



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

BRUNO VALDIVINO MELO

**GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONDOMÍNIO INDUSTRIAL: ESTUDO
DE CASO EM SIMÕES FILHO - BA.**

FORTALEZA-CE

2019

BRUNO VALDIVINO MELO

**GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONDOMÍNIO INDUSTRIAL: ESTUDO
DE CASO EM SIMÕES FILHO - BA.**

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

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

FORTALEZA-CE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M485g Melo, Bruno Valdivino.

Gestão e eficiência energética em condomínio industrial : estudo de caso em Simões Filho - BA / Bruno Valdivino Melo. – 2019.
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

1. Eficiência Energética. 2. Gestão Energética. 3. Tarifação de Energia. 4. LED. 5. Economia. I. Título.

CDD 621.3

BRUNO VALDIVINO MELO

**GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONDOMÍNIO INDUSTRIAL: ESTUDO
DE CASO EM SIMÕES FILHO - BA.**

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

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. José Nogueira do Nascimento Junior

Dedico este trabalho à minha família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por sua infinita bondade, pelo dom da vida e por nunca ter me abandonado mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha família como um todo, por todo apoio, auxílio, amparo e pelo sacrifício diário para que este momento se concretizasse. Por terem estado comigo em todas as minhas decisões e sempre terem me incentivado a seguir o caminho dos estudos e da educação.

À minha namorada Layce Ketlin por todo companheirismo e apoio proporcionado.

Ao meu orientador, Professor Raphael Amaral, pela confiança e estímulo. Obrigado pelas oportunidades dadas e por sempre acreditar na minha capacidade.

Ao meu supervisor de estágio, na Secretaria Municipal de Educação (SME) de Fortaleza, Marcelo Costa, pelas vivências e conhecimentos compartilhados.

Aos meus colegas de estágio, na SME, Lucas Justa e Vicente Gadelha, por terem vivenciado junto a mim diversos momentos que contribuíram para meu crescimento profissional.

Ao meu supervisor de estágio, na Vicunha Têxtil, Marcelo Sousa, por todo conhecimento compartilhado e lições de aprendizado que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos de curso Junior Nogueira e Filipe Virgolino que vivenciaram junto a mim diversos momentos bons e ruins dessa trajetória.

Aos inúmeros colegas do curso de graduação que me deram apoio durante o curso e que me inspiraram a continuar estudando.

Aos demais professores do departamento de engenharia elétrica que colaboraram imensamente com minha formação acadêmica.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Por mais difícil que pareça a vida, sempre há algo que você pode fazer e ter sucesso. É importante que você não desista.”

RESUMO

Aumentar a produtividade visando obter um maior lucro tem sido um desafio para as empresas. Para isso, visando o fomento de um constante aumento de produção, insumos energéticos têm sido amplamente utilizados neste processo. Por outro lado, sabe-se que os recursos ambientais se mostram cada vez mais escassos ao passo que aumenta a demanda humana pela sua utilização. Visto isso, medidas de eficiência energética podem ser adotadas buscando uma maior economia nos gastos com insumos, como energia elétrica, promovendo também um desenvolvimento cada vez mais sustentável. Este trabalho aborda um estudo de caso, com práticas de gestão e eficiência energética a serem implementadas em um Condomínio Industrial localizado na Bahia. Serão, portanto, explanadas medidas e práticas de gestão energética, visando uma melhor otimização e racionalização do contrato de energia elétrica, bem como suas características: unificação de carga em somente uma unidade consumidora, estudos e análises de viabilidade de redução de demanda contratada e enquadramento tarifário que vise um maior custo benefício. Além disso, a implantação de um sistema de iluminação externa (dos arruamentos) mais eficiente, através do uso de LED.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Gestão Energética; Tarifação de Energia; LED; Economia; Lucro.

ABSTRACT

Increasing productivity for greater profit has been a challenge for companies. To this end, aiming at fostering a constant increase in production, energy inputs have been widely used in this process. On the other hand, it is known that environmental resources are becoming increasingly scarce as human demand for their use increases. As a result, energy efficiency measures can be adopted to achieve greater savings in input costs such as electricity, while also promoting increasingly sustainable development. This paper deals with a case study, with management practices and energy efficiency to be implemented in an Industrial Condominium located in Bahia. Therefore, energy management measures and practices will be explained, aiming at a better optimization and rationalization of the electric energy contract, as well as its characteristics: unification of load in only one consumer unit, feasibility studies and analyzes of contracted demand reduction and framing. cost-benefit ratio. In addition, the deployment of a more efficient external (street) lighting system through the use of LEDs.

Keywords: *Energy Efficiency; Energy management; Energy charging; LED; Economy; Profit.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1: TUSD e as funções de custos com os respectivos componentes..... | 24 |
| Figura 2: Funções de custo da TE | 25 |
| Figura 3: Cálculo de Tarifa Aplicada ao Consumidor..... | 26 |
| Figura 4: Análise de Demanda para a UC em MT | 44 |
| Figura 5: Gráfico de histórico de consumo (Unidade Ligada em MT) | 45 |
| Figura 6: Gráfico de Consumo referente à UC em BT | 47 |
| Figura 7: Curva de Carga da unidade consumidora ligada em BT | 49 |
| Figura 8: Curva de Carga da unidade consumidora ligada em MT..... | 49 |
| Figura 9: Curva de Carga Unificada – Dias da Semana. | 51 |
| Figura 11: Figura 10: Curva de Carga da Unificada – Final de Semana. | 51 |
| Figura 11: Comparativo mensal entre cenário atual, cenário 1 e cenário 2 | 58 |
| Figura 12: Comparativo economia anual | 58 |
| Figura 13: Visão geral dos arruamentos do condomínio | 59 |
| Figura 14: Amostra iluminação externa. | 60 |
| Figura 15: Via simulada no DIALux | 61 |
| Figura 16: Gráfico fluxo de caixa primeira parte do projeto..... | 66 |
| Figura 17: Gráfico fluxo de caixa segunda parte do projeto | 67 |
| Figura 18: Gráfico fluxo de caixa global do projeto | 68 |
| Figura 19: Comparação entre investimento no projeto e investimento em 100% do CDI | 71 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Comparativo entre Lâmpadas | 36 |
| Tabela 2: Classes de iluminação para cada tipo de via | 38 |
| Tabela 3: Requisitos de iluminância e uniformidade | 39 |
| Tabela 4: Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação | 39 |
| Tabela 5: Classes de iluminação para cada tipo de via | 40 |
| Tabela 6: Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação | 40 |
| Tabela 7: Despesas com retrofit de instalação elétrica | 50 |
| Tabela 8: Dados sistema de iluminação atual | 60 |
| Tabela 9: Dados obtidos através da simulação (iluminância e uniformidade) ... | 62 |
| Tabela 10: Dados obtidos através da simulação (iluminância média mínima e fator de uniformidade) | 62 |
| Tabela 11: Comparativo entre cenário atual e cenário proposto | 63 |
| Tabela 12: Análise de Payback primeira parte do projeto | 65 |
| Tabela 13: Análise de fluxo de caixa segunda parte do projeto | 67 |
| Tabela 14: Análise de fluxo de caixa projeto global | 68 |
| Tabela 15: TIR primeira parte do projeto | 69 |
| Tabela 16: TIR segunda parte do projeto | 69 |
| Tabela 17: TIR global do projeto | 69 |
| Tabela 18: Simulação investimento Parte 1 | 70 |
| Tabela 19: Simulação investimento Parte 2 | 70 |
| Tabela 20: Simulação investimento global | 70 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----------|
| Quadro 1: Feriados em que o horário de ponta não se aplica..... | 21 |
| Quadro 2: Composição da TUSD | 24 |
| Quadro 3: Histórico de Demanda da UC em MT | 43 |
| Quadro 4: Dados Referentes ao Consumo da UC em MT | 44 |
| Quadro 5: Valores Faturados Total (R\$)..... | 46 |
| Quadro 6: Histórico de dados de consumo (unidade em BT) | 46 |
| Quadro 7: Dados de consumo para a UC em BT | 53 |
| Quadro 8: Dados de consumo para a UC em MT..... | 53 |
| Quadro 9: Consumo Total (BT + MT)..... | 54 |
| Quadro 10: Tarifas para modalidade horossazonal verde Grupo A4..... | 54 |
| Quadro 11: Alíquotas adotadas | 55 |
| Quadro 12: Simulação de faturamento considerando Cenário 1 | 55 |
| Quadro 13: retorno financeiro (cenário 1) | 56 |
| Quadro 14: Tarifas para modalidade horossazonal azul A4..... | 56 |
| Quadro 15: Simulação de faturamento considerando Cenário 2 | 57 |
| Quadro 16: Retorno financeiro (cenário 2) | 57 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|--|
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| TUSD | Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição |
| TE | Tarifas de Energia |
| CFURH | Contribuições pelo Uso de Recursos Hídricos |
| AT | Alta Tensão |
| BT | Baixa Tensão |
| MT | Média Tensão |
| UC | Unidade Consumidora |
| PIS | Programa de Integração Social |
| COFINS | Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social |
| ICMS | IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS e SERVIÇOS |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas Média Tensão |
| RH | Resolução Homologatória |
| RN | Resolução Normativa |
| ELETRONBRAS | Centrais Elétricas Brasileira |
| IRC | Índice de Reprodução de Cor |
| CDI | Certificado de Depósito Interbancário |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 Objetivos..... | 15 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 15 |
| 1.1.2 Objetivos Específico..... | 15 |
| 1.2 Motivação..... | 16 |
| 1.3 Estrutura do Trabalho..... | 16 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 18 |
| 2.1 Gestão de Energia..... | 18 |
| 2.2 Tarifação..... | 19 |
| 2.2.1 Consumidores..... | 19 |
| 2.2.1.1 Grupo A..... | 20 |
| 2.2.1.2 Grupo B..... | 20 |
| 2.2.2 Conceitos Importantes..... | 21 |
| 2.2.2.1 Períodos..... | 21 |
| 2.2.3 Tarifas..... | 22 |
| 2.2.4 Forma de Cálculo de Tarifas..... | 25 |
| 2.2.5 Bandeiras Tarifárias..... | 26 |
| 2.2.6 Ultrapassagem de Demanda..... | 27 |
| 2.2.7 Modalidades Tarifárias..... | 27 |
| 2.2.7.1 Modalidade Convencional..... | 28 |
| 2.2.7.2 Modalidade Tarifária Horária Azul..... | 28 |
| 2.2.7.3 Modalidade Tarifária Horária Verde..... | 30 |
| 2.2.7.4 Modalidade Branca..... | 30 |
| 2.3 Ambientes de Contratação de Energia Elétrica..... | 31 |
| 2.4 Iluminação..... | 33 |
| 2.4.1 Característica das Lâmpadas..... | 33 |
| 2.4.1.1 Fluxo luminoso..... | 33 |
| 2.4.1.2 Eficiência Luminosa..... | 33 |
| 2.4.1.3 Potência..... | 33 |
| 2.4.1.4 Índice de Reprodução de Cor..... | 33 |
| 2.4.1.4 Vida Útil..... | 34 |
| 2.4.2 Tipos de lâmpadas..... | 34 |
| 2.4.2.1 Lâmpada Mista..... | 34 |
| 2.4.2.2 Lâmpada Vapor de sódio..... | 34 |
| 2.4.2.3 Lâmpada Vapor de Mercúrio..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.2.4 LED | 35 |
| 2.4.3 Apontamentos importantes acerca dos sistemas de iluminação | 35 |
| 2.5 Iluminância e uniformidade (NBR 5101, 2012) | 36 |
| 2.5.1 As iluminâncias médias mínimas (<i>EMED</i> , <i>MÍN</i>) | 36 |
| 2.5.2 Fator de Uniformidade da Iluminância (U)..... | 36 |
| 2.5.2 Recomendações normativas para iluminação pública | 37 |
| 3 CENÁRIO ATUAL - CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO ANTES DAS MEDIDAS DE GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICAS ADOTADAS | 41 |
| 3.1 Características da unidade consumidora ligada na baixa tensão..... | 41 |
| 3.2 Características da unidade consumidora ligada na média tensão | 41 |
| 3.3 Levantamento das grandezas faturadas | 42 |
| 4 METODOLOGIA..... | 48 |
| 4.1 Análise de Demanda..... | 48 |
| 4.2 Unificação das Unidades Consumidoras | 50 |
| 4.3 Redução da Demanda Contratada..... | 52 |
| 4.4 Enquadramento Tarifário..... | 52 |
| 4.4.1 Cenário 1 – Demanda contratada de 30 kW, unificação das cargas e modalidade tarifária horossazonal verde:..... | 54 |
| 4.4.2 Cenário 2 – Demanda contratada de 30 kW e modalidade tarifária horossazonal azul..... | 56 |
| 4.5 Projeto de eficiência energética na iluminação externa (arruamentos) do condomínio. | 59 |
| 4.5.1 Cenário atual | 59 |
| 4.5.2 Cenário Proposto – <i>Retrofit</i> de Iluminação..... | 60 |
| 4.5.3 Comparativo Cenário atual vs. Cenário Proposto | 62 |
| 4.5.4 Destinação/Descarte das Lâmpadas antigas..... | 64 |
| 5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA | 65 |
| 5.1 <i>Payback</i> | 65 |
| 5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) | 69 |
| 6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS..... | 72 |
| REFERÊNCIAS | 74 |

1 INTRODUÇÃO

As indústrias, os comércios e os demais segmentos que movimentam o mercado trabalham em busca de desenvolver-se e adaptar-se ao contexto do rendimento e do capital de forma mais eficiente. Para isso, é necessário investimento em uma crescente evolução, afinal, manter-se ou buscar um lugar no topo, tem sido objetivo das mais diversas empresas.

Em paralelo, sabe-se que, na maioria dos casos, a produtividade está diretamente relacionada com o lucro. Além disso, é notório que, para um aumento de produção, faz-se necessário uma maior utilização de insumos energéticos. Dado isso, percebe-se que a demanda por energia elétrica aumenta, cada vez mais, em detrimento de um paradigma de sustentabilidade. Visto a escassez dos recursos ambientais, com o intuito de combater o desperdício e assim reduzir custos, várias medidas foram desenvolvidas e adotadas ao longo do tempo, no que diz respeito a prática do conceito de gestão energética.

Assim, tendo como base que, a racionalização no uso da energia em determinada atividade colabora para a redução dos gastos com a obtenção desse insumo e ameniza os riscos ambientais, o conceito de eficiência energética passou então a ser explanado por vários autores e especialistas, com o intuito de se achar ações que diminuam os desperdícios e os custos de energia, além dos seus impactos no meio ambiente.

Segundo a (EPE, 2010), a definição de eficiência energética está associada à relação entre a quantidade de energia final utilizada e a energia disponibilizada na produção de um bem ou serviço realizado, de modo que está relacionada à quantidade efetiva de energia utilizada e não à quantidade necessária para realizar um serviço. Já, de acordo com (TURELLA, 2019), o termo eficiência energética significa a capacidade de se realizar a mesma atividade ou serviço - ou até mais - com uma quantidade menor de recursos energéticos.

Além disso, gastar menos de forma cada vez mais sustentável impõe às empresas um ambiente ainda mais competitivo. De fato, quanto menos despesas uma corporação possui, maior o lucro, o que gera um impacto positivo no meio capitalista. Dessa forma, as práticas de eficiência energética têm sido vistas com bons olhos pelo mercado. Segundo (MAMEDE, 2007), para racionalizar o uso de energia elétrica, podendo se obter uma economia, ações podem ser aplicadas em diversos segmentos

de consumo, como iluminação, sistemas de refrigeração, ar comprimido, instalação elétrica etc.

