros que compõem a equipe. Todos os profissionais participantes deste Fórum trabalham na área de Infraestrutura da Fábrica e são analistas. Estes colaboradores fazem o levantamento das maiores demandas de melhoria na área de eficiência energética, e após esta sondagem é feito um cronograma das atividades que serão desenvolvidas até a conclusão das mesmas.

---

Para que haja uma maior eficácia nos resultados dos projetos, os participantes do Fórum promovem “benchmarking” com empresas parceiras com o objetivo de melhorar os processos e obter novas ideias adaptáveis à realidade da fábrica a partir do que foi visto. Esse trabalho é executado a partir da organização de palestras apresentadas pelos fornecedores parceiros, assim como visitas que são feitas a estas empresas. A partir desta interação com outras empresas, novas ideias surgem e ajudam a compor a lista de projetos a serem executados.

Em meio a inúmeras ideias a serem executadas, a coordenação do Fórum decide quais são os projetos a serem estudados e implementados em cada período. Normalmente são escolhidos quatro projetos, e esta escolha é feita mediante as oportunidades e urgência para a execução dos mesmos. O estudo de viabilidade, cronograma, monitoramento e contratação de empresa para execução do projeto são obrigações dos colaboradores do Fórum, já a execução, dependendo da sua dificuldade, pode ser feita pela empresa de manutenção residente na planta ou por uma empresa contratada.

Como forma de exemplificar os projetos que são executados por este fórum, é possível elencar alguns, sendo esses: “Aplicação em conjunto de recuperador de calor dos compressores associado a geração por células fotovoltaicas”; “Reaproveitamento de água condensada dos compressores e secadores de ar comprimido”, “Geração de energia eólica a partir da descarga dos exaustores de teto da fábrica”, “Implantação de iluminação por lâmpadas LED”, entre outros. Este último projeto citado será foco do estudo de caso.

### **3.3 Conclusão do Capítulo**

A indústria a qual é o nosso objeto de estudo se preocupa com o combate ao desperdício de energia, de modo a buscar mecanismos que facilitem a diminuição dos gastos e contribui no planejamento e monitoramento dos consumos.

No decorrer dos últimos 5 anos principalmente, esta empresa tem buscado formas de conhecer melhor o seu consumo de energia, para assim buscar alternativas que auxiliem na diminuição dos desperdícios. O uso de gerenciadores de energia e de outros insumos permite o monitoramento, além de contribuir com dados e históricos que apoiam no planejamento de fábrica.

---

Outra ferramenta usada foi o Kaizen na busca de melhoria contínua. Até o presente momento já foram executados aproximadamente cinco kaizens com a temática voltada para a eficiência energética, e no decorrer de cada um desses obteve-se aproximadamente 5% de reduções de energia.

As renegociações de contratos também têm contribuído para melhor gestão da energia, reduzindo gastos e otimizando o fator de carga da indústria, melhorando assim a eficiência energética da instalação.

A implantação da CICE na empresa possibilitou a introdução de pesquisas ligadas a eficiência energética, bem como a avaliação do consumo dos insumos na fábrica. Mesmo a CICE não dando continuidade aos seus trabalhos, o Fórum de Novas Ideias proporcionou a retomada de vários projetos ligados a eficiência energética. Hoje cada projeto gera uma redução média de R\$95.000,00 por ano. O estudo de caso que será analisado neste trabalho faz parte de uma das avaliações do Fórum.

---

## Capítulo 4

### Estudo de Caso

#### 4.1 Considerações iniciais

Este capítulo trata-se da parte experimental do trabalho, em que será feito um estudo de um projeto de eficiência energética em implementação na indústria em análise. O projeto baseia-se na realização de avaliações para a troca de lâmpadas convencionais para lâmpadas LED. Todos os ensaios quanto a eficiência energética e qualidade de energia foram realizados junto aos fornecedores das lâmpadas, além disso, cálculos foram executados para certificação dos benefícios que serão mostrados no decorrer do capítulo.

O projeto de instalação de lâmpadas LED foi pensado com o objetivo de redução do consumo de energia. Sabe-se que quanto maior o consumo de energia, maiores são os impactos ao meio ambiente, gerando a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, que é um dos principais agentes agravadores do aquecimento global. Para cada quilowatt (kW) de energia economizada ocorre uma redução da taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, chegando a 1tonelada para cada megawatt hora. A utilização de lâmpadas e aparelhos eletrônicos mais econômicos e mais duráveis também contribui na redução da demanda energética e na geração de lixo.

#### 4.2 LED

LED é uma sigla, Light Emitting Diode, que significa Diodo Emissor de Luz. O diodo é um material semicondutor que tem sua condutividade controlada através do processo de dopagem e é a base de qualquer dispositivo eletrônico.

O LED não é ligado diretamente na corrente elétrica, mas normalmente há uma resistência em série para que a corrente não exceda o máximo permitido. Uma vez que o LED funciona com corrente contínua, a ligação diretamente na rede elétrica em corrente



---

alternada não é possível, sendo necessária a retificação da corrente alternada e a redução da tensão. Para utilizar luminárias LED conectadas diretamente na rede, torna-se necessário o desenvolvimento de um dispositivo que controle a energia que será entregue aos LEDs. Estes dispositivos são chamados de drivers e seu objetivo basicamente é retificar a tensão, filtrar harmônicos e garantir que a corrente (ou tensão, em alguns casos) entregue ao LED seja adequada. Os LEDs são dispositivos que foram projetados para funcionar sob baixas tensões (normalmente entre 10V até 24V) e em corrente contínua (1000BULBS, 2014). Dessa forma, primeiramente o driver retifica a corrente, transformando-a em corrente contínua. Logo após, utiliza um conversor com o objetivo de garantir que a corrente ou tensão entregue ao LED seja adequada.

Os drivers utilizam uma série de elementos não lineares para fazer o controle de corrente (ou tensão), assim, é natural que eles produzam harmônicos e que o seu fator de potência seja baixo. Dessa forma, há a necessidade de inserir filtros e corretores de fator de potência a este dispositivo, com o objetivo de melhorar o desempenho do conjunto. Além disso, o driver também é o componente responsável por permitir a dimerização de luminárias LED, ou seja, a capacidade de controlar a quantidade de luz emitida.

Uma luminária a base de LED é composta na verdade por um conjunto de LEDs, e este conjunto pode ser ligado em série ou em paralelo. Normalmente, estes conjuntos são conectados em série com o objetivo de passar a mesma corrente por todos os LEDs, e assim assegurar que a iluminação do ambiente seja feita de maneira uniforme, visto que a luz que um LED vai emitir está diretamente relacionada à sua corrente e temperatura.

A utilização de lâmpadas de LED em projetos de iluminação artificial tem crescido muito nos últimos anos, e isto se deve pelas comprovações referentes a sua durabilidade, eficiência energética e luminosa em comparação com lâmpadas convencionais. Uma das principais vantagens da utilização deste tipo de lâmpadas, é que elas apresentam uma eficiência de conversão de energia elétrica em energia luminosa maior que as lâmpadas convencionais.

Em geral, algumas vantagens em se utilizar o LED são muito conhecidas, tais como:

- Trabalham com baixas potências e grande eficácia luminosa, sendo assim, responsáveis por grandes reduções do consumo de energia elétrica;
- Baixo custo de manutenção;

- 
- Não possuem metais pesados em sua composição que poderiam causar mal ao meio ambiente e à saúde humana;
  - Possuem maior durabilidade do que de todas as lâmpadas até então utilizadas;
  - Seu ciclo de vida necessita de uma menor quantidade de energia e menos matéria prima em todas as etapas de fabricação, uso e descarte;
  - Não emitem calor, o que proporciona maior eficiência;
  - Não emite raios IV(Infra Vermelho) e UV(Ultra Violeta);
  - Não atraem insetos;
  - Resistência a vibrações e impactos;
  - A vida útil do LED independe da quantidade e frequência em que a lâmpada é ligada e desligada.

Entretanto nota-se alguns entraves:

- O controle de qualidade das lâmpadas tem sido dificultado pela falta de normas e padronização da fabricação;
- Preços elevados em relação as lâmpadas convencionais ;
- Os efeitos causados pela emissão de “poluentes eletromagnéticos” são desconhecidos;
- Desconhecimento técnico por parte de consumidores e profissionais.

Mediante a tantos benefícios, alguns fabricantes afirmam que a cada 3,5W de energia reduzida se obtém uma economia de 1 W no consumo do ar condicionado e/ou refrigeração (SOLELUX,2017).

Outros dados comparativos demonstram a viabilidade em substituir lâmpadas convencionais por LEDS, de acordo com modelos específicos do fabricante SOLELUX:

- 01 Lâmpada incandescente 60 W = 01 lâmpada a LED de 4,5 W (com economia de 55,5 W/hora);
- 01 Lâmpada fluorescente tubular de 40 W = 01 luminária LED de 12 W (com economia de 28 W/hora);
- 01 Lâmpada dicroica 50 W = 01 luminária LED de 3 W (economia de 47 W/hora).

A iluminação é de suma importância para a segurança, bem-estar da população, execução de serviços, entre outros benefícios. No ambiente industrial esse fator é essencial, uma vez que se há um ambiente bem iluminado aumenta-se a produtividade e rendimento do profissional. O ambiente sendo mal iluminado ou com excesso de

---

iluminação, ou seja, com iluminação inadequada, pode afetar a saúde e o bem-estar dos colaboradores, além disso, a fadiga relacionada ao trabalho pode estar ligada à sobrecarga que os olhos sofrem. De acordo com a norma Regulamentadora (NR-17) que faz referência às condições de trabalho, a iluminação é classificada como um risco físico e a norma diz que deve haver uniformidade e ausência de efeitos indesejáveis de ofuscamento.

Nesse sentido, as luminárias de LED que possuem opções de temperatura de cor apropriada para locais de trabalho são a melhor opção, beneficiando assim o bem estar dos colaboradores e contribuindo no desempenho das tarefas realizadas, o que contribui também na redução de acidentes de trabalho (CONEXLED, 2017).

### **4.3 Situação atual quanto ao uso de luminárias na Fábrica**

O estudo sobre a implantação de lâmpadas LED na planta começou a ser feito em 2009 e a sua instalação teve início em 2011. Hoje as dependências da indústria encontram-se com aproximadamente 40% de sua iluminação trocada.

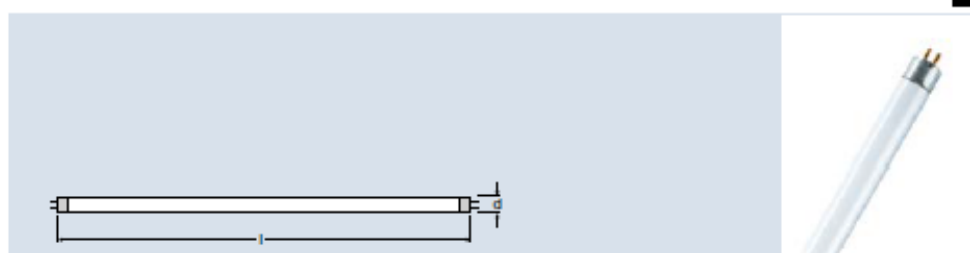
Neste trabalho será feita a análise de viabilidade da instalação de lâmpadas LED de alguns dos escritórios dos prédios da Fábrica. As áreas destes escritórios são bem variáveis, indo de 385 m<sup>2</sup> a 4905,84 m<sup>2</sup>, e ao todo estavam instaladas 366 luminárias, sendo 4 lâmpadas por luminária, ou seja, 1464 lâmpadas do tipo fluorescentes T5 de 14 W cada. Na substituição feita, a nova quantidade de luminárias passou para 209, sendo que cada luminária possui uma lâmpada de LED de 50 W. Até o momento, a troca da iluminação não foi implementada em todos estes escritórios; as instalações estão em andamento.