Deste modo, este trabalho aplicará práticas e medidas de gestão e eficiência energética, por meio do gerenciamento e utilização racional de energia elétrica, no intuito de promover benefícios através da adoção de práticas de utilização e contratação de energia de forma eficiente e racional, trazendo resultados benéficos no modo como este insumo é usado. Assim, serão abordadas ações de gestão de energia, relacionadas às tratativas contratuais (unificação de cargas, análise de demanda e enquadramento tarifário) e um projeto que visa tornar mais eficiente o sistema de iluminação externa do condomínio em estudo.

1.1 Objetivos

A seguir são apresentados os objetivos gerais e específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a aplicação de medidas de gestão e eficiência energética em um condomínio industrial, promovendo uma racionalização no contrato e uso da energia elétrica, uma vez aumentada a eficiência no sistema. Este trabalho resultará em uma economia da fatura de energia, promovendo a diminuição dos custos fixos da empresa, fazendo com que os resultados financeiros sejam melhores e tornando-as cada vez mais competitiva. Além disso, este trabalho visa diminuir os impactos ambientais devido ao uso ineficiente deste insumo, colaborando para que as futuras gerações possam aproveitar dos recursos assim como a sociedade atual.

1.1.2 Objetivos Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são enumerados a seguir:

1. Apresentar a identificação de medidas em que podem ser impostas práticas de eficiência energética no condomínio estudado;
2. Levantar dados e características atuais do condomínio para análises e proposições de medidas;

3. Apresentar cenários e métodos de gestão e eficiência energética a serem implementadas ao empreendimento em estudo;
4. Analisar a viabilidade econômica do investimento a ser feito como medida adotada para racionalização de um consumo mais eficiente de energia elétrica.

1.2 Motivação

Sabe-se que o consumo de energia elétrica é um dos principais gastos dentro de um empreendimento. Devido ao elevado custo que este insumo gera, é preciso um estudo bastante detalhado e contínuo sobre como melhorar a operação dos sistemas energéticos, tanto no âmbito da busca pela melhor forma de contratação deste recurso energético como pela racionalização e otimização do consumo do mesmo.

Desta forma, a aplicação de métodos que visem a gestão e eficiência energética em uma empresa ou Organização é de suma importância para a redução do valor da fatura de energia elétrica, diminuindo o custo com produção e resultando em um balanço contábil mais otimista, o que faz com que a empresa tenha uma margem de lucro ainda mais ampla. Alcançar o ponto ótimo nos aspectos citados, permitindo que o sistema trabalhe com ampla qualidade e de forma racional é bastante pertinente, pois evita desperdícios e gastos indevidos. Portanto, este trabalho tem a intenção de explicar e aplicar os métodos de gestão e eficiência energética, além de mensurar e analisar a economia alcançada.

1.3 Estrutura do Trabalho

Esta monografia é dividida em seis capítulos, no qual o primeiro capítulo aborda a introdução, os objetivos, a motivação e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 são apresentados fundamentos teóricos necessários para o entendimento e desenvolvimento do trabalho.

O Capítulo 3 descreve as características do empreendimento que antecedem a implementação do projeto: características contratuais de energia elétrica e sistema de iluminação externa.

O Capítulo 4 apresenta o detalhamento e o desenvolvimento do trabalho, apresentando as mudanças a serem feitas e aplicação do projeto de eficiência

energética.

O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos através das simulações, realizando comparações, mensurando e fornecendo um parecer quanto a economia alcançada.

E, finalmente, o capítulo 6 finaliza o trabalho com as conclusões obtidas, além de algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conceitos teóricos fundamentais para o desenvolvimento e aplicação do estudo apresentado.

2.1 Gestão de Energia

Ao longo do tempo, a energia vem assumindo uma importância crescente, motivada pela redução de custos decorrentes do mercado competitivo, pelas incertezas da disponibilidade energética ou por restrições ambientais (ELETROBRÁS, 2007). A gestão de energia é um modelo de administração que abrange os métodos e práticas de racionalização inteligente do uso da energia. Por sua vez, contempla as avaliações de opções energéticas e as ações administrativas que colaboram para a redução da fatura de energia, promovendo economia (ANEEL, 2018).

Dado isso, deve-se ressaltar que, referente à racionalização do uso da energia, encaixam-se as práticas de eficiência energética e conservação de energia. Com relação à análise das opções energéticas, avaliam-se a substituição de máquinas ou equipamentos, como troca de chuveiros elétricos por outra fonte primária – aquecimento a gás ou solar, por exemplo, a autoprodução de energia (local ou remota), a substituição de lâmpadas menos eficientes por outras com eficiência melhor etc.

Em paralelo, nas ações administrativas estão as análises referentes as tratativas contratuais, enquadramento do consumidor, contratação de demanda, em que é possível, por exemplo, reduzir e controlar esta demanda, para torná-la mais previsível e assim diminuir riscos (CUBI Energia, 2017). Além disso, há também a avaliação das modalidades tarifárias, a troca do fornecedor de energia (mercado livre) e outras ações relacionadas ao faturamento da unidade consumidora (ANEEL, 2018). Contudo, o gerenciamento de qualquer instalação requer conhecimento dos sistemas de energia existentes, das rotinas de uso da instalação e dos mecanismos para aquisição de energia, para que possam ser trabalhadas e implementadas as medidas de gestão energética (MME, 2005).

Promover a eficiência energética é fundamental e, em essência, é a aplicação em conjunto da engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos (ELETROBRÁS, 2007).

2.2 Tarifação

Para a implantação de medidas e ações que visem uma maior eficiência no uso da energia elétrica, ocasionando em benefícios ambientais e econômicos (a partir de uma redução no valor da fatura de energia), faz-se necessário entender os conceitos de tarifação. Desta forma, é fundamental compreender e analisar a estrutura tarifária e os elementos que a compõe, para que possam ser viabilizadas e implementadas as medidas necessárias e tomadas de decisões visando a eficiência energética.

O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o valor monetário da eletricidade para as diferentes classes e subclasses de unidades consumidoras (que se classificam em grupos e subgrupos detalhados posteriormente).

Nesta seção, portanto, serão apresentadas noções básicas sobre as formas de tarifação da energia elétrica, legislação vigente, bandeiras tarifárias, modalidades tarifárias e conceitos relacionados à composição da fatura de energia elétrica ao consumidor final, em que são apresentados os componentes das parcelas de custo, de acordo com a modalidade contratada. Para as tarifas que formam estas parcelas de custo aplicadas pela concessionária de distribuição, são consideradas as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e as Tarifas de Energia (TE) e se a modalidade aplicada for horossazonal, consideram-se os horários de uso (ponta e fora de ponta (ANEEL, 2010).

2.2.1 Consumidores

Os consumidores de energia elétrica possuem características e enquadramento a depender das condições que apresentam em relação ao consumo e demanda de energia. Por definição, de acordo com a (ANEEL, 2010), em sua RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, Artigo 2º, parágrafo XVII:

Consumidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos (ANEEL, 2010).

É importante ressaltar que existe uma diferença na tarifação da energia para cada consumidor. Dado isso, é de extrema importância analisar qual melhor enquadramento do consumidor para que o mesmo obtenha os melhores resultados possíveis, afim de adquirir melhor relação custo-benefício.

Para detalhar a aplicação das tarifas, é necessário entender que os consumidores são divididos em grupos e subgrupos, e, que, a partir disso, a tarifação ocorre. Segundo (ANEEL, 2010) os consumidores são divididos em dois grupos (Grupo A e Grupo B). Estes grupos, por sua vez, são classificados de acordo com o nível de tensão em que são atendidos. Os consumidores que são atendidos em alta tensão (igual ou superior a 2,3 KV) ou que são atendidos por um sistema de distribuição subterrâneo em tensão secundária são classificados no Grupo A. Por outro lado, os consumidores que são atendidos em baixa tensão (inferior a 2,3 kV) são classificados no grupo B (ANEEL, 2010). Vale ressaltar que, ainda dentro de cada grupo, existem subdivisões conforme será apresentado abaixo.

2.2.1.1 Grupo A

Conforme a ANEEL, o Grupo A apresenta tarifação binômica, em que a cobrança leva em consideração a demanda e a energia faturável. Os consumidores do Grupo A podem ser divididos nos subgrupos abaixo, conforme (ANEEL, 2010):

- A1 – Nível de tensão de 230 kV ou mais;
- A2 – Nível de tensão entre 88 e 138 kV;
- A3 – Nível de tensão de 69 kV;
- A3a – Nível de tensão entre 30 e 44 kV;
- A4 – Nível de tensão entre 2,3 a 25 kV;
- AS – Sistema subterrâneo.

2.2.1.2 Grupo B

Os consumidores do Grupo B estão classificados como consumidores em baixa tensão, os quais são subdivididos nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2010):

- B1 – residencial;
- B2 – rural;

- B3 – demais classes;
- B4 – iluminação pública.

A tarifação para este grupo é denominada monômnia, uma vez que considera somente uma variável (valor faturado no período de um mês ou ciclo completo do consumo da energia elétrica).

2.2.2 Conceitos Importantes

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos e definições utilizadas na tarifação de energia elétrica.

2.2.2.1 Períodos

- **Horário de ponta:** Período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados, como segue no quadro 1 (ANEEL, 2010):

Quadro 1: Feriados em que o horário de ponta não se aplica.

| Dia e mês | Feriados nacionais | Leis federais |
|------------------|----------------------------|-----------------------|
| 01 de janeiro | Confraternização Universal | 10.607, de 19/12/2002 |
| 21 de abril | Tiradentes | 10.607, de 19/12/2002 |
| 01 de maio | Dia do Trabalho | 10.607, de 19/12/2002 |
| 07 de setembro | Independência | 10.607, de 19/12/2002 |
| 12 de outubro | Nossa Senhora Aparecida | 6,802, de 30/06/1980 |
| 02 de novembro | Finados | 10.607, de 19/12/2002 |
| 15 de novembro | Proclamação da República | 10.607, de 19/12/2002 |
| 25 de dezembro | Natal | 10.607, de 19/12/2002 |

Fonte: Adaptado de ANEEL, Resolução Normativa N° 414, p. 7

- **horário intermediário:** A ser definido pela distribuidora, período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o Grupo B,

admitida sua flexibilização conforme Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (ANEEL, 2010);

- **horário de fora ponta:** Período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta (ANEEL, 2010);

2.2.2.2 Demanda

Faz-se necessário, para análises e simulações de economia na conta de energia, entender os conceitos de demanda (fator relevante no faturamento da energia):

- **demanda:** a demanda pode ser definida como a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parte da carga instalada em operação na unidade consumidora, no decorrer um período de tempo especificado, apresentada em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente (ANEEL, 2010);
- **demanda contratada:** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW) (ANEEL, 2010);
- **demanda registrada:** maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento (ANEEL, 2010);
- **demanda faturável:** valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW) (ANEEL, 2010);

2.2.3 Tarifas

A construção das tarifas de consumo e demanda utilizadas no cálculo de faturamento de energia, a depender de cada modalidade, é composta por duas componentes básicas: Tarifa de energia (TE), que é definida pelo valor monetário

unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia (ANEEL, 2010); e Tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh ou em R\$/kWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema (ANEEL, 2010).

A componente referente à tarifa de demanda é definida em R\$/kW e é composta pelos custos envolvidos pela TUSD, além de ser definida pela Resolução Homologatória de cada concessionária de energia.

A componente relacionada à tarifa de consumo é estabelecida pela Resolução Homologatória da concessionária de energia como um valor monetário cobrado pela energia elétrica ativa consumida, R\$/MWh. O valor homologado para a energia consumida é composto pelos custos relacionados a toda cadeia produtiva, sendo esses custos distribuídos em duas parcelas (custos da energia elétrica (TE) e custos do uso do sistema de distribuição - TUSD) (ANEEL, 2017).

Os custos alocados à TUSD são definidos em processos de reajuste ou revisão tarifária com base em 3 componentes de custo: transporte, perdas e encargos (ANEEL, 2017), como mostrado na Figura 1:

Figura 1: TUSD e as funções de custos com os respectivos componentes



Fonte: PRORET, Submódulo 7, (ANEEL, 2017) p. 10

A seguir, o quadro 2 resume a composição da TUSD:

Quadro 2: Composição da TUSD

| Função/componente | Definição | Critério de rateio |
|-------------------------------------|--|--|
| TUSD Fio A | Custo com o uso e a conexão às instalações da Rede Básica, Rede Básica de Fronteira, e rede de distribuição de outras distribuidoras | Responsabilidade de Custo (R\$/kW) |
| TUSD Fio B | Remuneração dos ativos, quota de reintegração decorrente da depreciação, custos operacionais | Custo Marginal (R\$/kW) |
| TUSD – Perdas Não Técnicas | Correspondente ao custo das perdas não técnicas de energia em MWh, valorada pelo preço médio de compra | % da receita de TUSD (R\$/MWh) |
| TUSD – Perdas Técnicas | Custo das perdas técnicas da distribuição, em MWh, valorada pelo preço médio de compra | Perdas do Subgrupo Tarifário (R\$/MWh) |
| TUSD – Perdas RB / Distribuição | Custo das perdas elétricas na Rede Básica devido às perdas no sistema de distribuição | Perdas do Subgrupo Tarifário (R\$/MWh) |
| TUSD – Encargos (P&D_EE, TFSEE) | Custos dos Encargos Setoriais (P&D_EE, TFSEE) | Selo por subgrupo (R\$/MWh) |
| TUSD – Encargos (CDE, ONS, PROINFA) | Custos dos Encargos Setoriais (ONS, CDE e PROINFA) | Selo (R\$/MWh) |

Fonte: Nota Técnica no 88/2016–SGT/ANEEL, (ANEEL, 2016b) p. 11

Os custos com a aquisição de energia, responsáveis por compor a TE, também são definidos em processos de reajuste ou revisão tarifária e são repassados integralmente aos consumidores. A Figura 2 apresenta as quatro componentes (energia, transporte, perdas e encargos) que compõe as funções de custos relativas à TE:

Figura 2: Funções de custo da TE



Fonte: PRORET, Submódulo 7, (ANEEL, 2017) p. 12

A componente energia tem o papel de recuperar os custos pela compra de energia elétrica destinada à revenda para o consumidor, incluindo os custos com a energia comprada de Itaipu (ANEEL, 2017). A componente encargos, refere-se à encargos gerados pela reserva de energia (EER), contribuições pelo uso de recursos hídricos (CFURH) e projetos de pesquisa e desenvolvimento – P&D. Já a componente transporte, recupera os custos gerados pela transmissão de energia de Itaipu. Por último, a componente de perdas refere-se às perdas na rede básica, proveniente de consumidores cativos. (ANEEL, 2014).

2.2.4 Forma de Cálculo de Tarifas

Segundo a ANEEL, em sua cartilha Por dentro da conta de luz, informação de utilizada pública:

A chamada cobrança “por dentro” dos tributos ICMS, PIS e COFINS é estabelecida pelas leis federais correspondentes e implica que os valores desses tributos integram a própria base de cálculo sobre a qual incidem suas respectivas alíquotas. A concessionária, ao receber os valores cobrados nas contas de energia, discrimina os tributos para recolher à União a parcela referente ao PIS e à COFINS, e para transferir aos Estados, conforme as leis estaduais correspondentes, a parte equivalente ao ICMS (ANEEL, 2008).

O cálculo é feito conforme apresenta a figura 3:

Figura 3: Cálculo de Tarifa Aplicada ao Consumidor

$$\text{Valor a ser cobrado do consumidor} = \frac{\text{Valor da tarifa publicada pela ANEEL}}{1 - (\text{PIS} + \text{COFINS} + \text{ICMS})}$$

Fonte: Por dentro da conta de luz. (ANEEL, 2008) p. 15

2.2.5 Bandeiras Tarifárias

A partir de 2015, os custos variáveis da energia do mercado regulado passaram a ser cobertos pelos adicionais das Bandeiras Tarifárias, que têm como objetivo sinalizar aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica no SIN (ANEEL, 2016). As bandeiras verde, amarela e vermelha indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade, indicando se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final (ANEEL, 2015).

A estrutura de bandeiras tarifárias se apresenta da seguinte forma (CUBi Energia, 2019):

- **bandeira verde:** condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- **bandeira amarela:** condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- **bandeira vermelha-patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sobre acréscimo de R\$ 0,040 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.
- **bandeira vermelha-patamar 2:** Condições ainda mais custosas de geração – Acréscimo de R\$ 0,060 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

As tarifas são definidas considerando a bandeira verde como referência. Neste caso, em momentos em que a situação for adversa (a depender das condições de geração de energia) podem ser acionadas as bandeiras amarela e vermelha. Se a situação melhora, a bandeira pode voltar a ficar verde e, automaticamente, o consumidor tem redução da conta (ANEEL, 2016).

O objetivo do Sistema de Bandeiras Tarifárias é o de sinalizar aos

consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. Com as bandeiras, a conta de luz fica mais transparente e o consumidor tem a melhor informação para usar a energia elétrica de forma consciente (ANEEL, 2016).

2.2.6 Ultrapassagem de Demanda

A demanda contratada expressa o valor máximo de demanda que o consumidor se compromete a usar durante o ciclo de medição. A multa por ultrapassagem da demanda, por sua vez, é aplicada quando a demanda de potência ativa registrada excede em mais de 5% o valor de demanda contratada. Neste caso o consumidor irá pagar pela utilização da demanda e a multa estabelecida pela equação 1 (ANEEL, 2010):

$$D_{ULTRAPASSAGEM}(p) = [PAM(p) - PAC(p)] \times 2 \times VR_{DULT}(p) \quad (1)$$

Em que:

- $D_{ULTRAPASSAGEM}(p)$: valor correspondente à demanda de potência ativa ou MUSD excedente, por posto tarifário “p”, quando cabível, em Reais (R\$);
- $PAM(p)$: demanda de potência ativa ou MUSD medidos, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);
- $PAC(p)$: demanda de potência ativa ou MUSD contratados, por posto tarifário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);
- $VR_{DULT}(p)$: valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD-Consumidores-Livres; e
- p : indica posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia.

2.2.7 Modalidades Tarifárias

A escolha da modalidade tarifária pode interferir no valor final a ser pago pelo consumidor na fatura de energia (ANEEL, 2016). Dado isso, escolher a modalidade

de tarifa, para o melhor enquadramento do consumidor, visando a melhor relação custo-benefício para uma economia na conta de energia é fundamental. Portanto, a seguir, serão abordados conceitos básicos sobre as modalidades tarifárias.

2.2.7.1 Modalidade Convencional

A modalidade convencional aplica-se ao Grupo B, de forma compulsória e automática para todas as unidades consumidoras. O faturamento neste modelo tarifário é realizado de forma monômnia, ou seja, é aplicada apenas a componente referente ao consumo de energia (ANEEL, 2010).

A metodologia de cálculo para esta modalidade tarifária é composta pela parcela de consumo, equação 2, (PROCEL 2011):

$$P_{consumo} = TC \times CM \quad (2)$$

Em que:

- $P_{consumo}$: Parcela de Consumo;
- **TC**: Tarifa de Consumo;
- **CM**: Consumo medido;

2.2.7.2 Modalidade Tarifária Horária Azul

O enquadramento dos consumidores do Grupo A na tarifação horossazonal azul é obrigatório para os consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3, ou seja, para os consumidores atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV, e de caráter opcional para os subgrupos A3a, A4 e AS (PROCEL, 2011).

Esta modalidade tarifária apresenta um caráter horário. As tarifas de demanda (kW) e de consumo (kWh) variam de acordo com as horas de utilização do dia (horário de ponta e fora ponta). Além disso, esta modalidade exige um contrato específico com a concessionária, no qual se acorda tanto o valor da demanda contratada no horário de ponta, como no horário de fora ponta.

Considera-se, também, o consumo de energia, sendo que, igualmente ao que foi tratado em relação à demanda, possui um preço para o horário de ponta e outro

para o horário fora de ponta. Ou seja, a fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem (PROCEL, 2011).

Assim, de acordo com o que aponta o Manual de Tarifação de Energia Elétrica (PROCEL 2011), de forma básica e sem considerar os impostos, o sistema de faturamento para esta modalidade, através das equações abaixo:

A parcela de consumo é calculada por meio da equação 3:

$$P_{consumo} = (TCP \times CMP) + (TCFP \times CMFP) \quad (3)$$

Onde:

- **$P_{consumo}$** : Parcela de Consumo;
- **TCP**: Tarifa de consumo na ponta;
- **CMP**: Consumo medido na ponta;
- **TCFP**: Tarifa de consumo fora de ponta;
- **CMFP**: Consumo medido fora de ponta.

A parcela de demanda é calculada somando-se o produto da Tarifa de Demanda na ponta (TDP) pela Demanda Contratada na ponta (DCP) - ou pela demanda medida na ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem - ao produto da Tarifa de Demanda fora da ponta (TDFP) pela Demanda Contratada fora de ponta (DCFP) - ou pela demanda medida fora de ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem (PROCEL, 2011). Logo:

$$P_{demanda} = (TDP \times DCP) + (TDFP \times DCFP) \quad (4)$$

Além disso, há também a parcela referente à ultrapassagem, que é calculada conforme explicitado na seção 2.2.6 (ultrapassagem de demanda).

2.2.7.3 Modalidade Tarifária Horária Verde

O enquadramento dos consumidores do Grupo A na tarifação horossazonal verde somente é possível para unidades consumidoras do Grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS, em alternativa a tarifação horossazonal azul.

O enquadramento nesta modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor (demanda contratada), independente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) (PROCEL, 2011).

A Tarifa Verde será aplicada considerando uma tarifa única para demanda de potência, e, referente ao consumo de energia, uma tarifa para o horário de ponta e outra para o horário fora de ponta.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta, de forma básica e sem considerar impostos, da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada através da equação 3.

Já a parcela de demanda, é calculada conforme a equação 5:

$$P_{demanda} = (TD \times DC) \quad (5)$$

Em que:

- $P_{demanda}$: Parcela da fatura referente à demanda;
- **TD**: Tarifa de demanda;
- **DC**: Demanda Contratada.

Além disso, há também a parcela referente à ultrapassagem, que é calculada conforme explicitado na seção 2.2.6 (ultrapassagem de demanda).

2.2.7.4 Modalidade Branca

Esta modalidade é destinada para o grupo de baixa tensão. A adesão à modalidade tarifária branca é de caráter opcional para unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1 (ANEEL, 2010).

Com a finalidade de estimular o gerenciamento da energia consumida pelos consumidores do grupo de baixa tensão em horários de maior carregamento do sistema, a tarifa horária branca tem a proposta de deslocar o consumo de energia do horário de ponta do sistema para os horários de intermediária e fora ponta. Isto, pois, no horário de ponta, a energia é mais cara (ANEEL, 2015).

É caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e segmentada em três postos tarifários, considerando-se uma tarifa para o consumo de energia (R\$/MWh) para o posto tarifário ponta, uma tarifa para o consumo de energia (R\$/MWh) para o posto tarifário intermediário e uma tarifa para o consumo de energia (R\$/MWh) para o posto tarifário fora de ponta (ANEEL, 2010).

O cálculo da fatura, equação 6, de forma básica e sem considerar impostos, para unidades consumidoras a qual essa modalidade é aplicada é realizado pela soma das parcelas de consumo de energia de cada posto tarifário:

$$TARIFA\ BRANCA = (TEP \times CMP) + (TEI \times CMI) + (TEFP + CMFP) \quad (6)$$

Em que:

- **TEP:** Tarifa de consumo de energia em horário de ponta;
- **CMP:** Consumo medido em horário de ponta;
- **TEI:** Tarifa de consumo de energia em horário de intermediária;
- **CMI:** Consumo medido em horário de intermediária;
- **TEFP:** Tarifa de consumo de energia em horário de fora ponta;
- **CMFP:** Consumo medido em horário de fora ponta.

2.3 Ambientes de Contratação de Energia Elétrica

Existem atualmente dois ambientes de contratação de energia, o Ambiente de Contratação Regulado – ACR e o Ambiente de Contratação Livre – ACL. No ACR a contratação é formalizada através de contratos regulados pela Aneel, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre Agentes Vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e Compradores (distribuidores) que participam dos

leilões de compra e venda de energia elétrica (CCEE, 2019).

Como resultado destas contratações a ANEEL no seu papel de agente regulador estabelece as tarifas de energia e os reajustes tarifários das distribuidoras (ANEEL, 2016). Já no ACL há a livre negociação entre os Agentes Geradores, Comercializadores, consumidores Livres, Importadores e Exportadores de energia, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais (CCEE, 2019).

Desta forma, muitos consumidores, na procura de oportunidades de uma redução de custo na conta de energia, têm buscado a migração do ACR para o ACL, podendo ter a opção de comprar toda a sua energia ou parte dela de comercializadoras ou diretamente de geradoras, com preços mais competitivos. Entretanto, algumas premissas precisam ser atendidas para que possa ser viabilizada essa migração.

Para participar do ACL, o consumidor precisa ser livre ou especial. Consumidor Especial pode ser a unidade ou conjunto de unidades consumidoras localizadas em área contígua ou de mesmo CNPJ, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW (soma das demandas contratadas) e pertencente ao Grupo A (Mercado Livre de Energia, 2019). O Consumidor Especial pode contratar apenas Energia Incentivada (Aneel, 2010). Para ter a opção de ser Consumidor Livre, cada unidade consumidora deve apresentar demanda contratada mínima de 2.500 kW (atual) – 2000 kW a partir de 2020 (Mercado Livre de Energia, 2019). O Consumidor Livre pode contratar Energia Convencional ou Incentivada (Aneel, 2010).

Tem-se, então, os seguintes conceitos:

- **energia incentivada:** Energia Incentivada é a gerada a partir das seguintes fontes: solar, eólica, biomassa, cogeração qualificada, ou a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs. O consumo de energia por meio dessas fontes conta com subsídios, para incentivar uma geração mais sustentável (CCEE, 2010);
- **energia convencional:** Energia Convencional é a energia elétrica proveniente de fontes de geração convencionais, como hidrelétricas de grande porte e termelétricas. O consumidor desse tipo de energia não tem direito ao desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) (CCEE, 2010).

2.4 Iluminação

Nesta seção serão definidos os principais conceitos referentes à iluminação.

2.4.1 Característica das Lâmpadas

Faz-se necessário entender as seguintes características em relação aos diferentes tipos de lâmpadas, afim de que possa ser feito um comparativo:

2.4.1.1 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa (lâmpada, por exemplo) para determinada direção, cuja unidade de medida é o lúmen (lm).

2.4.1.2 Eficiência Luminosa

Eficiência luminosa é um parâmetro que indica o quão eficiente uma fonte luminosa converte a energia que recebe. Por exemplo, energia elétrica em luz. Ela relaciona o fluxo luminoso (em lúmens) emitido pela fonte em relação à potência despendida para alimentá-la (normalmente medida em watts).

2.4.1.3 Potência

Potência Elétrica é a capacidade que um equipamento ou máquina possui de realizar um determinado trabalho em um instante de tempo. É, por sua vez, uma medida a qual se refere ao consumo de energia do equipamento. No caso da lâmpada, este parâmetro não diz respeito à emissão de luz.

2.4.1.4 Índice de Reprodução de Cor

O índice de reprodução de cor (IRC) é um índice que mede o quão fiel é a reprodução das cores de um objeto sobre as diferentes luzes. Em uma escala de 0 a 100, quanto maior o valor, mais fiel ao objeto original a luz é, e melhor a sua

classificação quanto ao IRC.

2.4.1.4 Vida Útil

A vida útil é definida como o tempo em horas após a depreciação de uma porcentagem de seu fluxo luminoso inicial, por efeito de queima ou depreciação. Esta depreciação é definida em função do tipo de lâmpada e geralmente varia de 10% a 30%.

2.4.2 Tipos de lâmpadas

A seguir, têm-se alguns tipos de lâmpadas comumente utilizadas em iluminação externa e/ou de arruamentos.

2.4.2.1 Lâmpada Mista

São lâmpadas compostas de um filamento e um tubo de descarga de mercúrio. O filamento controla a corrente no tubo de arco e ao mesmo tempo contribui com a produção de 20% do total do fluxo luminoso produzido. Funcionam em tensão de rede 220V, sem uso de reator (PROCEL, 2011)

2.4.2.2 Lâmpada Vapor de sódio

São lâmpadas de descarga de alta pressão. É indicado para situações onde a distinção de cores não é importante. Podem ser do tipo elipsoidais e tubulares. São comumente utilizadas na iluminação externa, avenidas, autoestradas, viadutos, complexos viários, etc., têm seu uso ampliado para área industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos. O rendimento luminoso desse tipo de lâmpada é em cerca de 130 lm/W e possui longa durabilidade (PROCEL, 2011).

2.4.2.3 Lâmpada Vapor de Mercúrio

Possui alta eficiência luminosa. Também são lâmpadas de descarga, assim como a de vapor de sódio. É indicado para uso em galpões, vias públicas e pátios de

empresas. Possuem uma tonalidade branco-azulada. Eficiência de até 55 lm/W e potência entre 80 a 1000 W (PROCEL, 2011).

2.4.2.4 LED

A palavra LED vem do inglês *Light Emitting Diode*, que significa Diodo Emissor de Luz. O LED é um componente eletrônico semicondutor, composto de cristal semicondutor de silício ou germânio. O LED possui a mesma tecnologia usada em chips de computadores, que possuem a capacidade de transformar energia em luz (SALA DA ELÉTRICA, 2017).

As lâmpadas LED propiciam uma série de benefícios para o consumidor, desde baixo consumo elétrico até uma vida útil mais longa. (CUBI ENERGIA, 2016). Além disso, o LED é uma fonte de luz livre de elementos tóxicos em sua composição, sendo considerado lixo comum e, por isso, não necessita de tratamento especial em seu descarte (BLEY, 2019), não emite raios ultravioleta e infravermelho, baixa geração de calor, maior durabilidade em comparação com outras lâmpadas e qualidade de luz visivelmente confortável (SALA DA ELÉTRICA, 2017).

2.4.3 Apontamentos importantes acerca dos sistemas de iluminação

A iluminação tem um papel inquestionável e significativo na vida humana. Por conta disso, sabe-se que esta compõe grande parte dos custos com energia elétrica, o que, por sua vez, demanda o desenvolvimento de mecanismos e tecnologias que visem a minimização das perdas de energia (através do uso mais eficiente). Para tanto, faz-se necessário investir na implantação de projetos que, por exemplo, visem a troca de lâmpadas tais como a incandescente, fluorescente, entre outras, por lâmpadas de LED, no intuito de otimizar o uso da energia. Essa substituição pode maximizar a eficiência energética, tendo como principal resultado uma redução da potência instalada e conseqüentemente do consumo de energia.