O arranjo foi feito de acordo com o local de trabalho, de forma que o fluxo luminoso estivesse com o foco voltado para a mesa de cada um dos colaboradores, sempre obedecendo as normas de iluminação ideal para o local. Esse tipo de disposição só pôde ser feita porque as luminárias instaladas nos forros modulares facilitam a troca e a manutenção.

A vida útil das lâmpadas convencionais usadas era de aproximadamente 4 anos, sendo que a maioria já se encontrava com uma taxa de utilização média de 65%, em contrapartida, a vida útil das lâmpadas LED a serem instaladas é de

aproximadamente 15 anos. Abaixo é mostrado uma tabela com os dados de cada uma das lâmpadas fluorescentes usadas.

### LUMILUX® e SMARTLUX® T5 HE High Efficiency, tubular



	Temp. de Cor	Índice de rendim.	Potência	Fluxo Luminoso	Comprimento	Diâmetro	Base
<b>LUMILUX® e SMARTLUX® T5 HE - Fluorescente tubular de alta eficiência</b>							
Vida mediana: 24.000h® / 18.000h SMARTLUX® (com reator QUICKTRONIC Z)							
HE 14W/B30 SMARTLUX®	3000	≥80	14	1350	549	16	G5
HE 14W/B40 SMARTLUX®	4000	≥80	14	1200	549	16	G5
HE 14W/B50 SMARTLUX®	5000	≥80	14	1300	549	16	G5
HE 21W/B30 LUMILUX®	3000	≥80	21	1900	849	16	G5
HE 21W/B40 LUMILUX®	4000	≥80	21	1900	849	16	G5
HE 28W/B30 SMARTLUX®	3000	≥80	28	2600	1149	16	G5
HE 28W/B40 SMARTLUX®	4000	≥80	28	2600	1149	16	G5
HE 28W/B50 SMARTLUX®	5000	≥80	28	2750	1149	16	G5
HE 35W/B30 LUMILUX®	3000	≥80	35	3320	1449	16	G5
HE 35W/B40 LUMILUX®	4000	≥80	35	3320	1449	16	G5

Com eficiência energética de até 104 lm/W, o sistema SMARTLUX® T5 HE é a solução ideal para uma iluminação moderna e econômica.

Representa até 20% de economia em relação ao sistema T8 e até 40% em relação aos T10/T12, além de apresentar apenas 8% de depreciação do fluxo luminoso ao final de sua vida útil.

As lâmpadas LUMILUX® e SMARTLUX® T5 HE, em conjunto com o reator eletrônico OSPAM QUICKTRONIC®, permitem sistemas de iluminação mais modernos e compactos, além de proporcionarem maior economia de energia com conforto, versatilidade, praticidade e segurança para as instalações. São ideais para aplicações com sensores de presença e dimmers, reduzindo ao mínimo o consumo de energia.

Figura 18. Dados técnicos da lâmpada fluorescente instalada

## 4.4 Estudo de viabilidade

Para a análise de viabilidade da substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por tubulares de LED a metodologia usada foi primeiramente observar a norma NBR ISO 8995-1(ABNT,2013), (responsável pela regulamentação da iluminação de ambientes de trabalho), que substitui a ABNT NBR 5413 (Iluminância de interiores) e a ABNT NBR 5382 (Iluminação de ambientes de trabalho). Além disso, foram consideradas as especificações dos fabricantes quanto à potência, fluxo luminoso, vida

útil esperada, consumo energético e a taxa de manutenção dos produtos, dessa forma foi possível obter o payback do investimento em LED.

Os dados foram coletados a partir de informações dos fabricantes dos dois tipos de lâmpadas, e os mesmos estão comparados em uma tabela utilizando o software Excel. Foram considerados fatores como potência, fluxo luminoso, custo unitário das lâmpadas e dos reatores, consumo energético em R\$/kWh, vida útil em horas, e fator de manutenção. Nas tabelas, foram consideradas 12h acesas, em 30 dias por mês.

Para a comparação dos gastos correspondentes aos dois tipos de lâmpadas, e obtenção do payback, são relevantes os valores de investimento inicial somados aos gastos mensais em R\$/kWh de energia elétrica e serviços de manutenção.

A tabela comparativa com os dados técnicos das lâmpadas está abaixo:

Tabela 6. Dados técnicos das lâmpadas do estudo

<b>Dados</b>	<b>Florescente</b>	<b>LED</b>
Fabricante	OSRAN	LUMICENTER
Modelo	TL15/840 SL	LHT03-E4000840
Tamanho	617x616	617x617
Base encaixe	G5	Placa
Potência	14 W	50 W
Tensão	220Vca	220Vca
Temperatura de cor	4000K	4000K
Fluxo luminoso(lm)	1200lm	4000lm
Vida útil(horas)	18.000h	50000h
Preço unitário lâmpada	R\$ 4,50	R\$ 480,00
Número de lâmpadas por luminária	4	Placa de LED
Potência do reator	1x4x14W um reator	Driver
Preço do reator	R\$ 87,89	Sem uso

## 4.5 Implantação e Instalação

É importante perceber que as lâmpadas fluorescentes T5 são uma tecnologia muito boa e barata, além ser muito utilizada em vários locais comerciais e industriais

---

principalmente. Apesar do preço das lâmpadas LED seja maior, sua tecnologia também é superior quando comparada com as convencionais fluorescentes.

A substituição simples das lâmpadas fluorescentes tubulares pelas tubulares de LED é garantida por muitos fabricantes de lâmpadas tubulares de LED. Estes afirmam que é possível substituir, lembrando apenas que o LED não necessita de reator, o qual deve ser removido. Esta informação também foi verificada durante a instalação, porém, no projeto em estudo, além da troca das lâmpadas, era necessário também a troca das luminárias para adequação das especificações planejadas, gerando um índice luminotécnico adequado à acuidade visual que exige o desenvolvimento do trabalho que vai ser feito naquele local.

O procedimento de instalar as luminárias nos forros modulares ou em forros de gesso, madeira e PVC facilita muito na troca. Como não foi substituída a mesma quantidade de luminárias de LED pelas convencionais, essa importância se torna ainda mais considerável, já que o local a ser instalado a luminária deve ser estrategicamente definido pelo projeto luminotécnico.

Abaixo é mostrado modelo da luminária que será substituído no lugar das convencionais já mostradas anteriormente.

### Descritivo técnico

Luminária LED ideal para ambientes onde não há necessidade de controle de ofuscamento, como auditórios, lojas, consultórios e restaurantes.

**Instalação:** Embutido em forros modulares 625x625 com perfil "T" ou sobreposto em alvenaria.

**Corpo:** Chapa de aço.

**Acabamento:** Tinta pó poliéster de alta resistência na cor branco microtexturizado.

**Difusor:** Acrílico translúcido.

**LED e Driver:** LEDs SMD de alto desempenho aplicados sobre placa de circuito impresso. Driver multitemperatura não dimerizável com alto fator de potência e baixo THD. Opcional driver dimerizável 0 a 10V ou DALI, sob consulta.

**Durabilidade:** Manutenção de no mínimo 70% do fluxo luminoso inicial em 50.000h de uso.

**Equivalência:** Para substituição de quatro lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 13W, 14W ou T8 de 16W.

**Acessórios:** Para instalação em forros de gesso deve ser adquirido moldura separadamente.

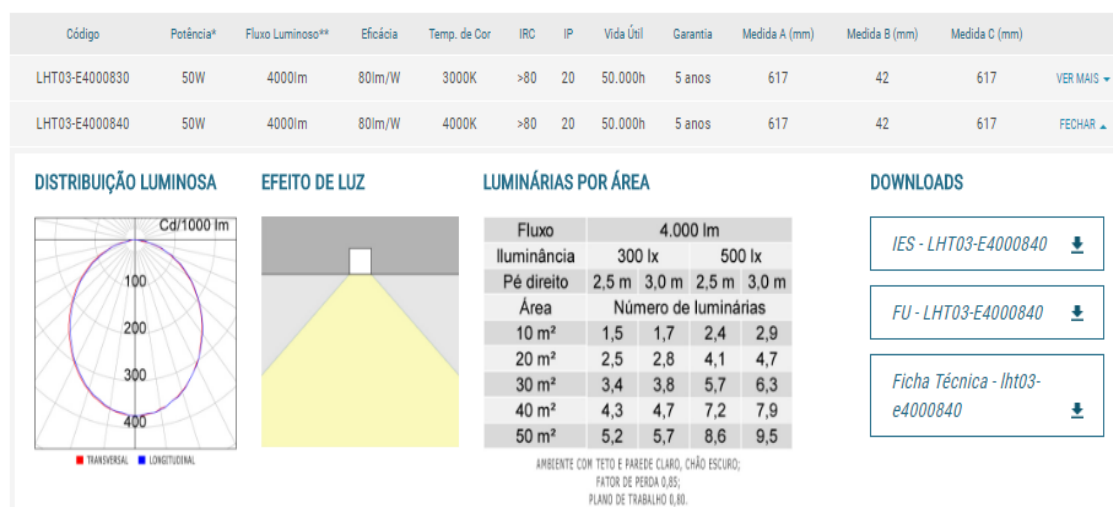


Figura 19. Lâmpada LED instalada. Fonte: Lumincenter

## 4.6 Constatação de eficácia da instalação

Com a finalidade de garantir além de eficiência energética e outros ganhos já citados pela instalação de lâmpadas LED, o bem estar e a melhoria de visibilidade são itens importantes que devem ser considerados. Para constatação desses parâmetros foram usados dois mecanismos, a pesquisa de satisfação e o ensaio fotométrico.

Inicialmente foi verificada na norma NBR ISO 8995-1, responsável por estabelecer os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

Tabela 7. Recorte da Tabela “Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor” (NBR ISO 8995-1)

22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	

A partir da tabela acima, é possível identificar que a iluminância ideal no ambiente em estudo, um escritório que tenha atividades do tipo “escrever, teclar, ler, processar dados”, está inserido na classe com valor mínimo de 500lux, com índice limite de ofuscamento unificado (UGRL ) de 19 e índice de reprodução de luz (Ra) de 80.

A pesquisa de satisfação foi feita com os colaboradores da área quanto a qualidade do serviço prestado e se realmente houve uma melhoria considerável no seu ambiente de trabalho com a troca das luminárias. A pesquisa foi executada com 10 pessoas, sendo que 100% foram favoráveis a mudança e sentiram melhoria no ambiente de trabalho.

**PESQUISA DE SATISFAÇÃO**

Recentemente foi feita uma troca de lâmpada convencionais por lâmpadas LED nesta parte do escritório. Para melhorarmos sempre o nosso serviço, gostaríamos de contar com a sua sincera opinião, respondendo às perguntas a seguir com base na sua experiência antes e após a instalação.

Pensando em cada um dos pontos abaixo, favor dar uma nota de 1 a 10, onde 1 é extremamente insatisfeito e 10 é extremamente satisfeito.