Em seguida, na tabela 1, pode ser observado um comparativo entre diferentes tipos de lâmpadas:

Tabela 1: Comparativo entre Lâmpadas.

| Fonte Luminosa | Fluxo Luminoso (lm) | Eficiência Luminosa (lm/W) | Potência (W) | Reprodução de Cor | Vida Útil (hs) |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|--------------|-------------------|----------------|
| Incandescente | 200 a 9.359 | 8 a 18 | 15 a 500 | Muito Boa | ≈ 1000 |
| Fluorescente Tubular | 650 a 8.300 | 56 a 90 | 15 a 110 | Regular/Boa | ≈ 7.500 |
| Fluorescente Compacta | 400 a 2.900 | 44 a 80 | 7 a 26 | Muito Boa | ≈ 10.000 |
| Vapor de Mercúrio | 1.800 a 22.000 | 40 a 55 | 50 a 400 | Regular | ≈ 15.000 |
| Vapor de Sódio | 5.600 a 125.000 | 60 a 80 | 70 a 1000 | Baixa | ≈ 15.000 |
| LED | 200 a 9.500 | 35 a 100 | 5 a 120 | Muito Boa | ≈ 50.000 |

Fonte: (BAPTISTA, 2016)

Observa-se pelo comparativo da tabela que o LED pode contribuir significativamente, pois possui elevada eficiência energética. Está trazendo impactos significativos na utilização em indústrias, comércio, residências, iluminação pública, etc., e, por isso, é aplicado em projetos de eficiência energética.

2.5 Iluminância e uniformidade (NBR 5101, 2012)

Nesta seção serão apresentados, apenas para fins de comparação e posteriores análises a respeito dos critérios mínimos de iluminação pública que precisam ser atendidos segundo a (NBR 5101, 2012), os conceitos de iluminância e uniformidade.

2.5.1 As iluminâncias médias mínimas ($E_{MED, MÍN}$)

As iluminâncias médias mínimas ($E_{MED, MÍN}$) são valores obtidos pelo cálculo da média aritmética das leituras realizadas, em plano horizontal, sobre o nível do piso e sob condições estabelecidas. Devem ser considerados os índices, levando-se em conta os valores mantidos ao longo do tempo de utilização de acordo com o fator de manutenção local (NBR 5101, 2012).

2.5.2 Fator de Uniformidade da Iluminância (U)

É razão entre a iluminância mínima e a iluminância média em um plano especificado (NBR 5101, 2012):

$$U = \frac{E_{MÍN}}{E_{MED}} \quad (5)$$

Onde:

- $E_{MÍN}$: iluminância mínima
- E_{MED} : iluminância média.

2.5.2 Recomendações normativas para iluminação pública

As recomendações normativas para iluminação estão dispostas por classes: V1 a V5 para veículos e P1 a P4 para pedestres (NBR 5101, 2012). As classes são selecionadas de acordo com a função da via, da densidade de tráfego, da complexidade do tráfego, da separação do tráfego e da existência de facilidades para o controle do tráfego, como os sinais.

A tabela 2 abrange as classes de iluminação para cada tipo de via:

Tabela 2: Classes de iluminação para cada tipo de via

| Descrição da via | Classe de iluminação |
|--|----------------------|
| Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio | V1 V2 |
| Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio | V1 V2 |
| Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve | V2 V3 V4 |
| Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve | V4 V5 |

Fonte: adaptado da (NBR 5101, 2012)

A tabela 3 apresenta os níveis mínimos de iluminância para cada classe, segundo a (NBR 5101, 2012):

Tabela 3: Requisitos de iluminância e uniformidade

| Classe de iluminação | L_{med} | $U_o \geq$ | $U_L \leq$ | TI% | SR |
|----------------------|-----------|------------|------------|-----|-----|
| V1 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,5 |
| V2 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,5 |
| V3 | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,5 |
| V4 | 0,75 | 0,40 | 0,60 | 15 | - |
| V5 | 0,50 | 0,40 | 0,60 | 15 | - |

L_{med} : luminância média; U_o : uniformidade global; U_L : uniformidade longitudinal; TI: incremento linear.

NOTA 1 Os critérios TI e SR são orientativos, assim como as classes V4 e V5

NOTA 2 As classes V1, V2 e V3 são obrigatórias para a luminância.

Fonte: adaptado da (NBR 5101, 2012)

A tabela 4 explicita os parâmetros de iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação:

Tabela 4: Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

| Classe de iluminação | Iluminância média $E_{MED, MIN}$ (lux) | Fator de uniformidade mínimo $U = E_{MIN}/E_{MED}$ |
|----------------------|--|--|
| V1 | 30 | 0,4 |
| V2 | 20 | 0,3 |
| V3 | 15 | 0,2 |
| V4 | 10 | 0,2 |
| V5 | 5 | 0,2 |

Fonte: adaptado da (NBR 5101, 2012)

Nas tabelas 5 e 6 são definidas as classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres, iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Tabela 5: Classes de iluminação para cada tipo de via

| Descrição da via | Classe de iluminação |
|---|----------------------|
| Vias de uso noturno intenso por pedestres | P1 |
| Vias de grande tráfego noturno de pedestres | P2 |
| Vias de uso noturno moderado por pedestres | P3 |
| Vias de pouco uso por pedestres | P4 |

Fonte: adaptado da (NBR 5101, 2012)

Tabela 6: Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação

| Classe de iluminação | Iluminância horizontal média E_{MED} (lux) | Fator de uniformidade mínimo $U = E_{MIN} / E_{MED}$ |
|----------------------|---|---|
| P1 | 20 | 0,3 |
| P2 | 10 | 0,25 |
| P3 | 5 | 0,2 |
| P4 | 3 | 0,2 |

Fonte: adaptado da (NBR 5101, 2012)

3 CENÁRIO ATUAL - CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO ANTES DAS MEDIDAS DE GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICAS ADOTADAS

Para aplicação de práticas de gerenciamento energético, faz-se necessário possuir conhecimento dos sistemas de energia existentes, das rotinas de uso da instalação e dos mecanismos para aquisição de energia, para que possam ser trabalhadas e implementadas as medidas de gestão de energia e eficiência energética.

Neste capítulo serão abordadas as principais características do empreendimento em estudo. Atualmente, o condomínio industrial em questão possui duas unidades consumidoras, sendo uma em baixa tensão e a outra em média tensão. E, portanto, o condomínio possui duas faturas de energia elétrica, provenientes da COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia).

3.1 Características da unidade consumidora ligada na baixa tensão

A unidade consumidora atendida em BT possui as seguintes características:

- grupo B;
- subgrupo: classificação B3 (comercial - outros serviços e outras atividades);
- modalidade tarifária convencional;

Além disso, esta unidade consumidora alimenta as salas e áreas administrativas que fazem parte do condomínio, com uma tensão de fornecimento de 127 V, fase e neutro, cujas principais cargas são: iluminação, ares-condicionados, computadores, impressoras, equipamentos de TI, micro-ondas, sanduicheiras, cafeteiras etc.

3.2 Características da unidade consumidora ligada na média tensão

A unidade consumidora atendida em MT possui as seguintes características:

- grupo A;

- subgrupo: classificação A4 (comercial (13,8 kV) - outros serviços e outras atividades);
- modalidade tarifária horossazonal verde;
- demanda contratada: 60 kW;

Além disso, a unidade consumidora ligada em média tensão alimenta toda a iluminação externa do condomínio, sendo um total de 52 lâmpadas do tipo Mista de 250 W, 220V e também algumas cargas de alguns inquilinos.

3.3 Levantamento das grandezas faturadas

Para melhor entendimento e verificação do perfil de consumo do cliente, foi realizado o levantamento dos dados das grandezas elétricas faturadas nos últimos 12 meses, no período de julho de 2018 a julho de 2019. Com isso, podem ser feitas análises e estudos mais detalhados e específicos para tomada de decisões que possam apresentar resultados mais satisfatórios.

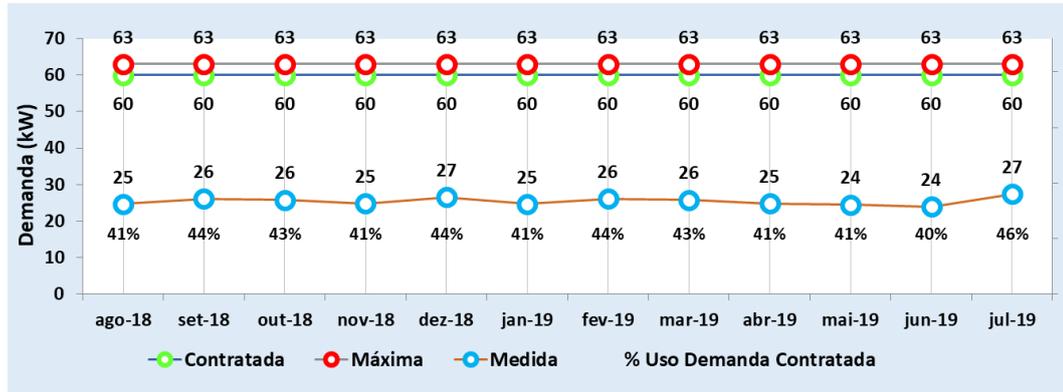
No quadro 3 serão apresentadas informações pertinentes de demanda e consumo, respectivamente, referentes aos últimos 12 faturamentos relacionados à unidade consumidora ligada em MT, bem como histórico de faturamento:

Quadro 3: Histórico de Demanda da UC em MT

| Mês | Demanda | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Contratada (kW) | Registrada (kW) | Valor Faturado(R\$) | Excedente Reativo (kVAr) | Valor Faturado Reativo (R\$) |
| ago-18 | 60 | 25 | 2.261,92 | 0 | 0,00 |
| set-18 | 60 | 26 | 2.266,04 | 0 | 0,00 |
| out-18 | 60 | 26 | 2.275,70 | 0 | 0,00 |
| nov-18 | 60 | 25 | 2.261,92 | 0 | 0,00 |
| dez-18 | 60 | 27 | 2.234,19 | 0 | 0,00 |
| jan-19 | 60 | 25 | 2.138,23 | 0 | 0,00 |
| fev-19 | 60 | 26 | 2.195,54 | 0 | 5,70 |
| mar-19 | 60 | 26 | 2.223,84 | 0 | 0,00 |
| abr-19 | 60 | 25 | 2.729,35 | 0 | 3,30 |
| mai-19 | 60 | 24 | 2.246,95 | 0 | 0,00 |
| jun-19 | 60 | 24 | 2.161,46 | 0 | 0,00 |
| jul-19 | 60 | 27 | 2.262,27 | 0 | 0,00 |

Fonte: O autor.

Figura 4: Análise de Demanda para a UC em MT



Fonte: O autor

No quadro 4 observa-se dados referentes ao consumo:

Quadro 4: Dados Referentes ao Consumo da UC em MT

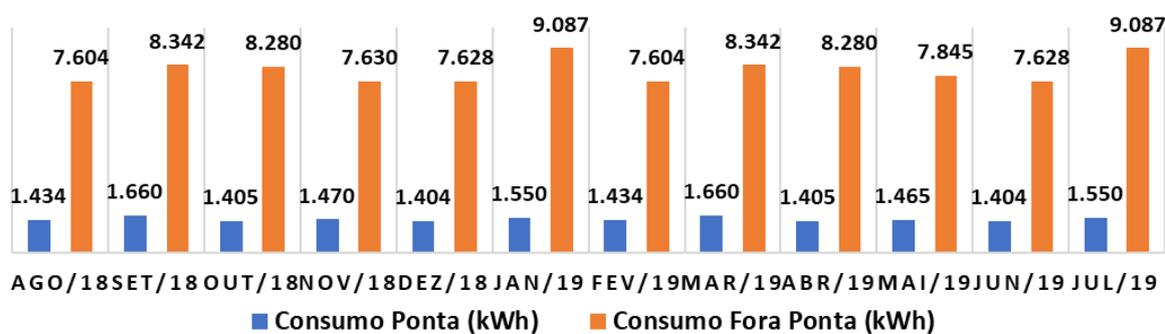
| Mês | Posto Horário | Consumo (kWh) | Valor Faturado (R\$) | Excedente Reativo (kVArh) | Valor Excedente Reativo (R\$) | Bandeira Tarifária |
|--------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|
| ago-18 | Ponta | 1.434 | 4.720,46 | 0 | 0,00 | Vermelha Pat. 2 |
| | Fora Ponta | 7.604 | 3.799,91 | 0 | 0,00 | |
| set-18 | Ponta | 1.660 | 5.447,06 | 0 | 0,00 | Vermelha Pat. 2 |
| | Fora Ponta | 8.342 | 4.173,94 | 0 | 0,00 | |
| out-18 | Ponta | 1.405 | 4.654,44 | 0 | 0,00 | Vermelha Pat. 2 |
| | Fora Ponta | 8.280 | 4.161,01 | 0 | 0,00 | |
| nov-18 | Ponta | 1.470 | 4.544,55 | 0 | 0,00 | Amarela |
| | Fora Ponta | 7.630 | 3.246,64 | 0 | 0,00 | |
| dez-18 | Ponta | 1.404 | 4.860,32 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 7.628 | 3.565,00 | 0 | 0,00 | |
| jan-19 | Ponta | 1.550 | 3.807,94 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 9.087 | 2.779,81 | 0 | 0,00 | |
| fev-19 | Ponta | 1.434 | 4.128,59 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 7.604 | 2.877,60 | 17 | 5,70 | |

| | | | | | | |
|--------|------------|-------|----------|----|------|---------|
| mar-19 | Ponta | 1.660 | 4.838,85 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 8.342 | 3.197,60 | 0 | 0,00 | |
| abr-19 | Ponta | 1.405 | 4.094,82 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 8.280 | 3.173,53 | 10 | 3,30 | |
| mai-19 | Ponta | 1.465 | 4.529,09 | 0 | 0,00 | Amarela |
| | Fora Ponta | 7.845 | 3.338,13 | 0 | 0,00 | |
| jun-19 | Ponta | 1.404 | 4.143,50 | 0 | 0,00 | Verde |
| | Fora Ponta | 7.628 | 2.956,94 | 0 | 0,00 | |
| jul-19 | Ponta | 1.550 | 4.825,12 | 0 | 0,00 | Amarela |
| | Fora Ponta | 9.087 | 3.893,06 | 0 | 0,00 | |

Fonte: O autor.

Na figura 5, pode-se observar, em forma gráfica, o perfil de consumo do Condomínio em questão para o período analisado:

Figura 5: Gráfico de histórico de consumo (Unidade Ligada em MT)



Fonte: O autor.

Além disso, no quadro 5, observa-se o histórico de valores de faturamento total para esta UC pertencente ao Grupo A:

Quadro 5: Valores Faturados Total (R\$)

| Mês | Valor Faturado Total (R\$) |
|------------|-----------------------------------|
| ago-18 | 10.782,29 |
| set-18 | 11.887,05 |
| out-18 | 11.091,16 |
| nov-18 | 10.053,11 |
| dez-18 | 10.659,51 |
| jan-19 | 8.725,99 |
| fev-19 | 9.213,13 |
| mar-19 | 10.260,30 |
| abr-19 | 10.004,30 |
| mai-19 | 10.114,17 |
| jun-19 | 9.261,90 |
| jul-19 | 10.980,45 |

Fonte: O autor.