1- A iluminação anterior estava de acordo com a sua necessidade e bem estar, sem prejudicar o seu trabalho?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Extremamente insatisfeito Extremamente satisfeito

2 - Você percebeu a mudança ocorrida logo que chegou em seu posto de trabalho?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Extremamente insatisfeito Extremamente satisfeito

3 - De forma geral, quão satisfeito ou insatisfeito você ficou com a mudança executada?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Extremamente insatisfeito Extremamente satisfeito

Figura 20. Exemplo de pesquisa de satisfação feita



Logo após foi realizada uma verificação técnica por meio de um ensaio fotométrico nas instalações de iluminação convencional e nas instalações já modificadas, com o objetivo de avaliar a qualidade do projeto executado e dos produtos instalados, conferindo assim, se os dados dos fabricantes são compatíveis com os dados obtidos durante seu uso, além de confirmar se a empresa está com os seus níveis de iluminância dentro das normas. Para a medição da iluminância de cada tipo de lâmpada, foi utilizado um luxímetro Minipa modelo MLM 13-32 Digital Lux Meter, conforme



Figura 21. Imagem do luxímetro Minipa usado nas medições de iluminância apresentado na Figura 21.

As medições foram feitas nas áreas onde diferentes tarefas visuais são realizadas, na superfície da mesa de trabalho. A análise foi a respeito das luminárias fluorescentes e de LED embutidas nas placas do forro de fibra mineral Armstrong nos escritórios do prédio. Ao final do processo, os dados foram confrontados para analisar se a substituição seria ou não viável, conforme os valores coletados e apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Medições obtidas em dois locais distintos com iluminação convencional e de LED

	<b>Iluminância</b>	
Iluminação convencional (lux)	491	520
Iluminação com LED (lux)	536	800

---

A partir das medições foi constatado que nas instalações com as iluminações convencionais, a maioria estava dentro das normas, porém foi encontrados pontos em que os valores estavam abaixo do permitido, possivelmente lâmpadas que já possuíam mais de 70% de uso. Nos locais com iluminação de LED foram constatadas iluminâncias dentro do permitido, já que o valor mínimo para o ambiente em análise é de 500 lux.

#### **4.7 Ganhos referente ao projeto**

Após o estudo feito e a execução das instalações, foi constatado pelos relatos dos colaboradores das áreas modificadas que houve uma grande melhoria com a nova instalação do sistema de iluminação por LED.

Todavia, o maior ganho obtido pela implementação do projeto foi a redução nas contas de energia. Pelos cálculos e constatações nas contas foi possível perceber uma redução de cerca de R\$ 5.000,00 por mês, o que corresponde a cerca de 3% do gasto energético referente a iluminação no mês na indústria em estudo. Como a área em análise representa menos de 0,3% da área total, e menos de 3% da área construída (sem considerar a área externa), concluímos que o ganho foi ainda maior.

Pelo estudo é percebido também que apesar do alto valor das lâmpadas LED em comparação com as lâmpadas convencionais, em pouco tempo (cerca de vinte e cinco meses) é possível quitar o investimento e obter os ganhos referentes à redução do consumo de energia, redução de gastos com a manutenção, além de outros ganhos já citados possíveis de serem obtidos com o uso de lâmpadas LED.

Uma informação a ser considerada é que no estudo feito houve a necessidade da troca das luminárias, o que aumentou um pouco mais o valor da aquisição do sistema, entretanto, caso a luminária não houvesse necessidade de troca, como acontece em alguns casos, o ganho poderia ter sido ainda maior.

Outra informação diz respeito às luminárias e lâmpadas retiradas para a substituição. As lâmpadas fluorescentes são reutilizadas em locais onde ainda não houve o “retrofit”, assim, caso nesses locais haja alguma queima das lâmpadas do mesmo tipo, há a troca pelas já usadas e em bom estado. Caso as lâmpadas estejam queimadas elas são levadas para empresas de reciclagem juntamente com as luminárias.

---

Para os cálculos feitos estão inclusos todos os custos de instalação, equipamentos, custo de luminárias e lâmpadas, material e mão de obra, porém não foram considerados os impostos. A taxa de juros foi considerada igual a zero.

Abaixo é mostrado de forma geral todo o levantamento feito de viabilidade do projeto de implementação de LED em alguns dos escritórios da fábrica em estudo.

Tabela 9. Cálculo de rentabilidade do estudo

CÁLCULO DE RENTABILIDADE EM 60 MESES (5 ANOS)							
INFORMAÇÕES DO PROJETO							
Cliente	Indústria em estudo						
Local	Iluminação de escritórios						
POTÊNCIA E CONSUMO ATUAL							
	Quantidade de luminárias	Total	Potência Unit(W)	Potência Total(W)	Utilização Diária (horas)	Dias/Mês	Consumo Total (kWh)
Lâmpada fluorescente 14W	366	1464	14	20496	12	24	5902,848
Reatores	366	366	14	5124	12	24	1475,712
						<b>TOTAL (*KWh)</b>	<b>7378,56</b>
POTÊNCIA E CONSUMO PROPOSTO (LED)							
	Quantidade de luminárias	Total	Potência Unit(W)	Potência Total(W)	Utilização Diária	Dias/Mês	Consumo Total (kWh)
Luminária LED	209	209	50	10450	12	24	<b>3009,6</b>
CUSTO ENERGÉTICO ATUAL				CUSTO ENERGÉTICO PROPOSTO			
Custo médio KWh (R\$)	R\$ 0,35			Custo médio KWh (R\$)			R\$ 0,35
Consumo Energético Iluminação (KWh)	7378,56			Consumo Energético Iluminação (KWh)			3009,6
<b>Custo Energético Mensal</b>	<b>R\$ 2.582,50</b>			<b>Custo Energético Mensal</b>			<b>1053,36</b>

	<b>CUSTO DE MANUTENÇÃO ATUAL</b>		<b>CUSTO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO</b>
Vida útil de uma lâmpada fluorescente nova (h)	18000	Vida útil de uma lâmpada LED nova (h)	50000
Vida útil de um reator novo (h)	18000	Vida útil de um reator novo (h)	Não utiliza
Utilização Média das luminárias atuais (%)	65%	Utilização Média das luminárias atuais (%)	0%
Vida útil do conjunto atual (h)	6300	Vida útil do conjunto atual (h)	50000
Uso mensal (horas por mês)	288	Uso mensal (horas por mês)	288
Uso anual (horas por ano)	3456	Uso anual (horas por ano)	3456
Durabilidade do conjunto atual (meses)	21	Durabilidade do conjunto atual (meses)	173
Custo unitário da lâmpada atual	R\$ 4,50	Custo de Manutenção em 60 meses	R\$ 0,00
Custo da troca das lâmpadas atuais em 60 meses (2 trocas)	R\$ 13.176,00	<b>Custo de Manutenção Mensal</b>	<b>R\$ 0,00</b>
Custo unitário do reator atual	R\$ 40,00		
Custo da troca dos reatores atuais em 60 meses	R\$ 29.280,00		
Mão de obra troca (R\$ 35 / Lâmpada)	R\$ 102.480,00		
Mão de obra troca (R\$ 35 / Reator)	R\$ 25.620,00		
Custo de Manutenção em 60 meses	R\$ 170.556,00		
<b>Custo de Manutenção Mensal</b>	<b>R\$ 2.842,60</b>		

<b>CUSTOS TOTAIS ILUMINAÇÃO ATUAL</b>		<b>CUSTOS TOTAIS ILUMINAÇÃO PROPOSTA</b>	
Custo Energético Mensal	R\$ 2.582,50	Custo Energético Mensal	R\$ 1.053,36
Custo de Manutenção Mensal	R\$ 2.842,60	Custo de Manutencao Mensal	R\$ 0,00
Custo Total Mensal	R\$ 5.425,10	Custo Total Mensal	R\$ 1.053,36
<b>RESULTADOS</b>			
<b>CONSUMO</b>			
CONSUMO ATUAL MENSAL	CONSUMO PROPOSTO MENSAL	ECONOMIA ENERGETICA MENSAL	REDUÇÃO DO CONSUMO
R\$ 2.582,50	R\$ 1.053,36	R\$ 1.529,14	59%
<b>MANUTENÇÃO</b>			
MANUTENÇÃO ATUAL MENSAL	MANUTENÇÃO PROPOSTO MENSAL	ECONOMIA MANUTENÇÃO MENSAL	REDUÇÃO DA MANUTENÇÃO
R\$ 2.842,60	R\$ 0,00	R\$ 2.842,60	100%
<b>ECONOMIA TOTAL GERADA</b>			
ECONOMIA TOTAL MENSAL	ECONOMIA TOTAL 60 MESES	ECONOMIA TOTAL VIDA ÚTIL LED 174 MESES	
R\$ 4.371,74	R\$ 262.304,16	R\$ 760.682,06	
<b>INVESTIMENTO</b>			
<b>CUSTO DE AQUISIÇÃO</b>			
Custo unitário de luminária com placa LED	R\$ 480,00		
Custo total de luminárias com placa LED	R\$ 100.320,00		
Custo de instalação	R\$ 10.450,00		
Custo total de aquisição e instalação	R\$ 110.770,00		
TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO EM MESES (PAYBACK)	25		

---

## 4.8 Fotos do antes e depois do projeto

Para comprovação e visibilidade da melhoria do projeto foram feitas fotos nos locais antes e depois das instalações. É possível ver nitidamente a melhoria do visual após a instalação das luminárias e lâmpadas de LED.

Abaixo é mostrado a área do escritório antes e depois da instalação das lâmpadas LED.