No quadro 6 serão apresentadas informações pertinentes referentes aos últimos 12 faturamentos relacionados à unidade consumidora ligada em BT:

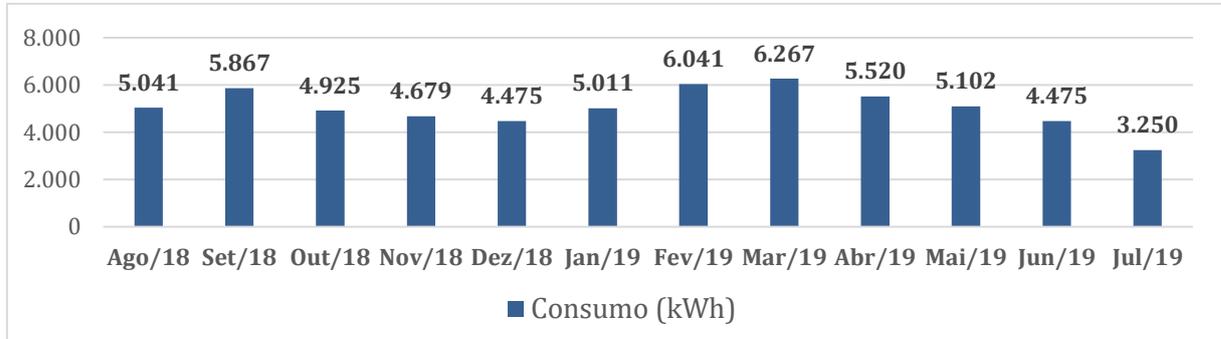
Quadro 6: Histórico de dados de consumo (unidade em BT)

| Mês | Consumo (kWh) | Valores Faturados (R\$) |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| ago-18 | 5.041 | 4.843,32 |
| set-18 | 5.867 | 4.386,84 |
| out-18 | 4.925 | 4.117,74 |
| nov-18 | 4.679 | 3.814,93 |
| dez-18 | 4.475 | 4.682,58 |
| jan-19 | 5.011 | 3.794,93 |
| fev-19 | 6.041 | 4.697,58 |
| mar-19 | 6.267 | 4.808,72 |
| abr-19 | 5.520 | 4.351,84 |
| mai-19 | 5.102 | 4.127,74 |
| jun-19 | 4.475 | 3.600,67 |
| jul-19 | 3.250 | 2.717,17 |

Fonte: O autor.

Na figura 6, pode-se observar, em forma gráfica, o perfil de consumo do Condomínio em questão para o período analisado:

Figura 6: Gráfico de Consumo referente à UC em BT



Fonte: O autor.

4 METODOLOGIA

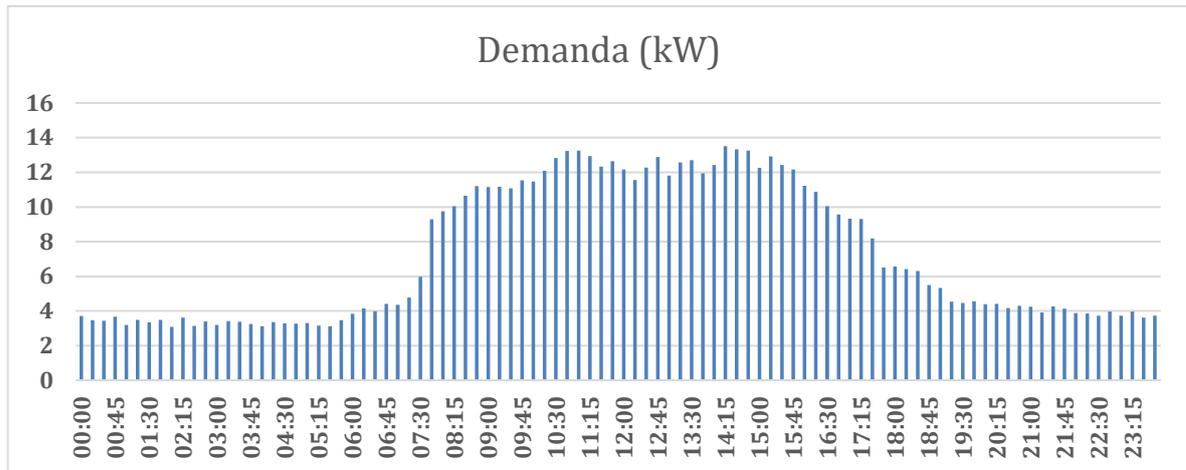
Neste capítulo serão abordadas as metodologias usadas no estudo de implantação de um projeto de eficiência energética, aplicado no sistema de iluminação externa pertencente ao condomínio estudado, além das práticas de gestão energética adotadas visando uma melhor otimização e racionalização do contrato de energia elétrica, bem como suas características.

4.1 Análise de Demanda

A primeira medida adotada refere-se a gestão da demanda contratada do empreendimento. Percebe-se pelos dados apresentados no capítulo 3, que o perfil de carga para o empreendimento em questão, não possui grandes variações, tendo valores bem parecidos de consumo e demanda ao longo dos meses. Desta forma, para fins de análise de projeto, consideraremos uma previsão de faturamento para um único mês, calculada através de simulação utilizando planilha eletrônica.

Para isso, foi instalado, na alimentação de cada unidade consumidora (UCs em baixa e em média tensão presentes), um analisador de energia - equipamento que lê o fluxo de potência em um sistema elétrico (TECNOGERA, 2014). Este fornece, além de outras coisas, medições integralizadas a cada 15 minutos de demanda e consumo), dados necessários para os estudos necessários para implementação deste projeto. Dessa forma, para a UC em baixa tensão, foi feita a aferição, com o equipamento citado, no período de 6 a 16 de maio de 2019. De posse dos dados de potência ativa integralizados a cada 15 minutos, foi construída a curva de carga apresentada na figura 7:

Figura 7: Curva de Carga da unidade consumidora ligada em BT

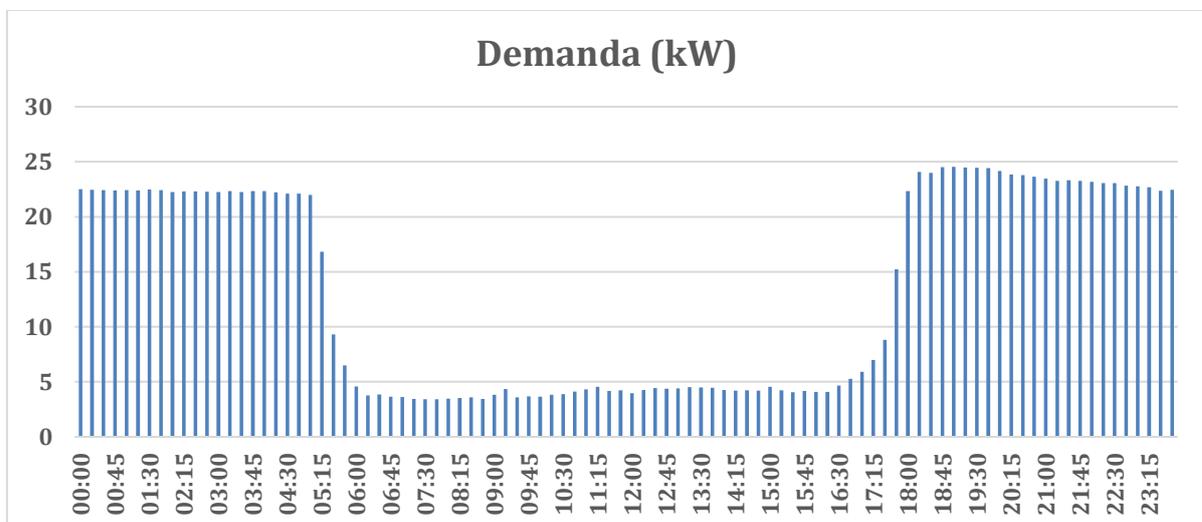


Fonte: O autor.

Observe que, a incidência de maior carga se dá entre 07:30 às 17:15, o que mostra que a carga ligada em baixa tensão, em sua maioria, é utilizada em horário comercial. Isto explica o fato de que, na unidade ligada em baixa tensão, as cargas alimentadas são de escritório e área administrativa do condomínio. Observa-se, ainda, que a demanda não chega a ultrapassar 14 kW no período analisado.

Posteriormente, para a UC em média tensão, foi feita a aferição, através do analisador de energia, no período de 17 a 19 de maio de 2019. Logo, de posse dos dados de potência ativa integralizados a cada 15 minutos, relacionados a unidade consumidora em média tensão, foi construída a curva de carga, como mostra a figura 8:

Figura 8: Curva de Carga da unidade consumidora ligada em MT



Fonte: O autor.

Através da curva de carga acima, percebe-se, como característica, que uma parte considerável das cargas ligadas a esta UC são acionadas em períodos não-comerciais, caracterizando o comportamento das cargas de iluminação externa do condomínio. Além disso, avalia-se que a demanda não ultrapassa 25 kW.

4.2 Unificação das Unidades Consumidoras

Visando uma maior facilidade na gestão de contas e em busca de uma economia com as faturas de energia do condomínio, foi proposto um estudo para a unificação das cargas em somente uma unidade consumidora. Para isso, verificou-se que as mesmas estão no mesmo ambiente e não existe nenhuma não-conformidade por parte da concessionária para este processo. Desta forma, como uma segunda medida de gestão energética a ser adotada, optou-se pelo desligamento da unidade ligada em baixa tensão, em virtude da unificação das cargas em somente uma unidade consumidora, que seria a UC em MT. Para isso, as cargas que eram alimentadas pela UC em BT, passariam a ser alimentadas pela entrada em MT. Foi verificado ainda se as premissas contratuais seriam atendidas.

Para atender este novo cenário, foi necessário adequar as instalações elétricas. Uma vez que o secundário de transformador possui tensão de alimentação de 380/220 V, foi necessária a compra de um autotransformador para alimentar as cargas que eram alimentadas pela unidade consumidora em baixa tensão, visto que estas são alimentadas em uma tensão de fornecimento de 127 V. Além disso, foram necessário outros materiais (cabos, disjuntor, eletroduto). Para efeitos de simplificação, não serão considerados nos cálculos as despesas com mão-de-obra, uma vez que esta será realizada por funcionários próprios do condomínio. Na tabela 7 é exposto o levantamento dos gastos com materiais:

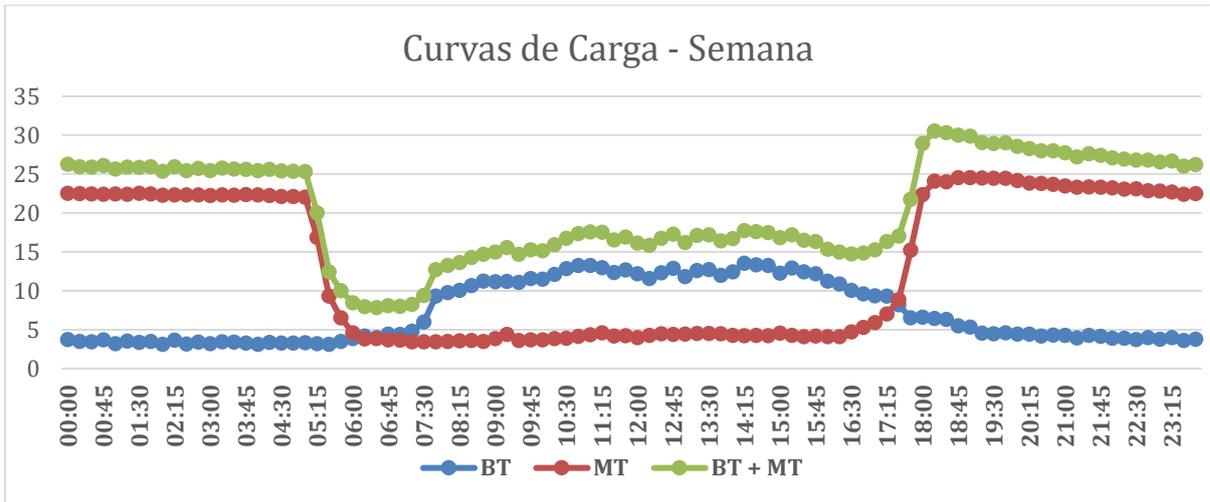
Tabela 7: Despesas com *retrofit* de instalação elétrica

| Descrição | Quantidade | Unidade | Valor total |
|---|------------|--------------|------------------|
| ELETRODUTO FLEX 3POL KANAFLEX | 150,00 | MT | 945,00 |
| CABO FLEX 1KV 90 Gr 4X35MM2 | 150,00 | MT | 11.407,50 |
| DISJUNTOR 3P 100A DIN 10 KA 220/415V C SOPRANO | 1,00 | UN | 115,00 |
| TRANSFORMADOR 50 KVA 380V / 220/127V TIPO AUTOTRAFO | 1,00 | UN | 5.700,00 |
| | | Total | 18.167,50 |

Fonte: O Autor

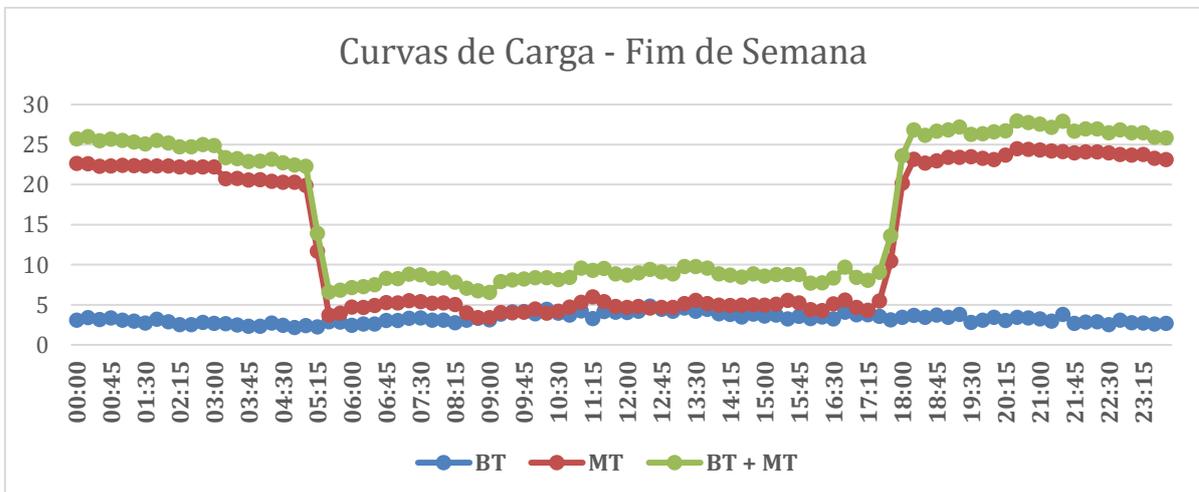
Além disso, foi simulado um cenário com a unificação das cargas. Desta forma, obtemos os resultados apresentados nas figuras 9 e 10:

Figura 9: Curva de Carga Unificada – Dias da Semana.



Fonte: O autor.

Figura 11: Figura 10: Curva de Carga da Unificada – Final de Semana.



Fonte: O autor.

Através das curvas de cargas acima, pode-se constatar que a demanda não ultrapassa significativamente 30 kW. Assim, como a demanda contratada da unidade em MT é 60 kW, daria para ligar as cargas que antes estavam em BT na entrada em MT sem qualquer risco de ocorrer uma ultrapassagem de demanda, o que resultaria em multas. Com estes dados, serão simulados cenários com as medidas propostas.

4.3 Redução da Demanda Contratada

Ao observar os históricos de demanda do condomínio industrial em questão (unidade em MT), conforme apresentados no capítulo 3 deste trabalho, figura 5, vê-se que há uma grande porcentagem de demanda não utilizada, o que faz com que seja faturado um valor a ser pago pela demanda maior do que o necessário. Isto acontece porque o valor de demanda a ser considerado para o faturamento é a demanda faturada. Logo, caso a demanda medida seja menor do que a contratada, a demanda faturada é igual à demanda contratada, fazendo com que seja pago uma porcentagem de demanda não utilizada, sendo uma prática ineficiente.

Para isso, é necessário fazer um estudo para adequar a demanda contratada para que haja um maior custo-benefício. Como está sendo considerada a unificação das cargas em somente uma unidade consumidora, precisamos utilizar como base as curvas de carga apresentadas nas figuras 10 e 11 para fins de estudo.

Ao analisar estas curvas de carga, verificou-se que não há a necessidade de a demanda contratada continuar sendo 60 kW, visto que o maior valor de demanda observado nas mesmas é próximo de 30 kW.

Deste modo, como medida a ser adotada para uma diminuição no valor a ser pago (despesa) com a fatura de energia elétrica do condomínio, foi sugerido uma alteração (redução), por meio de aditivo ao contrato, na demanda contratada (alterando-se de 60 kW para 30 kW). Desta forma, considerando o limite de 5% de valor em que a demanda registrada pode ultrapassar a demanda contratada (sem o ônus da multa por ultrapassagem), verificamos que aquela pode chegar a um valor até 31,5 kW.

4.4 Enquadramento Tarifário

Uma outra medida adotada para uma gestão eficiente relacionada ao uso da energia elétrica é a verificação e análise do enquadramento do consumidor à modalidade tarifária mais adequada, com o intuito de buscar a melhor modalidade tarifária a ser adequada ao perfil de carga estudado.

Para análise de melhor enquadramento de modalidade tarifária, seria ideal que os estudos fossem realizados com base nos dados obtidos nos últimos 12 faturamentos (no mínimo). Porém, como foi proposta a unificação das UCs, não seria

possível obter os valores necessário de demanda e consumo nos postos horários ponta e fora ponta para este cenário. Logo, simularemos, neste estudo de caso, faturamentos considerando diferentes cenários para um único período, o que é válido, uma vez que o perfil de consumo do empreendimento analisado não possui variações significativas ao longo dos meses.

Utilizaremos, portanto, para fim de estudo, os dados obtidos das medições através do analisador de energia, tanto para o lado AT como para o lado em BT, para simulação dos cálculos da fatura para o condomínio para um determinado período, já contempladas a unificação das cargas em somente uma UC e a redução na demanda contratada.

Os quadros 7, 8 e 9 mostram os dados de consumo obtidos através das medições feitas pelo analisador de energia:

Quadro 7: Dados de consumo para a UC em BT

| Dados de Medição | BT | | |
|---------------------------------|-----------|------------|--------------|
| | FDS | Semana | Total Mês |
| Consumo Ponta (kWh) | 0 | 15 | 446 |
| Consumo Fora Ponta (kWh) | 79 | 158 | 4.081 |
| Total (kWh) | 79 | 173 | 4.527 |

Fonte: O autor.

Quadro 8: Dados de consumo para a UC em MT

| Dados de Medição | MT | | |
|---------------------------------|------------|------------|---------------|
| | FDS | Semana | Total Mês |
| Consumo Ponta (kWh) | 0 | 72 | 2.202 |
| Consumo Fora Ponta (kWh) | 319 | 248 | 8.195 |
| Total (kWh) | 319 | 320 | 10.397 |

Fonte: O autor.

Quadro 9: Consumo Total (BT + MT)

| Dados de Medição | Total (BT + MT) | | |
|--------------------------|-----------------|------------|---------------|
| | FDS | Semana | Total Mês |
| Consumo Ponta (kWh) | 0 | 87 | 2.648 |
| Consumo Fora Ponta (kWh) | 398 | 406 | 12.275 |
| Total (kWh) | 398 | 493 | 14.924 |

Fonte: O autor.

Obtidos estes dados, analisaremos os seguintes cenários:

4.4.1 Cenário 1 – Demanda contratada de 30 kW, unificação das cargas e modalidade tarifária horossazonal verde:

Considerando o primeiro cenário, com modalidade tarifária atual (horossazonal verde), temos as tarifas, segundo a (RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA nº 2.533, 2019) apresentadas no quadro 10:

Quadro 10: Tarifas para modalidade horossazonal verde Grupo A4.

| Tarifa Horossazonal Verde | | | | |
|---------------------------|----------|-------|-------------------|----------|
| Tarifas Homologadas | | | | |
| Demanda (R\$/kW) | | | Consumo (R\$/kWh) | |
| Ponta | F. Ponta | Única | Ponta | F. Ponta |
| - | - | 24,90 | 2,0406 | 0,2679 |

Fonte: O autor.

Além disso, para o período em análise, consideraremos os valores das alíquotas apresentados no quadro 11.

Quadro 11: Alíquotas adotadas

| Alíquotas Adotadas | |
|--------------------|-------|
| PIS | 1,26% |
| COFINS | 5,80% |
| ICMS | 27% |

Fonte: O autor.

Logo, podemos simular, de forma simplificada, os valores de demanda e consumo a serem pagos na fatura para o período em questão. Os resultados são apresentados no quadro 12.

Quadro 12: Simulação de faturamento considerando Cenário 1

| | Tarifa Horossazonal Verde | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|----------|--------------|---------------|---------------|
| | Demanda (kW) | | | Consumo (kWh) | |
| | Ponta | F. Ponta | Única | Ponta | F. Ponta |
| Quantidades | | | 30 | 2.648 | 12.275 |
| Tarifas Homologadas | | | 24,90 | 2,0406 | 0,2679 |
| Valor Parcial | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 747,00 | R\$ 5.403,74 | R\$ 3.288,83 |
| Valor Total S/ Imposto | R\$ 9.439,57 | | | | |
| Valor Total C/ Imposto | R\$ 14.315,39 | | | | |

Fonte: O autor.

Comparando, então, o valor da fatura simulada para o cenário 1 com os valores reais (soma dos valores faturados total para a unidade em MT com o valor faturado referente a unidade em BT), considerando o mês de março, mostrados no capítulo 3, quadros 5 e 6, temos a economia média estimada apresentada no quadro 13:

Quadro 13: retorno financeiro (cenário 1)

| Economia | |
|-----------------|--------------|
| Mensal | Anual |
| R\$ 753,63 | R\$ 9.043,56 |

Fonte: O autor.

4.4.2 Cenário 2 – Demanda contratada de 30 kW e modalidade tarifária horossazonal azul

Considerando o segundo cenário, com modalidade tarifária horossazonal azul, temos as tarifas (RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA nº 2.533, 2019) mostradas no quadro 14:

Quadro 14: Tarifas para modalidade horossazonal azul A4.

| Tarifa Horo-sazonal Azul | | | | |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| Demanda (R\$/kW) | | | Consumo (R\$/kWh) | |
| Ponta | F. Ponta | Única | Ponta | F. Ponta |
| 66,90 | 24,90 | - | 0,4138 | 0,2679 |

Fonte: O autor.

Considerando as mesmas alíquotas de impostos do quadro 11 e as premissas do quadro 14, podemos simular, de forma simplificada, os valores da fatura para um período. Os resultados são expostos no quadro 15:

Quadro 15: Simulação de faturamento considerando Cenário 2

| | Tarifa Horo-sazonal Azul | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|----------------------|-----------------|
| | Demanda (kW) | | | Consumo (kWh) | |
| | Ponta | F. Ponta | Única | Ponta | F. Ponta |
| Quantidades | 30 | 30 | | 2.648 | 12.275 |
| Tarifas Homologadas | 66,90 | 24,90 | | 0,4138 | 0,2679 |
| Valor Parcial | R\$ 2.007,00 | R\$ 747,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.095,70 | R\$ 3.288,83 |
| Valor Total S/ Imposto | R\$ 7.138,54 | | | | |
| Valor Total C/ Imposto | R\$ 10.825,81 | | | | |

Custo unitário consumo: 0,45 R\$/kWh

Fonte: O autor.

Comparando, então, o valor da fatura simulada para o cenário 2 com os valores reais (soma dos valores faturados total para a unidade em MT com o valor faturado referente a unidade em BT), considerando o mês de março, mostrados no capítulo 3, quadros 5 e 6, temos que a economia média estimada seria (quadro 16):

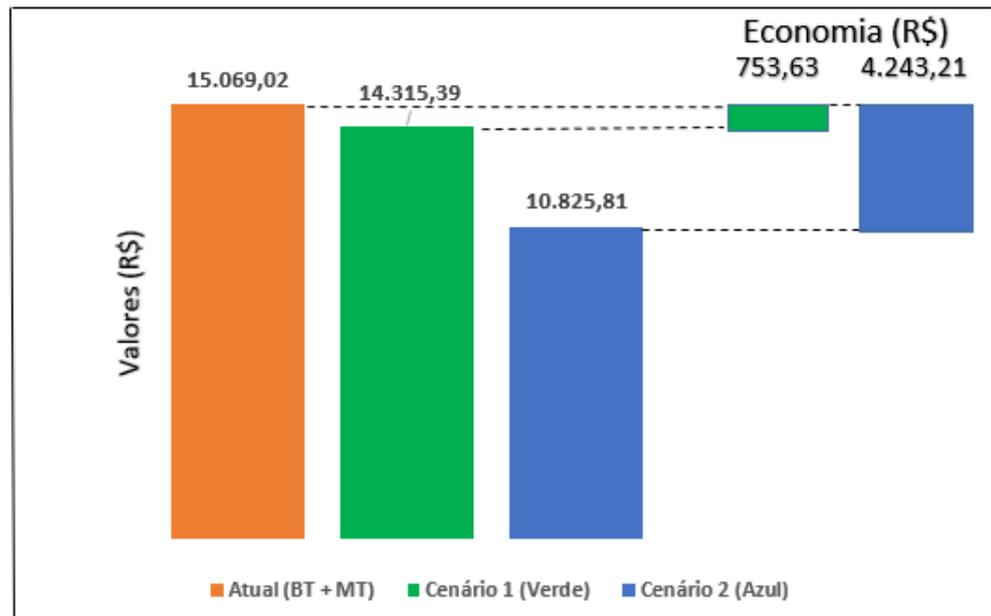
Quadro 16: Retorno financeiro (cenário 2)

| Economia | |
|-----------------|---------------|
| Mensal | Anual |
| R\$ 4.243,21 | R\$ 50.918,52 |

Fonte: O autor.

Na figura 11, observa-se um comparativo entre os valores mensais no cenário atual, cenário 1 e cenário 2 e a economia estimada.

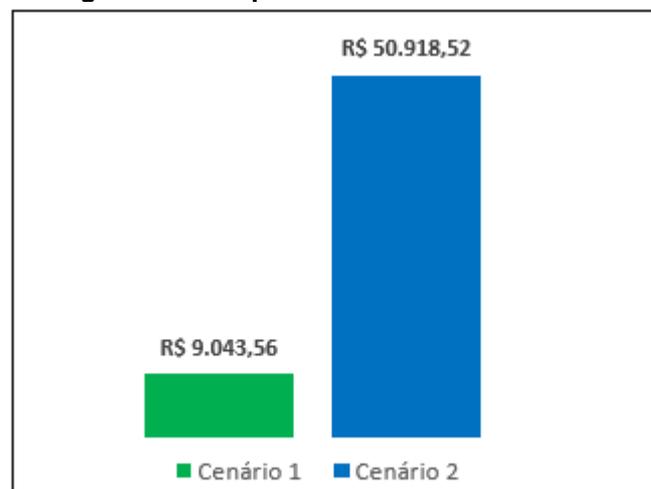
Figura 11: Comparativo mensal entre cenário atual, cenário 1 e cenário 2



Fonte: O Autor

Na figura 12, observa-se o comparativo da economia média estimada anual.

Figura 12: Comparativo economia anual



Fonte: O Autor

Nota-se que o cenário 2 apresenta um menor valor de faturamento para o período simulado, sendo este cenário o mais atrativo, por apresentar uma maior economia. Logo, as medidas adotadas até aqui, considerando um maior custo-benefício, foram:

- unificação das cargas em uma única unidade consumidora;

- redução na demanda contratada para 30 kW (ponta e fora ponta);
- mudança de modalidade tarifária (horossazonal verde para horossazonal azul).

4.5 Projeto de eficiência energética na iluminação externa (arruamentos) do condomínio.

Nesta seção será proposto um sistema de eficiência energética a ser aplicado na iluminação externa (iluminação dos arruamentos) do empreendimento em estudo. Para isso, será feita uma comparação do cenário atual com o cenário proposto, comparando os dois modelos e evidenciando os ganhos econômicos.

4.5.1 Cenário atual

Na figura 13 temos uma visão geral do local em que será aplicado o projeto:

Figura 13: Visão geral dos arruamentos do condomínio



Fonte: Adaptado de (Google Maps, 2019).

A figura 14 apresenta uma amostra do sistema de iluminação externa atual:

Figura 14: Amostra iluminação externa.



Fonte: Adaptado de (Google Maps, 2019).

A tabela 8 expressa o levantamento acerca dos dados do sistema de iluminação atual:

Tabela 8: Dados sistema de iluminação atual.

| Tipo de Lâmpada | Potência | Quantidade | Potência do Sistema |
|------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|
| Mista | 250 W | 52 | 13 kW |

Fonte: O Autor

4.5.2 Cenário Proposto – *Retrofit* de Iluminação

Nesta seção, serão apresentados os efeitos de um *retrofit* no sistema de iluminação. Trata-se de uma forma de troca de equipamentos de uma tecnologia antiga por equipamentos mais eficientes, sem a necessidade de mudanças estruturais ou no projeto elétrico. O objetivo é avaliar o potencial de economia de energia apenas fazendo a troca das lâmpadas.

O condomínio em questão possui um sistema de iluminação externa que é acionado no período noturno, das 17:30 h até às 05:30 h, aproximadamente. Uma das

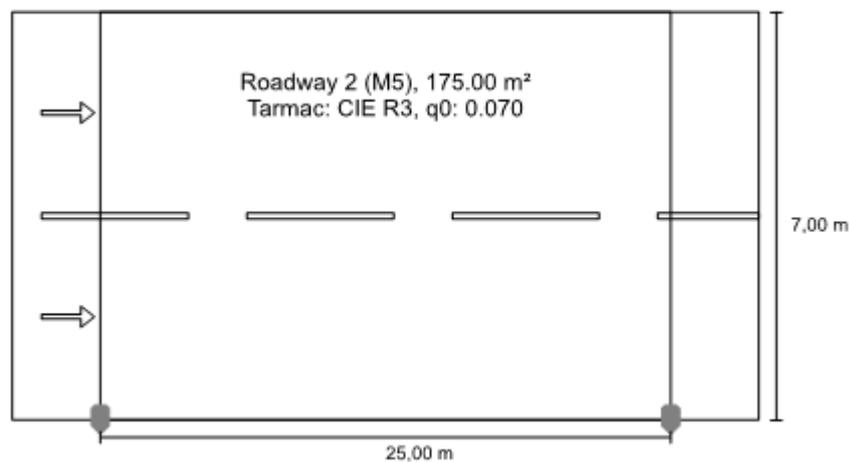
características deste condomínio industrial, é não possuir operação durante a noite. Logo, quando o sistema de iluminação é acionado, praticamente não há trânsito de veículos e pedestres.

Sugere-se, desta forma, a substituição das lâmpadas existentes do tipo mista (250 W) por lâmpadas de LED (70 W).

Embora os arruamentos do condomínio não sejam enquadrados como “iluminação pública”, foi considerado, para efeito de estudo e comparações, as normativas tratadas na (NBR 5101, 2012), que fala sobre a iluminação pública. A partir disso, dadas as características de operações do empreendimento em questão, para efeitos de comparação, considerou-se a classe de iluminação V5, para veículos, e, P4, para pedestres.