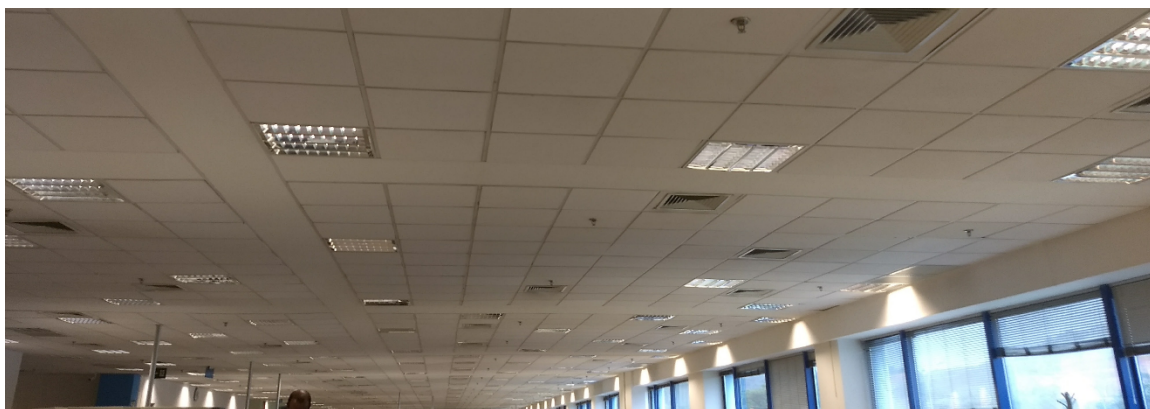


Figura 22. Layout Antes da instalação de lâmpadas Led

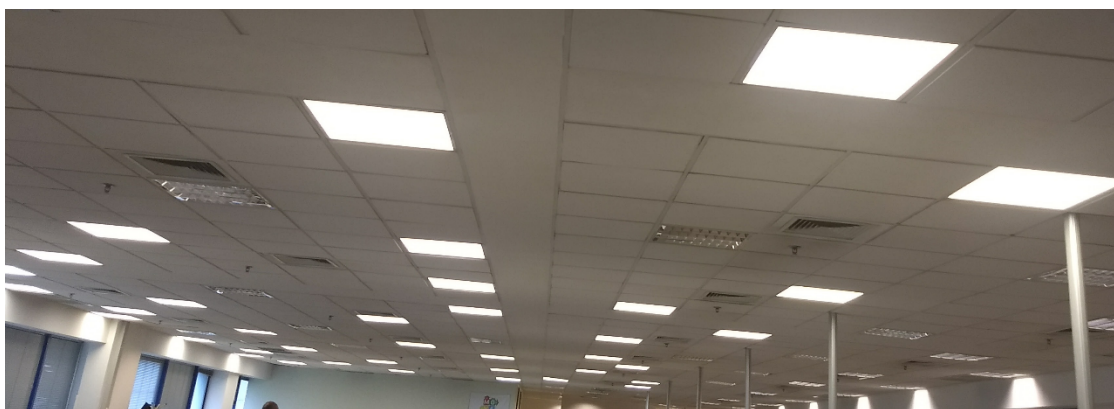


Figura 23. Layout Após a instalação de lâmpadas Led

---

## 4.9 Conclusão do capítulo

As lâmpadas LED hoje são uma grande alternativa na busca por melhores resultados ligados à eficiência energética, principalmente por possuírem uma vida útil estimada de maior duração em relação às lâmpadas convencionais e por terem um menor consumo de energia.

A indústria em estudo se preocupa e tem compromisso com o desenvolvimento sustentável, e assim, procurou adequar em seus escritórios os níveis de iluminação, focando em um menor consumo de energia. O projeto analisado buscou fazer um retrofit com soluções economicamente viáveis e que se encaixasse nas expectativas da empresa.

Todas as mudanças obedeceram as normas e atenderam as necessidades dos funcionários, oferecendo um conforto visual pela utilização de luminárias com controle de ofuscamento. Através da análise feita foi possível perceber que o projeto representou um alto potencial de redução no consumo de energia, cerca de 59% quando comparado ao consumo das lâmpadas anteriormente instaladas, como foi mostrado na tabela 9. Além disso, este retrofit possibilita futura queda nos custos com manutenção devido à maior vida útil dos produtos.



---

## Capítulo 5

### Conclusão e Trabalhos futuros

#### 5.1 Conclusão

Atualmente, a indústria é o maior consumidor de energia elétrica e, conseqüentemente, de recursos naturais, energéticos e financeiros. Portanto, é interessante buscar sistemas que funcionem de maneira mais eficiente. Para suprir a demanda crescente do Brasil, o país deverá implementar outras formas de geração de energia, com foco sempre na qualidade de vida da população, de modo a respeitar o meio ambiente. E talvez a forma de geração de energia mais eficiente, nada poluente e muito barata seja o combate ao desperdício de energia.

O combate ao desperdício de energia é usufruir de conforto e também de vantagens proporcionadas pela energia elétrica, de maneira satisfatória e que tenha um gasto mínimo de custos sem abrir mão da qualidade dos equipamentos e dos serviços. A economia com a fatura de energia elétrica e o combate ao desperdício de energia são vantajosos para os consumidores, para a concessionária e para o país.

O foco deste trabalho foi o consumidor industrial, e a partir das informações obtidas até aqui foi possível analisarmos a importância da eficiência energética na Indústria, gerando assim redução de custos e impactos nas contas de energia. A economia obtida dá possibilidade ao empresário direcionar recursos para outras prioridades. Além disso, observa-se que a economia obtida com as perdas na geração e distribuição fazem com que a concessionária ou o fornecedor de energia reduzam também os seus gastos com estes setores. Ademais, ações de eficiência energética agregam importantes ganhos ambientais, sociais e de competitividade para a indústria.

A indústria em estudo tem buscado novas maneiras de reduzir os gastos com o consumo de energia, seja por meio de kaizens, melhoria contínua de processos ou por revisão de contratos e consultoria na área de gestão energética.

O Fórum de Novas Ideias foi um grande passo dado pela empresa em estudo no desenvolvimento de alternativas para redução do consumo exagerado de energia,

---

redução dos desperdícios e geração de cultura voltada para eficiência energética. No entanto, é possível perceber a oportunidade de expansão que a mesma possui, uma vez que atualmente este processo só ocorre em um departamento específico da fábrica.

Como alternativa para expansão deste projeto, é feita a proposta para a promoção de reuniões com gerentes, como forma de ter contato com os representantes de todos os funcionários e da administração, para que as ideias ligadas a eficiência energética sejam difundidas em todos os âmbitos da mesma.

Para o desenvolvimento deste processo, é feita a proposta de campanha na fábrica com a finalidade de combate ao desperdício, por meio de palestras, cartazes e outras ações que geram cultura do combate ao desperdício por parte de todos os funcionários.

Ainda nesse sentido, há a possibilidade de ampliação das atividades existentes no Fórum se tornando uma CICE.

Entre os projetos propostos e analisados pelo Fórum, foi destacado neste trabalho o retrofit com a implantação de iluminação LED nos escritórios da planta. Pelas análises mostradas, esse projeto terá retorno do investimento feito em aproximadamente 25 meses. Com a execução deste, os ganhos com redução nas contas de energia foram bem significativos, uma vez que houve queda de aproximadamente 59% no consumo de energia quando comparado com as instalações antigas. A troca, além de estar dentro da norma NBR ISO 8995-1, ainda foi aprovada pelos funcionários que têm como local de trabalho os escritórios do projeto analisado.