Com bases nesta premissa, realizou-se os cálculos luminotécnicos, através do *software* DIALux, afim da verificação do atendimento dos critérios normativos. Para isso, um trecho do ambiente externo foi modelado e simulado. Portanto, foram utilizadas as seguintes informações como premissa: altura do poste de 8 metros; distância ente os postes de 25 metros; e largura da rua 7 metros, como segue na figura 15:

Figura 15: Via simulada no DIALux



Fonte: O Autor

A partir dos relatórios de simulação, realizou-se a análise dos dados, averiguando a concordância com os critérios normativos e a comparação da eficiência do sistema.

Nas tabelas 9 e 10 a seguir, serão apresentados, respectivamente,

parâmetros de luminância média, uniformidade global, uniformidade longitudinal, incremento linear e os dados de iluminância média mínima obtidos pela simulação:

Tabela 9: Dados obtidos através da simulação (iluminância e uniformidade)

| L_{MED} cd/m^2 | U_0 | U_L | TI% | SR |
|-----------------------|-------|-------|-----|-----|
| 0,52 | 0,69 | 0,86 | 12 | 0,6 |

Fonte: O Autor

Tabela 10: Dados obtidos através da simulação (iluminância média mínima e fator de uniformidade)

| E_{MED} | $E_{MÍN}$ | $U = E_{MÍN}/E_{MED}$ |
|-----------|-----------|-----------------------|
| 8,44 | 3,84 | 0,45 |

Fonte: O Autor

Comparado estes resultados com os parâmetros apresentados no capítulo 2, seção 2.5.2, tabelas 3, 4 e 6, verifica-se, portanto, que o cenário proposto atende os requisitos mínimos exigidos pela norma. Dado isso, será feito um comparativo entre o cenário atual e o cenário proposto.

4.5.3 Comparativo Cenário atual vs. Cenário Proposto

Nesta seção, será apresentado um comparativo entre o cenário atual e o cenário proposto para o sistema de iluminação. A tabela 11 apresenta essas informações:

Tabela 11: Comparativo entre cenário atual e cenário proposto

| Cenário | Atual | Proposto |
|---|---------------|-----------------------|
| Tecnologia Lâmpada | Mista | Led |
| Eficiência (lumens/W) | 20-25 | 110-120 |
| Vida útil (horas) | 6.000 | 50.000 |
| Quantidade Lâmpadas | 52 | 52 |
| Potência Unitária (W) | 250 | 70 |
| Horas de uso por dia (h) | 12 | 12 |
| Dias de uso por semana | 7 | 7 |
| Potência Total (kW) | 13 | 3,64 |
| Consumo mensal (kWh) | 4.680 | 1.310 |
| Custo Médio Energia (R\$/kWh) | 0,45 | 0,45 |
| Custo Mensal Energia (R\$) | R\$ 2.106,00 | R\$ 589,68 |
| Custo Anual Energia (R\$) | R\$ 25.272,00 | R\$ 7.076,16 |
| Custo Lâmpada | R\$ 25,00 | R\$ 740,00 |
| DURABILIDADE CONFORME REGIME DE USO (ANO-ANOS) | | |
| | 1,37 | 11,42 |
| Troca durante o período de 11 anos | 8,03 | - |
| Custo Anual Manutenção (Troca) | - | - |
| Custo em 11 anos Manutenção (Troca) | R\$ 10.439,00 | - |
| Custo Total Anual | R\$ 25.272,00 | R\$ 7.076,16 |
| Custo Total em 11 anos | R\$ 35.711,00 | R\$ 7.076,16 |
| Economia Anual | - | R\$ 18.195,84 |
| Economia em 11 anos | - | R\$ 210.593,24 |
| Investimento | - | R\$ 38.480,00 |

Fonte: O Autor

Para os resultados apresentados na tabela 11, considerou-se um custo médio de 0,45 R\$/kWh, retirado a partir da fatura simulada (quadro 15). Foram considerados valores médios encontrados no mercado como premissas para os cálculos. Deve-se ressaltar que, após a implementação do sistema de iluminação externa utilizando LED, embora seja fato a diminuição do uso de demanda, não foi realizado simulações para um possível novo cenário de ajuste de demanda contratada, uma vez que os 30 kW já admitidos configura-se como valor mínimo para permanência no grupo A, segundo (ANEEL, 2010). A partir dos resultados apresentados, será analisada a viabilidade econômica do projeto (capítulo 5).

4.5.4 Destinação/Descarte das Lâmpadas antigas

O projeto propõe a substituição das lâmpadas existentes (lâmpadas mistas) por lâmpadas de tecnologia LED. Devido a isso, faz-se necessária a destinação (ou descarte) daquelas que serão substituídas.

Conforme abordado no capítulo 2, seção 2.4.2.1, as lâmpadas mistas possuem mercúrio. O mercúrio é classificado como um metal pesado, é, por sua vez, uma substância tóxica que, uma vez ingerida ou inalada, causa danos ao sistema nervoso de seres vivos, além de sérios prejuízos ao meio ambiente (MMA, 2016).

Desta forma, as lâmpadas mistas são classificadas, de acordo com a NBR 10.004 da ABNT, como resíduos sólidos de classe I ou perigosos, uma vez que apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente (NBR 10.004, 2004). Desta forma, estas lâmpadas não podem ser descartadas de qualquer forma, pois geraria riscos tanto para a população, como para o meio ambiente.

Segundo a Lei Nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2010, os fabricantes são responsáveis pelo recolhimento e reciclagem deste tipo de lâmpada, realizando, assim, a logística reversa. Ou então, uma outra medida seria a destinação destes resíduos a empresas especializadas.

Para efeitos de simplificação, não serão considerados as despesas referentes ao descarte das lâmpadas a serem substituídas.

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste capítulo será feito a análise de viabilidade econômica do projeto. Para isso, serão consideradas duas metodologias de cálculo: O *payback* e a taxa interna de retorno (TIR). Esta análise levará em consideração os resultados obtidos anteriormente visando avaliar a viabilidade financeira dos projetos estudados.

5.1 *Payback*

A ferramenta utilizada para fazer esta análise de viabilidade financeira será o cálculo do *payback*, que é a quantidade de tempo necessária para que se possa recuperar um investimento feito em determinado projeto (MORAES, 2016). A taxa de retorno é normalmente medida em meses ou anos e depende da aplicação a que se propõe.

Desta forma, para o cálculo do *payback*, faz-se necessária a construção do fluxo de caixa. Para isso, serão consideradas as informações de investimento para as medidas de gestão e eficiência energéticas adotadas. Primeiramente, foi necessário um investimento inicial para os ajustes e *retrofit* na infraestrutura elétrica para a unificação das cargas, em um valor de R\$ 18.167,50. Além disso, há também o investimento devido à substituição as lâmpadas referentes à iluminação externa do condomínio por LED, resultando em um investimento de R\$ 38.480,00.

O *payback* é calculado pela diferença entre o custo total de antes da execução do projeto e o custo total após a execução do projeto em um determinado período de referência. Para a primeira parte do projeto (unificação das cargas, redução na demanda contratada e enquadramento tarifário, estimou-se um retorno médio anual, conforme visto no capítulo 4, de R\$ 50.918,52.

Logo, na tabela 12, segue o cálculo do *payback* e o fluxo de caixa para um período de 5 anos referente a esta primeira parte do projeto:

Tabela 12: Análise de *Payback* primeira parte do projeto

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Investimento Infra Elétrica (R\$) | -18.167,50 | | | | | |
| Retorno Infra (R\$) | | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 |
| Fluxo de caixa (R\$) | -18.167,50 | 32.751,02 | 83.669,54 | 134.588,06 | 185.506,58 | 236.425,10 |

Fonte: O Autor

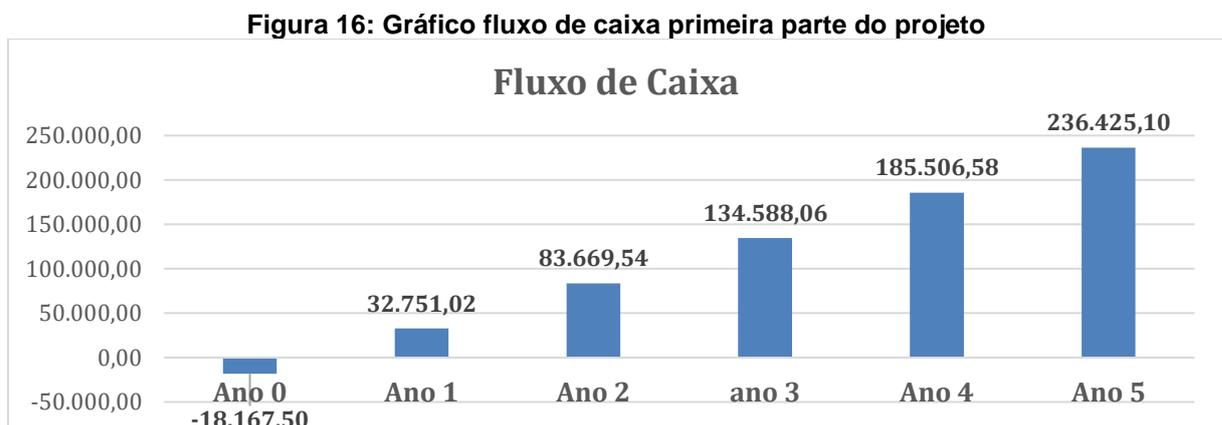
O cálculo do *payback* é feito conforme mostra a equação 9:

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{Investimento Inicial}}{\textit{Ganho no período}} \quad (9)$$

Logo, sem considerar incidência de juros, o *payback* para a primeira parte do projeto é mostrado na equação 10:

$$\textit{Payback} = \frac{18.167,50}{50.918,52} = 0,36 \text{ anos (aproximadamente 4,2 meses)} \quad (10)$$

Na figura 16, vê-se de forma gráfica o fluxo de caixa para o período de 5 anos:



Fonte: O autor

Em relação à segunda parte do projeto (substituição das lâmpadas), calculou-se um retorno anual de R\$ 18.195,84. Para estes cálculos, como forma de simplificação, não serão considerados fatores de manutenção das lâmpadas antigas devido ao tempo de vida útil no cálculo de economia).

Desta forma, na tabela 13 segue o fluxo de caixa para um período de 5 anos referente a segunda parte do projeto:

Tabela 13: Análise de fluxo de caixa segunda parte do projeto

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Investimento Lâmpadas LED (R\$) | -38.480,00 | | | | | |
| Retorno (R\$) | | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 |
| Fluxo de caixa (R\$) | -38.480,00 | -20.284,16 | -2.088,32 | 16.107,52 | 34.303,36 | 52.499,20 |

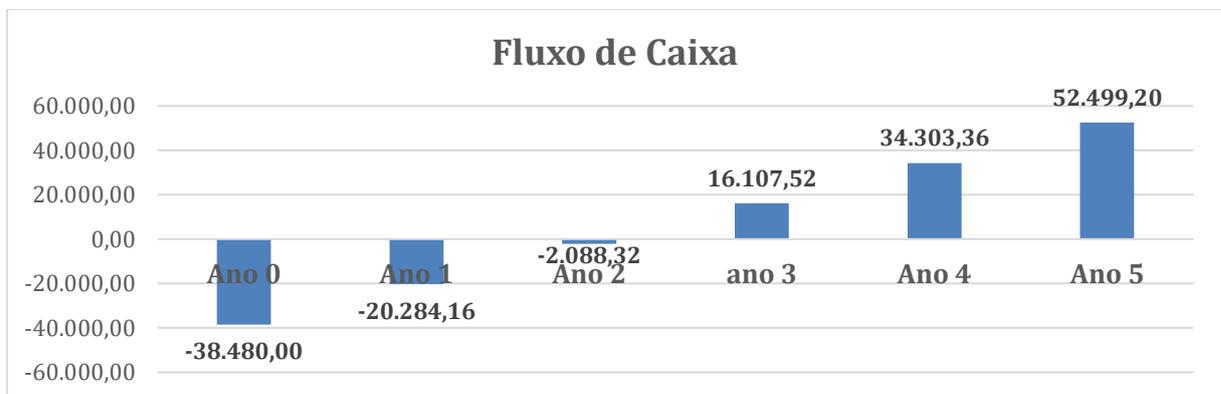
Fonte: O autor

O *payback*, sem considerar incidências de juros, é calculado através da equação 11:

$$Payback = \frac{38.480,00}{18.195,84} = 2,11 \text{ anos} \quad (11)$$

Na figura 17, observa-se de forma gráfica o fluxo de caixa para o período de 5 anos:

Figura 17: Gráfico fluxo de caixa segunda parte do projeto



Fonte: O autor

Analisou-se, também, os cálculos de verificação de viabilidade econômica para o projeto global. A tabela 14 expõe o fluxo de caixa para o período de 5 anos para o global (partes 1 e 2) do projeto:

Tabela 14: Análise de fluxo de caixa projeto global

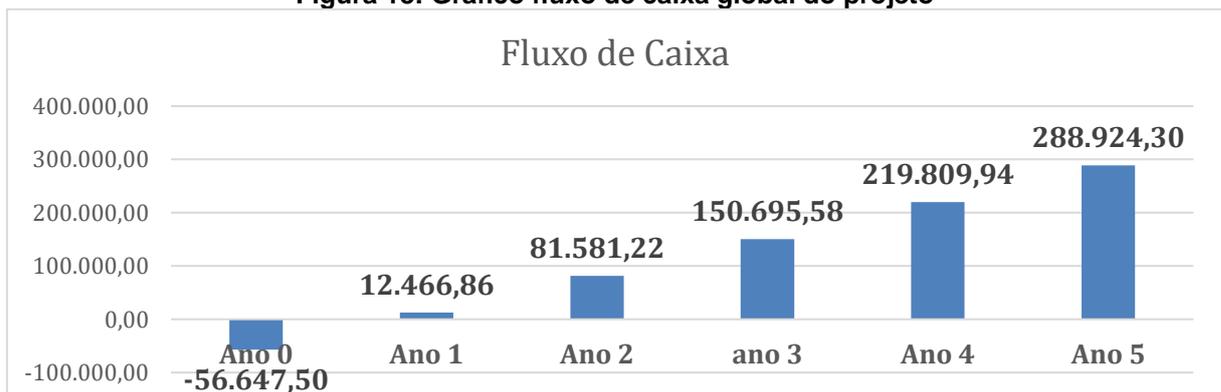
| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 |
|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Investimento Parte 1 (R\$) | -18.167,50 | | | | | |
| Investimento Parte 2 (R\$) | -38.480,00 | | | | | |
| Investimento total (R\$) | -56.647,50 | | | | | |
| Retorno Parte 1 (R\$) | | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 | 50.918,52 |
| Retorno Parte 2 (R\$) | | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 | 18.195,84 |
| Retorno Total (R\$) | | 69.114,36 | 69.114,36 | 69.114,36 | 69.114,36 | 69.114,36 |
| Fluxo de caixa (R\$) | -56.647,50 | 12.466,86 | 81.581,22 | 150.695,58 | 219.809,94 | 288.924,30 |

Fonte: O Autor

O *payback*, sem considerar incidências de juros, é calculado através da equação 11:

$$\text{Payback} = \frac{56.647,50}{69.114,36} = 0,82 \text{ anos (aproximadamente 9,83 meses)} \quad (11)$$

Na figura 18, observa-se de forma gráfica o fluxo de caixa global para o período de 5 anos:

Figura 18: Gráfico fluxo de caixa global do projeto

Fonte: O Autor.

Através dos dados obtidos nesta seção, é possível fazer a análise de viabilidade econômica através da TIR.

5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno tem como objetivo estabelecer o valor que determinado investimento é capaz de ter lucro ou prejuízo dado um período predeterminado. É um indicador que compara o investimento inicial e as despesas futuras de um projeto com o retorno potencial que ele pode trazer. Dada em um valor percentual, baseia-se nos fluxos de caixa do empreendimento (entradas e saídas de capital) para mostrar se o investimento é vantajoso ou não (REIS, 2018).

Para fins de aplicação nos projetos estudados a TIR será calculada levando-se em consideração os valores dos investimentos para ambas as partes do projeto e para o projeto global, como feito anteriormente no estudo do *payback*. Com os resultados obtidos na seção anterior, foi calculada a TIR, para as duas partes do projeto proposto e para o projeto global, considerando um período de 5 anos, utilizando-se a função TIR no programa Excel®. As tabelas 15, 16 e 17 apresentam os resultados obtidos:

Tabela 15: TIR primeira parte do projeto

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | TIR |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Fluxo de caixa (R\$) | -18.167,50 | 32.751,02 | 83.669,54 | 134.588,06 | 185.506,58 | 236.425,10 | 279% |

Fonte: O Autor

Tabela 16: TIR segunda parte do projeto

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | TIR |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Fluxo de caixa (R\$) | -38.480,00 | -20.284,16 | -2.088,32 | 16.107,52 | 34.303,36 | 52.499,20 | 14% |

Fonte: O Autor

Tabela 17: TIR global do projeto

| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | TIR |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Fluxo de caixa (R\$) | -56.647,50 | 12.466,86 | 81.581,22 | 150.695,58 | 219.809,94 | 288.924,30 | 113% |

Fonte: O Autor

O projeto torna-se economicamente viável caso o retorno obtido através da sua implementação seja maior que o retorno em investimentos. Para este caso, simularemos os dois valores de investimentos, referentes às duas partes do projeto,

e também o investimento total, aplicados à um rendimento de 100% do CDI, que é considerado o custo do dinheiro na economia e proporciona um rendimento maior que a poupança convencional (CUSTÓDIO, 2019), e compararemos com o retorno financeiro advindo da implementação do projeto. Utilizou-se, para isso, a calculadora NUBANK. As tabelas 18, 19 e 20 apresentam os resultados encontrados:

Tabela 18: Simulação investimento Parte 1

| Simulação Investimento 100% CDI | |
|--|----------------------|
| Depósito Inicial | R\$ 38.480,00 |
| Valor depositado todo mês | R\$ 0,00 |
| Tempo de rendimento | 5 anos |
| Retorno | R\$ 47.318,21 |

Fonte: O autor

Tabela 19: Simulação investimento Parte 2

| Simulação Investimento 100% CDI | |
|--|----------------------|
| Depósito Inicial | R\$ 18.167,50 |
| Valor depositado todo mês | R\$ 0,00 |
| Tempo de rendimento | 5 anos |
| Retorno | R\$ 22.339,66 |

Fonte: O Autor

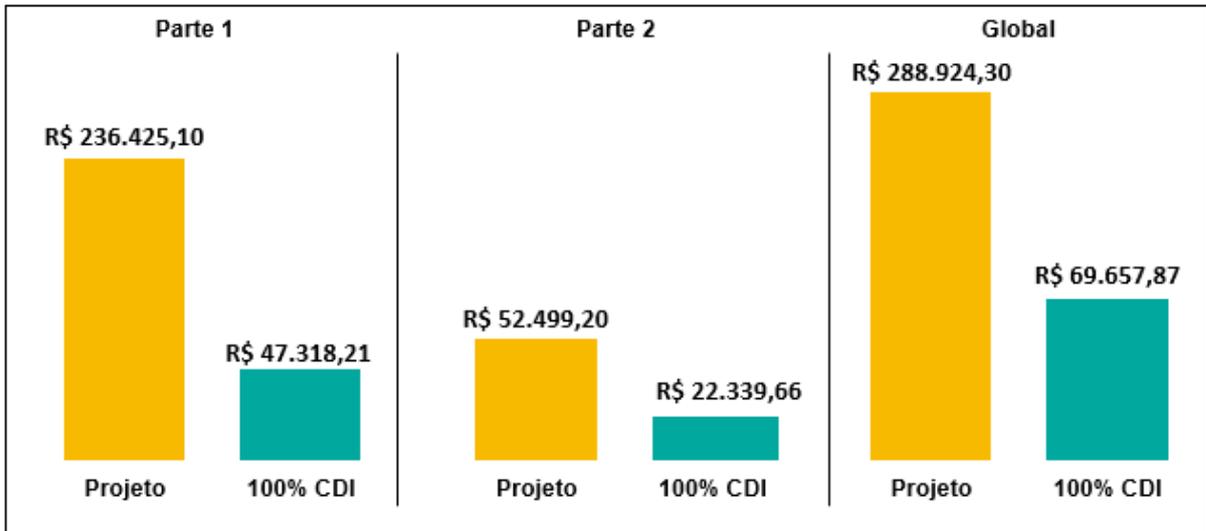
Tabela 20: Simulação investimento global

| Simulação Investimento 100% CDI | |
|--|----------------------|
| Depósito Inicial | R\$ 56.647,50 |
| Valor depositado todo mês | R\$ 0,00 |
| Tempo de rendimento | 5 anos |
| Retorno | R\$ 69.657,87 |

Fonte: O Autor

A figura 19 apresenta os resultados das tabelas 18, 19 e 20 de forma gráfica:

Figura 19: Comparação entre investimento no projeto e investimento em 100% do CDI



Através dos dados obtidos, comparando o retorno financeiro durante um período de 5 anos após a implementação do projeto com o investimento à 100% do CDI durante um período de 5 anos, avalia-se que o projeto possui um retorno financeiro bem maior que esta aplicação. Além disso, destaca-se que esta análise financeira é bastante conservadora, uma vez que não foram considerados os ajustes tarifários por parte da concessionária de energia ao longo dos anos. Conclui-se, portanto, que os investimentos são economicamente viáveis.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho, teve o objetivo de abordar e analisar métodos de gestão e eficiência energética, através de aplicação (estudo de caso real aplicado a um condomínio industrial localizado na Bahia), além de fazer uma análise de viabilidade econômica para os investimentos necessários para a implementação dessas medidas.

O projeto foi dividido em duas partes: gestão referente às tratativas contratuais (análise de demanda contratada, enquadramento tarifário, e a unificação de cargas em somente uma unidade consumidora) e a proposição de um projeto de eficiência energética por meio de um *retrofit* no sistema de iluminação externa do condomínio (substituição das lâmpadas mistas, 250 W, por lâmpadas de LED, 70 W).

Em relação a primeira parte do projeto, foram simulados cenários em que houvesse um maior retorno financeiro juntamente com os investimentos necessários para a implementação das medidas propostas. Foram propostas as seguintes tratativas: unificação das cargas em somente uma unidade consumidora; redução na demanda contratada; e mudança de modalidade tarifária.

Referente a segunda parte do projeto, propôs-se um *retrofit* na iluminação externa (dos arruamentos) do condomínio, através da substituição direta das lâmpadas utilizadas por uma tecnologia mais eficiente. Utilizou-se, para fins de estudo e comparação, a norma NBR 5101, que trata da iluminação pública. Através de simulação utilizando o *software* AUTOCAD, verificou-se que a configuração proposta atende os critérios normativos desta norma, tornando viável sua aplicação. Posteriormente, levantou-se os dados do cenário atual e proposto para a iluminação para efeitos de comparação e análise.

Por fim, avaliou-se a viabilidade econômica da implementação do projeto através do cálculo do *payback* e da TIR, averiguando-se que o retorno dos investimentos é elevado, conferindo a viabilidade da execução do projeto.

Depreende-se, portanto, que é de extrema importância o conhecimento e aplicação das técnicas de gestão energética, pois estas possibilitam resultados positivos de extrema relevância para as indústrias, comércios e sociedade como um todo, além de serem, em certos casos, um fator financeiro decisivo na margem de lucro de uma empresa. Saber aplicá-las é um diferencial para a formação de um engenheiro eletricista e traz diversos benefícios no âmbito econômico e ambiental. Para o estudo em questão, constatou-se efeitos positivos, conferindo o cumprimento

dos objetivos propostos do trabalho.

Os resultados foram alcançados através da economia na fatura energia elétrica, acarretando em um ganho financeiro anual elevado, além da diminuição dos custos fixos do condomínio, resultando em um balanço contábil mais otimista. Portanto, a aplicação do projeto promoveu a diminuição das despesas, sem prejudicar os resultados, fato este que torna o empreendimento mais competitivo perante o mercado. Além disso, houve retornos positivos quanto aos impactos que o uso de insumos energéticos causa ao meio ambiente, uma vez que, para o trabalho proposto, ao diminuir o consumo de energia elétrica, ameniza-se a exploração dos recursos naturais.

Como trabalhos futuros, propõe-se:

- Estudo luminotécnico a ser aplicado nas áreas administrativas do condomínio, a fim de obter economia na fatura de energia;
- Estudo para implementação de geração distribuída, por meio de energia solar fotovoltaica, com o objetivo de obter redução na conta de energia.

REFERÊNCIAS

MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 670p.

TURELLA, Rafael. Eficiência Energética – O que é? Qual a importância? **CUBI Energia**, 2019. Disponível em: < <https://www.cubienergia.com/eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 16 de ago. de 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica.pdf>> Acesso em: 16 de agosto de 2019.

ANEEL. (09 de Setembro de 2010). Resolução Normativa nº 414/2010. (A. N. Elétrica, Ed.) Brasil. Acesso em 12 de Junho de 2016, disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>

Como e por que praticar Gestão de Energia Elétrica? **CUBI Energia**, 19 de jul. de 2017. Disponível em: < <https://www.cubienergia.com/como-e-por-que-praticar-gestao-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 23 de out. de 2019.

Guia Técnico Gestão Energética. **Eletrobrás**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Guia%20Tec%20Proc-Gest%20En-EI-Proc-EFFIC-FUPAI-05.pdf>>. Acesso em: 23 de out. de 2019.

Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 02/2018-SGT/SEM/ANEEL. **ANEEL**, 12 de dezembro de 2018. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/18485189/4+Modelo+de+AIR+++SGT++Tarifa-Binomia.pdf/ea152997-0f6e-b2d1-d443-8354cd2a380a>>. Acesso em: 23 de out. de 2019.

Eficiência Energética Teoria e Prática. Eletrobrás/PROCEL Educação, 1º Edição, Itajubá, 2007. Disponível em: <
<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Efic%20En-Teoria%20e%20Pratica-Eletr-Procet-Unifei%20-07.pdf/>>. Acesso em: 23 de out. de 2019.

Bandeiras Tarifárias. **Aneel**, 24 de nov. de 2015. Disponível em: <
<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 25 de out. de 2019.

Bandeiras Tarifárias. **CUBi Energia**, 25 de mai. de 2019. Disponível em: <
<https://www.cubienergia.com/bandeiras-tarifarias-2019/>>. Acesso em: 25 de out. de 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, Por dentro da conta de luz, Brasília, 2016. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Por+dentro+da+conta+de+luz/9b8bd858-809d-478d-b4c4-42ae2e10b514>>. Acesso em: 28 out. 2019.

Manual de Tarifação de Energia Elétrica. **PROCEL**, ago. de 2011. Disponível em: <
<https://docplayer.com.br/storage/24/4070255/1572283639/tKpnkxIJf9iJ0H515E8pbg/4070255.pdf>>. Acesso em: 28 de out. de 2019.

Tarifa Branca. **ANEEL**, 24 de nov. de 2015. Disponível em: <
<https://docplayer.com.br/storage/24/4070255/1572283639/tKpnkxIJf9iJ0H515E8pbg/4070255.pdf> >. Acesso em: 29 de out. de 2019.

PRORET: Módulo 7: Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição. **ANEEL**, 10 de jul. de 2017. Disponível em: <
http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2017775_Proret_Submod_7_1_V24.pdf
>. Acesso em: 29 de out. de 2019.

Nota Técnica no 88/2016–SGT. **ANEEL**, 07 de abr. de 2016b. Disponível em: <
http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2016/016/documento/estrutura_tarifaria_enf_ap_16-2016.pdf >. Acesso em: 29 de out. de 2019.

Por dentro da conta de luz, informação de utilizada pública. **ANEEL**, Out. 2008. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Cartilha_1p_atual.pdf >. Acesso em: 29 de out. de 2019.

Ambiente de Contratação Regulada (ACR). **ANEEL**, 30 de nov. de 2015. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/ambiente-de-contratacao-regulada-acr->>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

Ambiente livre e ambiente regulado. **CCEE**, 2019. Disponível em: < https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_afLoop=68896352389645&_adf.ctrl-state=19wrlon60d_1#!%40%40%3F_afLoop%3D68896352389645%26_afd.ctrl-state%3D19wrlon60d_5>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

Regras de Comercialização Penalidades. **CCEE**, 2010. Disponível em: < <https://www.ccee.org.br/>>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

Manual de Iluminação. **Procel**. 2011. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL+DE+ILUMINACAO++PROCEL_EPP+-AGOSTO+2011.pdf/d42d2f36-0b90-4fe0-805f-54b862c9692c;jsessionid=A7AE9AD7FFE410D97E371853D50763B0.srv154>. Acesso em: 30 de out. de 2019

Manual de Iluminação Eficiente. **PROCEL**, Julho, 2002. Disponível em: < http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

BAPTISTE, T. F. Impacto no Sistema de Energia pela Troca das Lâmpadas Tradicionais por Lâmpadas LED. UFRJ, 2016.

BLEY, F. B. LEDs vs. Lâmpadas Convencionais. **Lume Arquitetura**. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed57/ed_57%20At%20%20LEDs%20versus%20L%C3%A2mpadas.pdf> Acesso em: 30 de out. 2019.

ABNT. (04 de Abril de 2012). Norma NBR 5101/2012: Iluminação Pública- Procedimento. Brasil.

TECNOGERA. QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA: O QUE É E COMO FUNCIONA UM ANALISADOR DE ENERGIA? **TECNOGERA**, 2014. Disponível em: <<https://www.tecnogera.com.br/blog/qualidade-de-energia-eletrica-o-que-e-e-como-funciona-um-analisador-de-energia>>. Acesso em: 16 de out. de 2019.

ANEEL. Resolução Homologatória nº 2533. 16 de abril de 2019. (A. N. Elétrica, Ed.), disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192533ti.pdf>> Acesso em: 12 de maio de 2019.

LUCENA, E. MMA avança no descarte de lâmpadas. **MMA**. 20 de dez. de 2016. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/13868-noticia-acom-2016-12-2082.html>> Acesso em: 9 de nov. 2019.

ABNT. (30 de novembro de 2004). Norma NBR 10004/2004: Resíduos sólidos – Classificação. Brasil.

MORAES, I. D. O que é e como Calcular o Payback? **Contábeis**. 04 de nov. de 2016. Disponível em: < <https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback/>> Acesso em: 9 de nov. 2019.

REIS, T. Taxa Interna de Retorno: aprenda como analisar e comparar investimentos. **Suno Research**. 15 de jul. de 2019. Disponível em: < <https://www.sunoresearch.com.br/artigos/taxa-interna-de-retorno/>> Acesso em: 9 de nov. 2019.

CUSTÓDIO, J. CDI: O que é o CDI? CDI hoje?. **Eu quero investir**. 16 de set. de 2019. Disponível em: < <https://www.euqueroinvestir.com/cdi-certificado-de-deposito-interbancario/>> Acesso em: 9 de nov. 2019.