## **5.2 Sugestão para estudos futuros**

Com o objetivo de dar continuidade aos estudos realizados ao longo do processo de elaboração deste trabalho, sugerem-se novos temas a serem pesquisados:

- Pesquisa de novos materiais para fabricação de motores, gerando redução no consumo de energia elétrica;
- Desenvolvimento de projeto de geração de energia a partir de exaustores de teto em instalações industriais;
- Disseminação de técnicas e tecnologias conhecidas para população de baixa renda;

- 
- Estudos de layout de empresas para produzir mais com menor consumo energético.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. 1000BULBS, 1000Bulbs (EUA). "Understanding LED drivers" documento técnico, disponível em <https://www.1000bulbs.com/pdf/understanding-led-drivers.pdf> acessado em 30/10/2017. Maio de 2014.
- [2]. ABESCO, Associação Brasileira de Performance. Disponível em <http://www.abesco.com.br/pt/contrato-de-performance/>. Atualizada em 21/02/15. Acesso em 22 de Novembro de 2017.
- [3]. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/ CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho. Primeira edição: 21/03/2013.
- [4]. ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil – ANEEL 3º Edição; Brasília (2008).
- [5]. ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica(ANEEL). Submódulo 7.1. “Módulo 7: Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição”. Última revisão: 02/07/2012. Acesso em: Abril de 2017.
- [6]. ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Bandeiras tarifárias. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Atualizado em 03/11/2015. Acesso em 22 de Novembro de 2017.
- [7]. ANEEL 414, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 414, de 9 de Setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.
- [8]. ANEEL 479, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 479, de 3 de Abril de 2012. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.
- [9]. ANEEL BRANCA. Tarifa Branca. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. Atualizada em 17/02/2017. Acessado em 02 de Maio de 2017.
- [10]. BALANÇO 2015. EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional (2016) – Relatório Final – Ano base 2015/– Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- [11]. BALANÇO 2016. EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional (2017) – Relatório Síntese – Ano base 2016/– Rio de Janeiro: EPE, 2017.

- 
- [12]. BANCO MUNDIAL. Consumo de energia elétrica (kWh). Disponível em [https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2014&start=2014&view=map&year\\_high\\_desc=true](https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2014&start=2014&view=map&year_high_desc=true). Dados de 2014. Acessado em 24 de Outubro de 2017.
- [13]. CARTILHA SENGE, 2015. SENGE-MG – Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais - Cartilha Eficiência Energética, 2015.
- [14]. CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. “Manual de Gerenciamento de Energia”, Belo Horizonte Minas Gerais, 2011.
- [15]. CONEXLED. Entenda a importância da iluminação apropriada para ambiente de trabalho. Disponível em: <https://www.conexled.com.br/noticias/entenda-a-importancia-da-iluminacao-apropriada-para-o-ambiente-de-trabalho/>; Atualizada em 21 de Setembro de 2017. Acesso em 30 de setembro de 2017.
- [16]. COPEL, Companhia Paranaense de Energia. “Manual de Eficiência Energética na Indústria”, Novembro de 2005.
- [17]. ELÉTRICO, Portal O Setor Elétrico. “Melhor aproveitamento da energia elétrica na indústria”, no Disponível em: <https://www.osetoelettrico.com.br/melhor-aproveitamento-da-energia-eletrica-na-industria/>, atualizado em Outubro de 2014. Acesso em 15 de Agosto de 2017.
- [18]. ELETROBRAS. “Programas”. Disponível em <https://www.elektrobras.com/ELB/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>. Acessado em 12 de Novembro de 2017.
- [19]. EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Projeção da demanda de energia elétrica 2016-2020. Rio de Janeiro, Dezembro de 2015.
- [20]. EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). “Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica”, Referente ao mês de Julho, Número 119, Agosto de 2017.
- [21]. EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). “2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica 2017-2021”, Rio de Janeiro, Outubro de 2017.
- [22]. SILVA JÚNIOR, Janízaro Pereira. Combate ao Desperdício de Energia. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Julho de 2005.
- [23]. JORNALGGN. A oferta de energia e o IDH. Disponível em <https://jornalgggn.com.br/blog/luisnassif/a-oferta-de-energia-e-o-idh>. Atualizado em 28/01/2013. Acessado em 25 de Outubro de 2017.

- 
- [24]. LIVRE, Mercado livre de Energia. Disponível em: <http://www.mercadolivredeenergia.com.br/>. Acesso em Novembro de 2017.
- [25]. NAÇÕES UNIDAS. “Banco Mundial: 1,2 bilhão de pessoas ainda vivem sem eletricidade e 663 milhões sem água potável“ atualizada em 18/04/2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial-12-bilhao-de-pessoas-ainda-vivem-sem-eletricidade-e-663-milhoes-sem-agua-potavel/>. Acessado em 27 de Agosto de 2017.
- [26]. O GLOBO. Disponível em <https://oglobo.globo.com/economia/brasil-o-setimo-maior-consumidor-de-energia-do-mundo-diz-banco-mundial-8524265#ixzz504aimQVb>. Acessado em 24 de Outubro de 2017.
- [27]. PEE, Programa de Eficiência Energética. Programa de Eficiência Energética. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Atualizado em 29/09/2016. Acessado em 29 de Setembro de 2017.
- [28]. PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. ”PROCEL” . Disponível em: <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>. Acessado em 12 de Novembro de 2017.
- [29]. REN21, 2016. Relatório da Situação Mundial das Energias Renováveis 2016 da REN21- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (GSR).
- [30]. ROCHA, L. R. R., Monteiro, M. A. G., “Guia Técnico Gestão Energética”, PROCEL/ Eletrobrás(Eficiência Energética, 2007) (Eficiência Energética: Teoria & Prática, PROCEL/ Eletrobrás/ FUPAI/Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. / FUPAI/Efficientia, Rio de Janeiro, 2005.
- [31]. SEEG, Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa 2017.
- [32]. SOLELUX. Disponível em: <http://www.solelux.com.br/tecnologia-led/>. Acesso em: Outubro de 2017.
- [33]. VÁRIOS AUTORES - Conservação de energia: Eficiência Energética de equipamentos e instalações, vários autores, 2006.